

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO BOMBEO-GOTEO PARA CULTIVO DE HORTALIZAS, ALDEA
CRUZ DE SANTIAGO, TECPAN GUATEMALA, CHIMALTENANGO.



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

POR
NICK KENNER ESTRADA OROZCO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO



GUATEMALA, OCTUBRE DE 2003

DL
01
T(2040)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M.V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. ARIEL ABDERRAMAN ORTIZ LÓPEZ
VOCAL I	Ing. Agr. ALFREDO ITZEP MANUEL
VOCAL II	Ing. Agr. MANUEL DE JESUS MARTINEZ OVALLE
VOCAL III	Ing. Agr. ERBERTO RAUL ALFARO ORTIZ
VOCAL IV	Br. LUIS ANTONIO RAGUAY PIRIQUE
VOCAL V	Br. JUAN MANUEL COREA OCHOA
SECRETARIO	Ing. Agr. PEDRO PELAEZ REYES

Guatemala, Octubre de 2003

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

Señores miembros:

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO BOMBEO-GOTEO PARA CULTIVO DE HORTALIZAS, ALDEA
CRUZ DE SANTIAGO, TECPAN GUATEMALA, CHIMALTENANGO.

Presentado como requisito previo a obtener el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, de ustedes,

Atentamente,



Nick Kenner Estrada Orozco

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Por darme a la persona que me dio la vida y permitirme vivir para lograr mis metas.

VIRGEN MARÍA: Por cubrirme con su manto y enseñarme a no vencerme ante los problemas y adversidades.

MI MADRE: Irma Yolanda Orozco Joachin
Por su paciencia, apoyo, amor, pues es la verdadera merecedora de este triunfo y sobre todo por ser la fuente de mi inspiración por la que luché para que se sienta orgullosa de su hijo, no me imagino la vida sin usted.

MIS HERMANOS: Nicté Selene y Hosy Benjamer
Por su ejemplo, apoyo y amor que me han brindado, gracias por aguantarme a lo largo de nuestras vidas, los quiero mucho.

MIS CUÑADOS: Estuardo Navarro y Claudia de León.
Por su apoyo y ser las personas que mis hermanos han elegido para compartir sus vidas

MIS SOBRINOS: Daniel y Daniela
Por ser dos ángeles que han alegrado mi vida

MI TIAS, PRIMAS Y PRIMOS: Mi familia en general
Gracias por quererme.

MI NOVIA: Karina de León
Por compartir su vida y amor conmigo y ser una razón más para superarme.

MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS: Walter Fuentes, , Pablo Toledo, Jorge Monzón, Alfredo Suárez, Lorena Cordova, Juan Pablo Marín, Felipe Valle, Yobany Miranda, Luis Montes, Rubén Estrada, Pablo Sigüenza, Oscar Ajanel, Marisol Pivaral, Cecilia Ramos, Rita Cabria, Anduban Velásquez.
Por su amistad incondicional de siempre.

TESIS QUE DEDICO

A:

DIOS

VIRGEN MARÍA

MI MADRE

MIS HERMANOS

MI FAMILIA EN GENERAL

MI NOVIA

MIS AMIGOS Y AMIGAS

MIS COMPAÑEROS DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

MI PATRÍA GUATEMALA

MI CIUDAD NATAL SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CENTRO DE TELEMÁTICA

A LA FAMILIA DURMAN ESQUIVEL GUATEMALA

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi asesor de tesis:

Ing. Agr. David Juarez Quím, por sus consejos y enseñanzas en mi formación profesional.

Mis evaluadores de tesis:

Ing. Agr. Rolando Lara

Ing. Agr. Walter Reyes

Por su aporte profesional a la realización de este documento.

Mis amigos:

Byron González

Mario López

Víctor Marroquín

Ruben Zaldaña

José Antonio López

Patricia Pretzencin

Sigríd Monroy

Estela Xiloj

Manuel Carias

Por su amistad, paciencia y colaboración para elaborar el presente trabajo.

El personal de la Facultad de Agronomía,

Por su cooperación, compañerismo, demostrada en todo momento.

Todas las personas que de una u otra forma me han ayudado.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

CONTENIDO GENERAL

INDICE DE CUADROS.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:.....	2
3. MARCO TEÓRICO.....	4
3.1. MARCO CONCEPTUAL.....	4
3.1.1 RIEGO.....	4
A. ASPECTOS NEGATIVOS DEL RIEGO.....	4
3.1.2 RELACIÓN AGUA – SUELO – PLANTA.....	4
3.1.3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO RELACIONADAS CON EL RIEGO.....	5
A. TEXTURA.....	5
B. ESTRUCTURA.....	6
C. DENSIDAD APARENTE.....	6
D. VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN.....	6
a. MEDICIÓN DE LA INFILTRACIÓN.....	7
b. FACTORES QUE AFECTAN LA INFILTRACIÓN.....	7
E. POROSIDAD.....	7
F. CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA.....	7
PENETRACIÓN DEL AGUA EN EL SUELO.....	8
CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO.....	8
G. CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO DE ACUERDO A SU CALIDAD.....	8
H. DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DEL AGUA.....	9
3.1.4 ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUA EN EL LABORATORIO:.....	9
I. ANÁLISIS DE SUELO:.....	9
a. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS EVALUADAS:.....	9
J. ANÁLISIS DE AGUA.....	11
a. PH.....	11
b. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA:.....	11
c. CALCIO:.....	11
d. MAGNESIO:.....	11
e. SODIO:.....	11
f. CARBONATOS:.....	12
g. BICARBONATOS:.....	12
h. CLORUROS:.....	12
i. SULFATOS:.....	12
j. PORCENTAJE DE SODIO SOLUBLE:.....	12
l. CARBONATO DE SODIO RESIDUAL (CSR):.....	13
K. CLASIFICACION.....	13
a. CLASIFICACIÓN en base a la salinidad.....	13
b. CLASIFICACIÓN EN BASE A LA SODICIDAD:.....	14
A. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE RIEGO.....	15
B. RIEGO POR GOTEO.....	16
C. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEO.....	17
a. VENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEO.....	17
b. DESVENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEO.....	18
3.2 MARCO REFERENCIAL.....	19
3.2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	19
3.2.2. UBICACIÓN ADMINISTRATIVA Y COLINDANCIAS.....	22
3.2.3. EXTENSIÓN.....	22
3.2.4. RELIEVE:.....	22
A. Clasificación por series.....	22

a.	Suelos Tecpán.....	22
b.	Suelos Tolimán.....	22
B.	Clasificación por capacidad de uso.....	22
a.	Clase I.....	23
b.	Clase III.....	23
c.	Clase VI.....	23
3.2.6.	AGUA.....	23
A.	Hidrografía.....	23
3.2.7.	CLIMA.....	23
A.	Clasificación.....	23
B.	Temperatura.....	23
4.	OBJETIVOS:.....	24
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	24
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
5.	METODOLOGÍA.....	25
5.1.	UBICACIÓN DEL ÁREA EN HOJA CARTOGRÁFICA.....	25
5.2.	CONCEPCIÓN DEL SISTEMA.....	25
5.3.	ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	25
5.3.1	PERFIL DEL TERRENO.....	25
5.3.2	PLANTA DEL TERRENO.....	25
5.4.	ESTUDIO CLIMATOLÓGICO.....	26
5.5.	ESTUDIO EDAFOLÓGICO.....	26
5.5.1.	MUESTREO DE SUELOS.....	26
5.5.2.	ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS.....	26
5.5.3.	CONSTANTES DE HUMEDAD.....	27
5.6.	CULTIVO A REGAR.....	27
5.7.	ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	27
5.7.1.	CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA.....	27
5.8.	DISEÑO DEL SISTEMA.....	27
DISEÑO AGRONÓMICO.....	27	
A.	DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA O EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	27
B.	REQUERIMIENTO DE RIEGO.....	28
C.	LÁMINA DE AGUA DISPONIBLE A LA PROFUNDIDAD RADICULAR EFECTIVA DEL CULTIVO - LDZR.....	29
D.	VOLUMEN DE AGUA DISPONIBLE A LA PROFUNDIDAD RADICULAR EFECTIVA - VDZR.....	29
E.	LÁMINA DE AGUA APROVECHABLE A LA PROFUNDIDAD RADICULAR EFECTIVA -LAZR.....	29
F.	PORCENTAJE DEL ÁREA BAJO RIEGO - PAR.....	30
G.	PRECIPITACIÓN HORARIA DEL SISTEMA DE RIEGO -PHR.....	31
H.	INTERVALO DE RIEGO - IR.....	32
I.	CICLO DE RIEGO CR.....	33
J.	LÁMINA DE RIEGO AJUSTADA - LR (AJ).....	33
K.	PORCENTAJE DE AGUA APROVECHADA AJUSTADO - PA(AJ).....	34
L.	LÁMINA BRUTA - LB.....	34
M.	DÓISIS DE RIEGO BRUTA - DB.....	34
N.	HORAS DE RIEGO POR TURNO - HT.....	35
O.	MÁXIMO NÚMERO DE HORAS DE RIEGO DIARIAS-HM.....	36
P.	MÁXIMO NÚMERO DE TURNOS DE RIEGO DIARIOS -TD.....	36
Q.	HORAS DE RIEGO POR DÍA - HD.....	36
R.	HORAS DE RIEGO POR CICLO - HC.....	37
S.	NÚMERO DE TURNOS POR CICLO - TC.....	37
T.	SUPERFICIE BAJO RIEGO POR TURNO - ST.....	37
U.	DÓISIS DE RIEGO BRUTA POR TURNO - DBT.....	37
V.	CAUDAL REQUERIDO - QR.....	38
W.	DESCARGA DISPONIBLE EN EL SISTEMA DE RIEGO . - QS.....	38
X.	NÚMERO DE EMISORES POR TURNO - EMT.....	38
Y.	VOLUMEN BRUTO POR CICLO DE RIEGO - VBC.....	39
Z.	CAUDAL ESPECÍFICO - QE.....	39
5.9.	DISEÑO HIDRAULICO.....	39
A	TUBERÍA LATERAL.....	40
a	LONGITUD DEL LATERAL.....	40

b	GOTEROS POR LATERAL.....	40
c	DIÁMETRO DEL LATERAL.....	40
B.	CARGA EN LA ENTRADA DE LA PARCELA.....	41
C.	CAUDAL DE LA RED DE TUBERÍAS.....	41
D.	TUBERÍA PRINCIPAL.....	41
	<i>SISTEMA DE BOMBEO</i>	42
	<i>SISTEMA DE VÁLVULAS</i>	42
	<i>OBRAS CÍVILES</i>	43
5.10.	ANÁLISIS DE MERCADO.....	43
5.11.	ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO.....	43
5.11.1.	<i>COSTOS</i>	43
A.	COSTOS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.....	43
B.	COSTOS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	43
C.	COSTOS FINANCIEROS.....	43
a.	ESTIMACIÓN DE COSTOS, INGRESOS Y BENEFICIOS AGRÍCOLAS CON PROYECTO VERSUS SIN PROYECTO 43	43
b.	ESTIMACIÓN DE SERVICIOS DE LA DEUDA.....	43
c.	FLUJO DE FONDOS.....	44
	<i>EVALUACIÓN FINANCIERA</i>	44
A.	VALOR ACTUAL NETO.....	44
B.	RELACIÓN BENEFICIO COSTO.....	44
C.	TASA INTERNA DE RETORNO.....	44
D.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	45
5.12.	EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA.....	45
5.13.	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	45
5.14.	ORGANIZACIÓN DE LOS USUARIOS DE RIEGO.....	47
5.15.	VIABILIDAD LEGAL DEL PROYECTO.....	47
A.	Derechos sobre el Pozo.....	47
B.	Documento de propiedad de los terrenos.....	47
C.	Derechos de construcción de obras civiles.....	47
D.	Derechos de paso.....	47
6.	RESULTADOS.....	48
6.1.	UBICACIÓN DEL ÁREA EN HOJA CARTOGRÁFICA.....	48
6.2.	ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	49
6.3.	ESTUDIO CLIMATOLÓGICO.....	49
6.4.	ESTUDIO EDAFOLÓGICO.....	49
	<i>MUESTREO DE SUELOS</i>	50
	<i>ANÁLISIS FÍSICO DE SUELO</i>	50
	<i>CONSTANTES DE HUMEDAD</i>	50
6.5.	CULTIVOS A REGAR.....	51
6.6.	ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	51
	<i>CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA</i>	51
6.7.	DISEÑO DEL SISTEMA.....	51
	<i>DISEÑO AGRONÓMICO</i>	51
A.	DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA O EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	52
B.	REQUERIMIENTO DE AGUA.....	53
C.	LAMINA DE AGUA DISPONIBLE A LA PROFUNDIDAD RADICULAR EFECTIVA DEL CULTIVO.....	53
D.	VOLUMEN DE AGUA DISPONIBLE A LA PROFUNDIDAD RADILCULAR EFECTIVA.....	53
E.	LAMINA DE AGUA APROVECHABLE.....	53
F.	PORCENTAJE DE AGUA BAJO RIEGO.....	54
G.	PRECIPITACION HORARIA DEL SISTEMA DE RIEGO.....	54
H.	INTERVALO DE RIEGO.....	54
I.	CICLO DE RIEGO.....	54
J.	LAMINA DE RIEGO AJUSTADA.....	54
K.	PORCENTAJE DE AGUA APROVECHADA.....	54
L.	LAMINA BRUTA.....	54
M.	DOSIS DE RIEGO BRUTA POR AREA.....	54
N.	HORAS DE RIEGO POR TURNO.....	54
O.	MÁXIMO NUMERO DE HORAS DE RIEGO DIARIAS.....	54
P.	MAXIMO NUMERO DE TURNOS DE RIEGO DIARIOS.....	54

Q.	HORAS DE RIEGO POR DÍA	55
R.	HORAS DE RIEGO POR CICLO.....	55
S.	NUMERO DE TURNOS POR CICLO.....	55
T.	SUPERFICIE BAJO RIEGO POR TURNO.....	55
U.	DOSIS DE RIEGO BRUTA POR TURNO.....	55
V.	CAUDAL REQUERIDO.....	55
W.	DESCARGA DISPONIBLE EN EL SISTEMA DE RIEGO.....	55
X.	NUMERO DE EMISORES POR TURNO.....	55
Y.	VOLUMEN BRUTO POR CICLO DE RIEGO.....	55
Z.	CAUDAL ESPECÍFICO.....	55
AA.	SELECCIÓN DEL GOTERO.....	56
BB.	OPERACIÓN DEL SISTEMA.....	57
A.	TUBERÍA LATERAL Y PRINCIPAL.....	58
B.	CARGA EN LA ENTRADA DE LA PARCELA.....	58
	<i>SISTEMA DE BOMBEO.....</i>	59
	<i>OBRAS CIVILES.....</i>	59
6.8.	ANÁLISIS DE MERCADO	59
	<i>MERCADOS POTENCIALES.....</i>	59
	<i>CANALES DE COMERCIALIZACIÓN Y/O DISTRIBUCIÓN.....</i>	60
6.9.	ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO	60
	<i>COSTOS.....</i>	60
	A. COSTOS DE PRODUCCIÓN AGRICOLA.....	60
	B. COSTOS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	60
	C. COSTOS FINANCIEROS.....	61
	a. ESTIMACIÓN DE COSTOS, INGRESOS Y BENEFICIOS AGRÍCOLAS CON PROYECTO VERSUS SIN PROYECTO	
	61	
	b. ESTIMACIÓN DE SERVICIOS DE LA DEUDA.....	61
	c. FLUJO DE FONDOS.....	61
	<i>EVALUACIÓN FINANCIERA.....</i>	62
	A. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	62
6.10.	EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA	63
6.11.	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	63
	A. NIVELES DE IMPACTO DE LOS RECURSOS NATURALES	63
	B. MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	64
	C. CONTROL, SEGUIMIENTO Y ACCIONES COMPLEMENTARIAS.....	64
6.13	ORGANIZACIÓN DE LOS USUARIOS DE RIEGO.....	67
6.13.1.	<i>PROPUESTA DE NORMAS Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.....</i>	67
6.14	VIABILIDAD LEGAL DEL PROYECTO	71
	A. Derechos sobre el pozo mecanico.....	71
	B. Derechos de propiedad de los terrenos.....	72
	C. Derechos de construcción de obras civiles	72
	D. Derechos de paso.....	72
7.	CONCLUSIONES	73
8.	RECOMENDACIONES.....	74
9.	BIBLIOGRAFIA.....	75
10	APENDICE.....	77

INDICE DE CUADROS

cuadro 1. valores de densidad aparente y constantes de humedad de acuerdo a la textura del suelo.....	5
cuadro 2. Factores que afectan la selección de riego	16
cuadro 3. Máximos porcentajes de agua aprovechable Sugeridos de acuerdo a Eto y al cultivo	30
cuadro 4. Porcentaje del área bajo riego recomendado para los diferentes sistemas de riego	32
cuadro 5. Resultados del análisis físico de suelos de la aldea Chilibe.....	51
cuadro 6. Resultados de las constantes de humedad para los suelos de la aldea cruz de santiago	51
cuadro 7. Resultados del análisis de agua del pozo mecánico	52
cuadro 8. Determinación de la evapotranspiración de referencia (ETo)	53
cuadro 9 Determinación de la evapotranspiración del cultivo de la arveja china.....	54
cuadro 10. Requerimiento de riego para los cultivos regables de la región.....	54
cuadro 11. Especificaciones técnicas de la manguera seleccionada.....	57
cuadro 12. Operación del sistema	58
cuadro 13. Cargas y pérdidas por fricción en la conducción.....	59
cuadro 14. Costos totales de la implementación del proyecto de Cruz de Santiago.....	61
cuadro 15. Situación de los cultivos con el proyecto de aspersion.....	62
cuadro 16. Situación de los cultivos con el proyecto riego por goteo	62
cuadro 17. Amortización de la deuda para el proyecto Cruz de Santiago.....	62
cuadro 18. Flujo de fondos para el proyecto Cruz de Santiago	63
cuadro 19. matriz de leopold	67
cuadro 20. Cálculo de precipitación efectiva a través del método de Blanney-Criddle	81
cuadro 21. Porcentaje diario medio (p) de horas diurnas anuales a diferentes latitudes.....	81
cuadro 22. tabla de coeficientes de aprovechamiento de la lluvia	82
cuadro 23. Listado de materiales del proyecto.....	82
cuadro 24. Boleta de encuesta estudio socioeconómico.....	84
cuadro 25. Porcentaje del área humedecido en el riego por goteo.....	84
cuadro 26. Cuadro costos de producción de Arveja china/ha sin proyecto.....	85
cuadro 27. Cuadro costos de producción de Arveja china/ha con proyecto.....	85

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proyección de la aldea Cruz de Santiago.....	20
Figura 2. Mapa carretera de Guatemala hacia aldea Cruz de Santiago.....	20
Figura 3. Hoja Cartografica Tecpán Guatemala (ubicación aldea Cruz de Santiago).	49
Figura 4. Datos climáticos de la aldea Cruz de Santiago.....	50
Figura 5. Coeficientes de K_c de acuerdo a las diferentes etapas fenológicas del cultivo.....	53
Figura 6. Diagrama de clasificación de aguas con fines de riego.....	79
Figura 7. Predicción de e_{to} a partir del factor f de blanney-criddle.....	80
Figura 8. Planos de conducción y parcela típica de riego.....	87

DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO BOMBEO-GOTEO PARA CULTIVO DE HORTALIZAS, ALDEA
CRUZ DE SANTIAGO, TECPAN GUATEMALA, CHIMALTENANGO.

DESIGN OF DRIP OF IRRIGATION SYSTEM FOR VEGETABLES, VILLAGE CRUZ DE SANTIAGO,
TECPAN GUATEMALA, CHIMALTENANGO

RESUMEN

Para la aldea Cruz de Santiago la implementación de un sistema de riego por aspersión en 1990 generó diversos beneficios de los cuales el más importante fue el ingreso económico que se vio mejorado principalmente por la producción de Arveja china evitándoles viajes a largas distancias de sus casas rumbo a la zona costera del país al corte de café y tener ingresos económicos, dejando abandonadas sus tierras durante la época de verano siendo estas áreas zonas con vocación agrícola.

Debido a que en la aldea Cruz de Santiago no se cuenta con una fuente de agua superficial cercana se utilizó el agua subterránea perforando e implementando un pozo mecánico que permitió contar con un caudal para satisfacer las necesidades de riego.

Al pasar los años desde 1990 hasta la fecha las áreas de recarga del pozo fueron deforestadas y el nivel freático ha bajado por lo que ya no se cuenta con el caudal disponible al principio perdiendo eficiencia en el método de aplicación del volumen de agua necesario para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo, además de no contar con una programación de riego adecuado de acuerdo al tiempo de operación del pozo, debiendo realizar un nuevo diseño del método de aplicación del volumen de agua de acuerdo a la relación suelo agua planta haciendo más eficiente el sistema de riego. Es por esta razón que se decidió realizar un diseño de riego por goteo que nos permita aprovechar al máximo el caudal del pozo.

Para realizar el nuevo diseño de bombeo goteo se consideraron los aspectos necesarios que permitan cuantificar las necesidades de riego y poder evaluar la factibilidad de implementar un nuevo sistema de riego, teniendo como resultado que el área a regar es de 8.12 hectáreas.

Cada agricultor cuenta con una área de entre 1000 a 6500 m², siendo estos 25 beneficiarios directos los cuales integran la asociación de riego y siendo un promedio de personas por familia de 6 tenemos que beneficia aproximadamente a 150 personas los cuales dependen de la producción de Arveja china en el lugar.

En el nuevo diseño se utilizarán las tuberías ya existentes del proyecto original las cuales están enterradas a un promedio de 75 cm de PVC de 4 y 5 pulgadas la principal y de 2 y 3 pulgadas las líneas secundarias todas de una presión de 125 PSI, en cada una de las parcelas se construirá un cabezal sectorial que tendrá un inyector de fertilizante el cual llegara hasta la planta por medio de la manguera de goteo que se colocara a 1 metro de distancia en surcos y 0.33 mts entre emisores, además de segur utilizando la bomba que es de 50 HP y produce un caudal de 385 galones por minuto y una carga dinámica total de hasta 700 pies.

El diseño agronómico el cual considera la relación agua-suelo-planta se realizó para el cultivo de la Arveja China, teniendo una evapotranspiración máxima de 3.8 mm diarios, el suelo es Franco Arenoso y se tendrá una frecuencia diaria, además de contar con una clase de agua tipo C1S1, la cual es apta para riego. Se operará el sistema 6.9 horas diarias las cuales se dividirán en 9 turnos de 0.78 horas cada uno aplicando 38 metros cúbicos por turno, regando un área de 0.90 hectáreas.

El costo total del proyecto asciende a Q 395,743.65 y luego de haber realizado un análisis financiero se determino que se tendrá una Valor Actual Neto(VAN) de 1,427,365.19 una Tasa interna de retorno de (TIR) de 41% y una relación beneficio costo de 2.76 por lo que se puede decir que el proyecto es económicamente factible.

Debido a que cuando se realiza algún cambio de cualquier tipo en el ambiente debemos de analizar cuales van a ser los factores más afectados por lo que se realizó un estudio de impacto ambiental determinado los elementos más afectados por medio de la Matriz de Leopold y planteando medidas de mitigación para hacer ambientalmente posible la realización de este proyecto y así poder contribuir con la comunidad Cruz de Santiago a que se haga un uso adecuado del recurso hídrico para permitir a generaciones venideras a poder hacer también uso de este recurso .

1. INTRODUCCIÓN

A principios del año 1990 se implementó en la aldea Cruz de Santiago, Municipio de Tecpán, departamento de Chimaltenango, un sistema de riego por aspersión a través de pozo mecánico aprovechando de esta manera el acuífero libre existente en esta región, permitiendo sembrar en cualquier época del año con lo que se llega a obtener hasta tres cosechas al año y de esta manera fortalecer la economía de los agricultores.

Después de más de 12 años de operación del sistema de riego hasta la fecha, año 2003, la asociación de agricultores no ha contado con asesoría técnica para mejorar las condiciones de operación y mantenimiento de dicho sistema, además de encontrarse con los problemas de disminución del caudal de pozo y una mala programación de riego, lo cual ha provocado la reducción del beneficio económico de los agricultores.

El sistema de riego por aspersión por su forma de aplicación hacia la planta, bastante del caudal que se aplica se pierde y no llega a ser aprovechado por la planta, por lo que debe de establecerse otro sistema de riego que haga mejor uso del caudal de riego el cual es el sistema de riego por bombeo-goteo el cual debe utilizarse en la comunidad Cruz de Santiago para que el caudal del acuífero subterráneo sea aprovechado de una mejor manera por la planta

En el presente trabajo se da a conocer información referente a la investigación que se realizó, así como también se indica la metodología y resultados obtenidos para la formulación del proyecto de riego, se consideraron aspectos topográficos, climáticos, edafológicos, hidrológicos, hidráulicos, financieros, legales, etc. en el estudio y diseño del proyecto.

El caudal de agua necesario que demanda el proyecto de acuerdo a las características agronómicas propias de la región es de 49.21 m³/h y se beneficiará un área de 8.12 has.

El costo de la implementación del sistema asciende a Q 395,743.65 y mediante el mismo serán beneficiadas 150 personas constituidas en 25 familias.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:

Por las condiciones climáticas de nuestro país uno de los elementos importantes en los procesos productivos es la implementación de sistemas de riego, los cuales permiten cultivar en forma intensiva durante los doce meses del año, no limitándose a la época de lluvia.

Para que el agricultor sea competitivo tanto en el mercado nacional como internacional, requiere mantener la calidad y la cantidad producida, lo cual se logra a través de infraestructura de riego, permitiéndole a la vez generar y mantener en forma permanente fuentes de trabajo así como mejorar el nivel económico de su familia y de la comunidad.

En los años de mil novecientos setenta y seis tuvo origen a través de ayuda internacional de la Agencia A.I.D. los proyectos de Mini-Riego construidos por el Estado a través del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, específicamente la Dirección General de Servicios Agrícolas DIGESA, iniciando esta actividad en aquella época en la denominada Región I con sede central en la ciudad de Quetzaltenango y Región V con sede en la ciudad de Guatemala. Luego en los años ochenta se establece el proyecto a nivel nacional a excepción del departamento de El Peten el proyecto de pozos mecánicos profundos financiados por fondos de donación del Gobierno de Italia, con el objetivo básico de aprovechar los acuíferos libres, confinados y semi confinados existentes como recurso hídrico en el país, en las áreas en donde las fuentes superficiales eran escasas principalmente en la zona del altiplano.

Varios pozos fueron perforados en zonas del altiplano, favoreciendo a comunidades minifundistas de poblaciones indígenas, cuya única alternativa era viajar a la costa sur a efectuar labores de corte de caña y café.

Uno de los proyectos construidos fue el Mini Riego Cruz de Santiago, en el inicio de los noventa el cual beneficia a 25 familias en forma directa, y a más de 200 en forma indirecta. Este se encuentra localizado a 6 km del Municipio de Tecpán Guatemala en carretera de terracería. Pero después de quedar construido los proyectos de pozos mecánicos construidos por el Estado a nivel nacional, no tuvieron oportunidad de contar con asesoría y seguimiento en relación a aspectos tan importantes como lo es la operación y el mantenimiento de los sistemas, sin programas de operación y calendarización, lo cual ha dado como resultado alto consumo de energía eléctrica y por ende alto costo de operación e inadecuadas laminas

de riego, tiempos de riego, frecuencias de riego, y otros factores que afectan la operación y manteniendo de un sistema debido también en gran medida al uso de aspersores sin ninguna especificación técnica.

Ahora el factor más importante de mencionar y el cual se ha convertido en un problema para los agricultores y usuarios del sistema de riego es la creciente reducción de caudales que se verifican en el acuífero libre en donde se encuentra ubicado el pozo este tiene un nivel estático a 396 pies y el nivel dinámico esta a 608 pies, esta reducción de caudal se debe en gran medida por efecto de las talas inmoderadas en áreas de recarga del mencionado acuífero lo que ha causado reducción de niveles freáticos, y de hecho niveles dinámicos, afectando las relaciones caudal- abatimiento, así también el nivel de máxima producción, además los aspersores que a la fecha se utilizan no tienen ninguna especificación técnica provocando inadecuadas lami.

Los miembros de la comunidad al depender directamente de este sistema de riego y al no contar con el mencionado sistema deberán encaminarse de nuevo a realizar trabajos fuera de su comunidad para poder percibir ingresos económicos y así poder mantener a sus respectivas familias.

Debido a que el sistema de riego por aspersión por su forma de aplicación hacia la planta, bastante del caudal que se aplica se pierde y no llega a ser aprovechado por la planta, por lo que debe de establecerse otro sistema de riego que haga mejor uso del caudal de riego el cual es el sistema de riego por bombeo-goteo el cual debe utilizarse en la comunidad Cruz de Santiago para que el caudal del acuífero subterráneo sea aprovechado de una mejor manera por la planta.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 RIEGO

Sandoval (15), define al riego como la aplicación artificial de agua al perfil del suelo con el propósito de suplir la cantidad necesaria para que los cultivos produzcan en forma permanente y económica.

El objetivo fundamental del riego es mejorar las condiciones y la calidad de vida. Ello implica perfeccionar las condiciones económicas y sociales de los beneficiarios, así como el ambiente en el cual se desenvuelven sus actividades.

En las zonas áridas, de riego integral, la transformación que el riego posibilita es, sin duda, de un efecto espectacular. Puede decirse al respecto, que están allí los recursos agua y tierra separados, y el riego los une en una empresa humana que genera obras de infraestructura, asentamientos humanos, explotaciones agrícolas, pecuarias he industriales.

El carácter altamente intensivo de explotación de la tierra da origen a una gran intensidad de producción y aumenta drásticamente la densidad de la población, no solo por la subdivisión de la propiedad, sino por las actividades comerciales y de servicio que ello conlleva. (12)

A. ASPECTOS NEGATIVOS DEL RIEGO

El desviar el curso de las aguas o extraerla del subsuelo, para una vez regulada conducirla a través de canales o tuberías, y finalmente derramarla sobre la superficie del terreno; o bien; contrariamente, controlar la inundación natural provenientes de áreas adyacentes o los excesos de precipitación local, representa una drástica intervención del hombre en lo que se podría llamar el orden natural y el balance hidrológico.(12)

3.1.2 RELACIÓN AGUA – SUELO – PLANTA

De Santa Olalla Mañas (10) indica que el suelo juega un papel importante en el proceso de evapotranspiración a través de factores como el espesor del estrato activo, el calor superficial, la capacidad y conductividad hídrica, la rugosidad, etc.

Grassi, en Métodos de riego (6), indica que las características físicas y en especial la textura del suelo, tienen una gran influencia en la profundidad de enraizamiento. Los suelos de textura gruesa permiten una mayor profundización de las raíces que los suelos de textura fina. En suelos arcillosos el espesor de la capa de raíces puede ser la mitad de lo que es común en un suelo con condiciones medias. La profundidad de

enraizamiento está relacionada también con el tamaño del cultivo, y ello depende de la especie y el lapso de vida de los mismos.

Gardner, citado por Romero (13), menciona que muy pocas plantas pueden soportar una falta de agua durante un largo período en el cual se encuentran en estado de reposo vegetativo, pero la vuelta a su vida activa, solo se puede realizar en presencia de agua.

Así mismo De Santa Olalla Mañas (10) menciona que la mayor parte de los procesos fisiológicos que realizan los vegetales están influidos directa o indirectamente por el abastecimiento de agua. La zona de la raíz con mayor eficacia en la absorción del agua es la zona pilifera, ya que en ella existe un xilema diferenciado y epidermis, prácticamente sin suberificar, provista de abundantes pelos radiculares que aumentan enormemente la superficie de contacto con el suelo.

Menciona Grassi (6) que el agua no es igualmente aprovechable por el cultivo en todo el rango que cubre su disponibilidad en el suelo; a medida que disminuye su contenido hídrico aumenta el esfuerzo que el cultivo requiere para extraer agua.

3.1.3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO RELACIONADAS CON EL RIEGO

A. TEXTURA

Sandoval (15) define la textura como la proporción relativa de arena, limo y arcilla contenida en el suelo. Determina en gran parte la retención de agua, el movimiento de agua en el suelo y la cantidad de agua disponible a las plantas. Estos aspectos influyen directamente en la cantidad de agua a ser aplicada en un riego, la frecuencia o intervalo de riego, el tiempo de riego y también contribuye a decidir qué método de riego es el más adecuado a usar y algunas especificaciones del sistema.

De acuerdo a la textura que posea el suelo, se pueden encontrar valores generales de densidad aparente como se muestra en el cuadro 1.

cuadro 1. valores de densidad aparente y constantes de humedad de acuerdo a la textura del suelo

Textura del suelo	Densidad Aparente	Capacidad de Campo	Punto de Marchitez Permanente
	Gr/cc	%	%
Arenoso	1.55 – 1.80	06 – 12	02 – 06
Franco arenoso	1.40 – 1.60	10 – 18	04 – 08
Franco	1.35 – 1.50	18 – 26	08 – 12
Franco arcilloso	1.30 – 1.40	23 – 31	11 – 15
Arcilloso arenoso	1.25 – 1.35	27 – 35	13 – 17
Arcilloso	1.20 – 1.30	31 – 39	15 – 19

B. ESTRUCTURA

Según Foth (3) la estructura es la agregación de las partículas primarias del suelo (arena, limo y arcilla) en partículas compuestas o en grupos de partículas primarias que están separados de los grupos adyacentes por debilidad de las superficies.

Sandoval (15) indica que la estructura afecta básicamente la velocidad de infiltración del agua, característica que es determinante en el cálculo del tiempo necesario para aplicar una lámina de riego. Otro aspecto agronómico afectado es la profundidad de penetración de raíces, la cual tiene relación con la profundidad a regar.

De acuerdo con Sandoval (15), la estructura laminar y masiva tiene un movimiento del agua muy lento que puede llegar a limitar el uso de métodos de riego como el de aspersión por producir encharcamiento, siendo difícil la aplicación de riego. Las estructuras en bloques y prismática tienen un movimiento del agua moderado, mientras que la granular tiene un movimiento rápido, no presentando normalmente problemas para riego y siendo estos últimos tres tipos de estructuras las más favorables para la relación agua-suelo-planta.

C. DENSIDAD APARENTE

De acuerdo con Foth (3), la densidad aparente se refiere al peso por unidad de volumen de suelo secado en horno, por lo común expresado en gramos por centímetro cúbico.

Sandoval (15) estipula que la densidad aparente depende básicamente de la textura del suelo pero puede ser modificada por la compactación, cuando se compacta un suelo aumenta su densidad aparente porque se reduce el espacio entre las partículas del suelo disminuyendo el volumen del espacio poroso.

La densidad aparente es una propiedad del suelo de gran importancia para el diseño y operación de sistemas de riego debido a que es necesaria para calcular la cantidad de agua (lámina o volumen) a aplicar en un riego.

D. VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

Indica Sandoval (15) que la infiltración es una de las características del suelo más importantes para el diseño, operación y evaluación de sistemas de riego por aspersión y superficiales, por lo cual se hace necesario obtener información confiable de esta propiedad. Su determinación puede efectuarse en el suelo usando muestras alteradas, pero se considera conveniente efectuarla con métodos de campo que no alteran el estado natural del suelo, dando resultados más confiables.

La infiltración es el movimiento de agua desde la superficie del suelo hacia abajo que tiene lugar después de una lluvia o riego.

a. MEDICIÓN DE LA INFILTRACIÓN

Sandoval en Principios de Riego y Drenaje (15) indica que el método del infiltrómetro de doble cilindro es considerado como el más versátil y el más adecuado para diseñar, operar y evaluar sistemas de riego de inundación total y aspersión.

b. FACTORES QUE AFECTAN LA INFILTRACIÓN

Los factores que afectan la velocidad de infiltración son aquellos que afectan las propiedades físicas del suelo, el tipo de cobertura vegetal. Entre los factores más importantes están:

- i. Sellamiento superficial.
- v. Materia orgánica y rotación de cultivos.
- vi. Sales del suelo y del agua.
- vii. Sedimentos en el agua de riego.
- viii. Perfil del suelo.

Grassi (5) indica que la velocidad de infiltración o penetración del agua en el suelo es una función de muchas variables, entre las cuales cabe mencionar como más relevantes: textura, estructura, grado de compactación y de agrietamiento del suelo; además tipo de cultivo, labores culturales, calidad del agua y sello superficial.

E. POROSIDAD

Foth (3) y Sandoval (14) definen a la porosidad como el porcentaje del volumen total del suelo que está ocupado por poros.

Grassi (6) menciona que la porosidad influye en la capacidad de retención de agua, movimiento del aire y del agua, y el crecimiento del sistema radicular de las plantas.

F. CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

Sandoval (15) indica que la conductividad hidráulica expresa la facilidad con que el suelo permite el flujo de un fluido en particular, según el gradiente. Se determina tanto por el tipo de suelo como por el fluido que transmite.

PENETRACIÓN DEL AGUA EN EL SUELO

De acuerdo con Grassi (5) se considera el suelo dividido en varias capas, el agua que infiltra cubre la capacidad de retención de cada capa, pasando el excedente a la capa inferior y así sucesivamente hasta comprender toda la capa radical. Si la aplicación del agua continúa, el exceso que supera la zona de raíces percolará hacia los estratos inferiores. Percolación, es una medida de la capacidad del suelo para transmitir el agua a través del perfil del mismo.

CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO

Grassi (5) menciona que la composición del agua de riego tiene sin duda una gran incidencia en cuanto a la composición de la solución del suelo, además de los factores edáficos, climáticos y de manejo de riego.

Castillo (1) indica que las características que intervienen en la calidad de un agua para riego son: a) la concentración de sales solubles, b) la concentración de sodio en relación a otras sales, c) la concentración de cloruros y sulfatos, d) la concentración de boro y otras sustancias tóxicas (aluminio y selenio) y, e) los carbonatos y bicarbonatos.

G. CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO DE ACUERDO A SU CALIDAD

Peña (11) considera que al clasificar las aguas para riego se supone que van a usarse bajo condiciones medias con respecto a la textura del suelo, la velocidad de infiltración, el drenaje, la cantidad de agua utilizada, el clima y la tolerancia del cultivo a sales. Desviaciones considerables del valor medio de cualesquiera de estas variables pueden hacer inseguro el uso del agua que en condiciones medias sería de muy buena calidad o al contrario puede inducir a considerar el agua como buena cuando bajo condiciones medias sería de dudosa calidad.

De acuerdo con Castillo (1), el exceso de carbonatos, cloruros y sulfatos de calcio y magnesio, así como de sodio, reducen el valor nutritivo y la productividad de los suelos, pudiendo llegar a afectar considerables áreas dedicadas a la agricultura.

Así mismo Castillo (1) indica que entre los principales sistemas de clasificación de aguas se encuentran:

- a. Clasificación basada en CE y RAS
- b. Clasificación basada en carbonatos de sodio

- c. Clasificación basada en boro
- d. Clasificación basada en función de boro, sodio y cloro
- e. Clasificación basada en la FAO

H. DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DEL AGUA

De acuerdo con Peña (11) y Sandoval (15), la clasificación del agua de riego del laboratorio de salinidad del departamento de agricultura de Estados Unidos (Manual 60 del USDA) considera un diagrama que se basa en la conductividad eléctrica (CE) en micromhos por centímetro y en la relación de adsorción de sodio (RAS). figura 6.

a. Conductividad:

- i. Agua de baja salinidad C1
- ii. Agua de salinidad media C2
- iii. Agua altamente salina C3
- iv. Agua muy altamente salina C4

b. Sodio:

- i. Agua baja en sodio S1
- ii. Agua media en sodio S2
- iii. Agua alta en sodio S3
- iv. Agua muy alta en sodio S4

3.1.4 ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUA EN EL LABORATORIO:

A continuación se presenta una breve descripción de los análisis que se efectúan en el laboratorio de análisis físico químico de suelos y agua con fines de riego.(9)

I. ANALISIS DE SUELO:

a. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS EVALUADAS:

i. pH:

Muestra la reacción del suelo (ácida o alcalina), es decir, la cantidad relativa de iones hidronio (H^+) e oxidrilo (OH^-) en el sistema. Se usa para determinar la resistencia de algunos cultivos así como la naturaleza

de los fertilizantes que se aplicarán. Para la medición se utiliza un potenciómetro con electrodo específico para el ión H^+ , haciendo una solución edáfica; muestra la acidez activa.(9)

ii. Porcentaje de Materia Orgánica:

Se evalúa la cantidad de material orgánico, fuente de elementos nutritivos para las plantas. Existen estudios que aseguran que la materia orgánica contrarresta los efectos tóxicos de los altos niveles de sodio intercambiable.

Se utiliza el método de combustión vía húmeda, que aplica dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado, implica una retrovaloración que se efectúa con sulfato ferroso. Debe hacerse la observación que los niveles ideales de materia orgánica van del 2 al 5%.(9)

iii. Densidad aparente:

Está relacionada con la cantidad de aire que se encuentra entre las partículas de suelo; determina la porosidad del mismo y se relaciona también con el tamaño de partícula.

Para medirla se utiliza una probeta graduada y tapones de corcho, por medio de golpes se libera el aire atrapado y se miden los volúmenes inicial y final de suelo contenido en la probeta.

Esta característica es esencial para fines de riego ya que constituye una de las variables para el cálculo de la lámina neta a ser aplicada.(9)

iv. Análisis mecánico:

Mide las proporciones relativas de arcilla, limo y arena que componen el suelo, con el fin de determinar la clasificación del mismo en el triángulo textural.

Se utiliza el método del hidrómetro de Bouyoucus, usando como dispersante hexametáfosfato de sodio.(9)

v. Capacidad de campo (C.C.):

Mide la capacidad de retención de agua por parte del suelo a una presión de $1/3$ de atm (253 mm Hg ó $1/3$ Bar). Es uno de los análisis específicos de características físicas, esenciales para fines de riego, ya que se utiliza para el cálculo de láminas de irrigación.

Se utiliza un aparato similar a una olla de presión, en donde se coloca la muestra saturada con agua y se extrae dicha agua a presión constante durante 24 horas. Luego de pesar la muestra resultante, se pasa al horno por otras 24 horas, después de lo cual se vuelve a pesar. La diferencia de peso entre ambas marca la capacidad de campo.(9)

vi. Punto de marchitez permanente (P.M.P.):

Mide la capacidad de retención de agua por parte del suelo a una presión de 15 atm (11,400 mm Hg ó 15 Bar). Es uno de los análisis específicos esenciales para fines de riego, que se utiliza para el cálculo de láminas de irrigación.

Se utiliza un aparato similar a una olla de presión, en donde se coloca la muestra saturada con agua y se extrae dicha agua a presión constante durante 24 horas. Luego de pesar, la muestra resultante se pasa al horno por otras 24 horas, después de lo cual se vuelve a pesar.

La diferencia de peso entre ambas indica el punto de marchitez permanente (P.M.P.)(9)

J. ANÁLISIS DE AGUA

a. PH:

Muestra la reacción del agua (ácida o alcalina), es decir, la cantidad relativa de iones hidronio (H^+) y oxidrilo (OH^-) en el sistema. Se usa para determinar la resistencia de algunos cultivos así como la naturaleza de los fertilizantes que se aplicarán.

Para la medición se utiliza un potenciómetro con electrodo específico para el ión H^+ .(9)

b. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA:

Muestra la cantidad total de sales disueltas en la muestra. Se analiza por medio de un conductímetro cuya unidad de medida son los micro-mhos.

Este es uno de los parámetros que se utilizan para determinar la clasificación del agua para riego.(9)

c. CALCIO:

Determina parte de la dureza permanente del agua. Junto a los carbonatos y al magnesio forma compuestos insolubles que se almacenan en la superficie del suelo, impidiendo la aireación, dificultando el drenaje, etcétera. Se mide por valoración directa.(9)

d. MAGNESIO:

Determina parte de la dureza permanente del agua. Junto al calcio y a los carbonatos forma compuestos insolubles que se almacenan en la superficie del suelo, impidiendo la aireación, dificultando el drenaje. Se mide por valoración directa.(2)

e. SODIO:

Importante para determinar la resistencia de ciertos cultivos; aunque algunas plantas son capaces de excluirlo de sus hojas aunque lo acumulen en sus tallos.

Los frutales de endocarpio duro, algunos cítricos y verduras como el apio y el rábano son especialmente sensibles a este mineral. Se valora por medio de espectrofotometría de absorción atómica.(9)

f. CARBONATOS:

Además de contribuir a la dureza temporal del agua, es responsable de las alzas en los valores de pH. Forma compuestos insolubles junto a metales como calcio y magnesio (descritos anteriormente). Se mide por valoración directa.(9)

g. BICARBONATOS:

Además de contribuir a la dureza temporal del agua, es responsable de las alzas en los valores de pH. Al pasar de bicarbonato a carbonato forma compuestos insolubles junto a metales como calcio y magnesio (descritos anteriormente).

Se mide por valoración continua de la muestra proveniente de la valoración de carbonatos. (9)

h. CLORUROS:

Niveles muy altos de cloruros producen "quemaduras" en las hojas, esto tiende a suceder en aguas que presentan altas cantidades de sal (NaCl).

Se mide por valoración continua de la muestra proveniente de la valoración de bicarbonatos.(9)

i. SULFATOS:

Para un cierto número de cultivos, se han descrito toxicidades relativas para altas concentraciones de sulfatos, ya que estas altas cantidades impiden la absorción de calcio por las plantas.

Se mide cualitativamente por comparación de precipitados con BaCl_2 , cuantitativamente se induce el precipitado, luego se filtra y posteriormente se incinera el papel filtro en la mufla.(9)

j. PORCENTAJE DE SODIO SOLUBLE:

El desplazamiento del calcio y magnesio por el sodio en el complejo de intercambio comienza cuando el contenido de sodio en solución representa más de la mitad de los cationes disueltos. Al precipitar las sales menos solubles como Calcio, Magnesio, Carbonatos y Bicarbonatos, el porcentaje de sodio aumenta relativamente. Este dato corresponde a la salinidad efectiva. Se calcula por medio de una relación entre los cationes Ca y Mg contra los aniones.(9)

k. RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO (RAS):

Cuando el sodio se encuentra en elevadas concentraciones, substituye a los otros cationes, ocasionando un desequilibrio eléctrico en el suelo que deja cargas negativas que se repelen y como consecuencia el suelo

pierde su estructura original y se deflocula. El RAS es el índice mas conocido para medir el peligro de sodificación.(9)

Se calcula en base a la cantidad de sodio y de los otros cationes, mediante la fórmula:

$$\text{RAS} = \frac{\text{SODIO}}{\sqrt{(\text{Ca} + \text{Mg})/2}} = \text{mEq}$$

I. CARBONATO DE SODIO RESIDUAL (CSR):

Cuando en el agua de riego el contenido de carbonatos y bicarbonatos es mayor que la de calcio y magnesio, existe la posibilidad de que se forme carbonato de sodio, por lo que la concentración total y relativa de este puede ser suficiente para desplazar al calcio y al magnesio del complejo de intercambio, lo anterior deflocula el suelo, perdiendo su estructura.(2)

El índice se calcula por la siguiente fórmula:

$$\text{CSR} = (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) - (\text{Ca} + \text{Mg}) = \text{mEq}$$

K. CLASIFICACION

La calidad del agua no es una característica inherente de la misma, el contenido de sales y otras sustancias en solución la afectan. El empleo del agua para riego esta definida por sus características químicas, por la tolerancia del cultivo y las condiciones del suelo.

Existe una clasificación del agua para riego que se basa en la salinidad (conductividad eléctrica) y la cantidad de sodio en solución, aquí se presentan las bases de la clasificación para efectuar las combinaciones.(9)

a. CLASIFICACIÓN en base a la salinidad

i. Agua de baja salinidad (C1)

Puede usarse para riego de la mayor parte de los cultivos, en casi cualquier tipo de suelo con muy poca probabilidad de que desarrolle salinidad. Se necesita algún lavado pero éste se logra en condiciones normales de riego, excepto en suelos de muy baja permeabilidad.

ii. Agua de salinidad media (C2)

Puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de salinidad pueden producirse plantas moderadamente tolerantes a las sales.

iii. Agua altamente salina (C3)

No puede usarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente. Aún con drenaje adecuado se pueden necesitar prácticas especiales de control de la salinidad, debiendo, por lo tanto, seleccionar únicamente aquellas especies vegetales muy tolerantes a las sales.

iv. Agua con salinidad severa (C4):

No es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero puede usarse ocasionalmente en circunstancias muy especiales. Los suelos deben ser permeables, el drenaje adecuado, debiendo aplicarse láminas en exceso para lograr su lavado, en éste caso debe seleccionarse cultivos altamente tolerante a las sales (9)

b. CLASIFICACIÓN EN BASE A LA SODICIDAD:

i. Agua baja en sodio (S1)

Puede usarse para riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles como algunos frutales y aguacates pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

ii. Agua media en sodio (S2)

En suelos de textura fina el sodio representa un peligro considerable, mas aún si dichos suelos poseen una alta capacidad de intercambio de cationes, especialmente bajo condiciones de lavado deficiente, a menos que el suelo contenga yeso. Estas aguas sólo pueden usarse en suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad.

iii. Agua alta en sodio (S3)

Puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos, por lo que éstos necesitan prácticas especiales de manejo -buen drenaje, fácil lavado y adiciones de materia orgánica-. Los suelos yesíferos no pueden desarrollar niveles perjudiciales de sodio intercambiable cuando se riegan con este tipo de agua. Puede requerirse el uso de mejoradores químicos para sustituir el sodio intercambiable, sin embargo, tales mejoradores no serán económicos si se usan aguas de salinidad severa.

iv. Agua con concentración de sodio severa (S4)

Es inadecuada para riego, excepto cuando su salinidad es baja o media y cuando la disolución de calcio del suelo y/o la aplicación de yeso u otros mejoradores no hace económico el empleo de éstas aguas.

Ocasionalmente, el agua de riego puede disolver un buen porcentaje de calcio en los suelos calcáreos, de tal manera que disminuye notablemente el peligro por sodio, condición que deberá tenerse muy en cuenta en caso de usar aguas de las clases C1-S3 y C1-S4. Tratándose de suelos calcáreos de pH alto o suelos que no son calcáreos, el estado del sodio de las aguas C1-S3, C1-S4 y C2-S4 se pueden modificar ventajosamente agregando yeso al agua. De igual manera es conveniente aplicar yeso al suelo periódicamente cuando ésta vaya a irrigarse con aguas C2-S3 y C3-S2.(9)

3.1.5 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS MÉTODOS DE RIEGO

Una vez entregada el agua en área a regar por la administración del riego, ella fluye por una red de tuberías que la conducen a cada una de los lotes que conforman las unidades de riego de las mismas. Allí el agua emerge a la superficie para ser incorporada por infiltración a la rizósfera del cultivo, fluyendo en lámina delgada, o bien se aplica convertido el flujo a presión en innumerables gotas que se infiltran en el suelo, al tiempo que llegan a la superficie del mismo, o bien el agua asciende a la rizósfera por capilaridad, desde un plano freático controlado, que mantiene su nivel próximo a la base de las raíces.

Sin que ello implique una clasificación de los métodos de riego, se enumeran a continuación los más usados en la actualidad, a saber: (a) por superficie; (b) por aspersión; (c) por goteo; (d) por microaspersión.

A su vez, se distinguen los métodos enunciados entre aquellos que cubren con agua (o mojan) toda el área cultivada, como ocurren con algunas variantes del riego por superficie y del riego por aspersión –y en cierta medida con la sub-irrigación- y aquellos que lo hacen parcialmente, como es el caso del riego por surcos y del riego por goteo.

Otra característica que permite diferenciar los métodos de riego es la frecuencia en la aplicación del agua y la localización de los puntos de salida de la misma a lo largo de la tubería lateral. Es este el caso de la microaspersión y del riego por goteo, que permiten regar con alta frecuencia mediante la aplicación continua de agua en los mismos puntos del terreno, con el fin de lograr así un alto rendimiento del cultivo, al mantener el suelo en un elevado potencial hídrico. La microaspersión y el goteo, que se diferencian del método por aspersión convencional, se les coloca ahora bajo la denominación de riego localizado y al mismo tiempo de alta frecuencia. (7)

A. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE RIEGO

La selección del método de riego constituye un paso importante del proceso de formulación del proyecto, ya que una decisión respecto al método tiene incidencia en todas las fases del mismo, particularmente en todas las fases del mismo, particularmente en las características de la red de riego. Una primer resolución está en determinar si se adopta un sistema de riego por gravedad o presurizado, esto es, si la conducción y distribución de agua procede por vía de una red de canales que funcionan por gravedad o de tuberías a presión.

La selección del método de riego depende de muchos factores entre los cuales se enumeran a continuación los que se consideran más relevantes.

- a. Cultivo
- b. Topografía del terreno
- c. Características físicas del suelo

- d. Contenido significativo de sales en el suelo y/o en el agua
- e. Disponibilidad de agua
- f. Costos de instalación y de operación

Factores que afectan la selección del método de riego. Adaptado por Palacios (1993) The planning for an irrigation system, Turner y Anderson, 1980. (7)

cuadro 2. Factores que afectan la selección de riego

Método de riego	Efecto del terreno	Velocidad de infiltración	Tolerancia al agua de los cultivos	Efecto del viento
Gravedad	Preferentemente, la superficie debe estar nivelada o trabajada según curvas a nivel, pendientes de 0 a 1%.	No se recomienda para suelos con velocidad de infiltración mayor de 6.5 cm por hora.	Adaptable a la mayoría de los cultivos. Puede afectar a los muy sensibles a la humedad en la raíz.	No afecta en forma significativa la eficiencia de aplicación
Aspersión	Adaptable a terrenos nivelados o desnivelados, con pendientes variables.	Se adapta cualquier velocidad de infiltración del suelo.	Puede propiciar la caída de las flores y enfermedades en algunos frutales.	Afecta considerablemente la eficiencia de aplicación bajandola.
Microaspersión	Adaptable a todo tipo de pendiente.	Adaptable a todas las velocidades de infiltración.	Puede propiciar el desarrollo de algunas enfermedades fungosas.	Puede afectar la eficiencia de aplicación pero menos que en la aspersión.
Goteo	Adaptable a todo tipo de goteo.	Adaptable a todas las velocidades de infiltración.	Sin problemas.	No afecta.
Sub-irrigación	El área debe estar nivelada o en curvas a nivel.	Adaptable a suelos con buena capilaridad.	Adaptable a la mayoría de los cultivos.	No afecta.

B. RIEGO POR GOTEO

El riego por goteo es un método de alta frecuencia e incluso de continua reposición del agua al suelo, previamente consumida por el cultivo. Una red de tuberías de plástico de reducido diámetro y baja presión, conduce y distribuye el agua hacia los laterales, desde donde el agua sale por medio de goteros o emisores, formando así un bulbo húmedo que permite mantener el suelo donde están las raíces en un alto potencial de humedad.

Se presentan modalidades de riego por goteo que dependen en buena parte del cultivo, a saber: laterales con goteros o emisores sobre la superficie del terreno; tuberías enterradas que gotean a través de orificios y mangueras de exudación. El área a mojar depende del cultivo. En los frutales, debido a la mayor separación entre planta y planta, el área mojada por hectárea es reducida, por lo que se usan los laterales con goteros tendidos sobre la superficie, mientras que en los cultivos estacionales, con una elevada densidad de planta por hectárea, resultan más apropiadas las tuberías enterradas que gotean y las mangueras de exudación. (7)

C. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEO

a. VENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEO

- i. Se sabe que los requerimientos de agua para riego pueden ser menores con goteo que con los otros métodos tradicionales. Los ahorros dependen del cultivo, suelo, condiciones ambientales y de la eficiencia de riego. La razón principal dada para este ahorro de agua es la pequeña porción de volumen de suelo a mojar, la disminución de la superficie evaporante, la mínima escorrentía de agua en el campo y la controlada profundidad de percolación debajo de la zona radicular.
- ii. Howell et al (1981) citado por Razuri (12) revisó más de 50 reportes de investigaciones sobre respuesta del cultivo al riego por goteo, publicado en la última década. Cuando se compara el riego por goteo con otros métodos de aplicación o sin riego, los rendimientos son iguales o mayores en todos los casos.
- iii. Existen evidencias experimentales que demuestran que las aguas de alta salinidad pueden ser usadas con riego por goteo sin reducir grandemente los rendimientos del cultivo.
- iv. La minimización del peligro de salinidad a las plantas regadas por goteo puede atribuirse a la disminución de la concentración de la solución del suelo, como consecuencia de la alta frecuencia de riego utilizada para mantener altos contenidos de agua en la zona radicular.
- v. El riego por goteo ofrece considerablemente flexibilidad en la fertilización, Chesness et al. (1976) citado por Razuri (12) indica que fertilizantes, herbicidas, insecticidas, fungicidas y dióxido de carbono pueden ser abastecidos para mejorar la producción del cultivo.
- vi. La propagación de malas hierbas puede reducirse bajo riego por goteo debido a que solamente se humedece una fracción de la superficie del suelo.
- vii. El riego por goteo tiene unos costos de bombeo reducidos debido a que las presiones de operación son considerablemente menores comparados con otros tipos de sistemas pressurizados.

b. DESVENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEO

- i. Se han encontrado algunos problemas en los mecanismos de aplicación de agua con equipos de goteo para suelos diferentes, calidad de agua y condiciones ambientales.
- ii. Entre las importantes desventajas de este método de riego comparado con otros métodos se pueden citar: (1) obstrucción de los emisores; (2) daños por roedores u otros animales; (3) Acumulación de sales cerca de las plantas y (4) limitaciones técnico-económicas.
- iii. La obstrucción de los emisores es considerado el mas serio problema en riego por goteo, a menos que sean tomadas medidas preventivas.
- iv. En regiones áridas cuando se agua de alta concentración salina, las sales tienden a acumularse en la superficie del suelo y a través de la periferia del volumen de suelo humedecido.
- v. Debido a que las necesidades de equipo son numerosos en el riego por goteo, la inversión inicial y el costo anual puede ser alto.

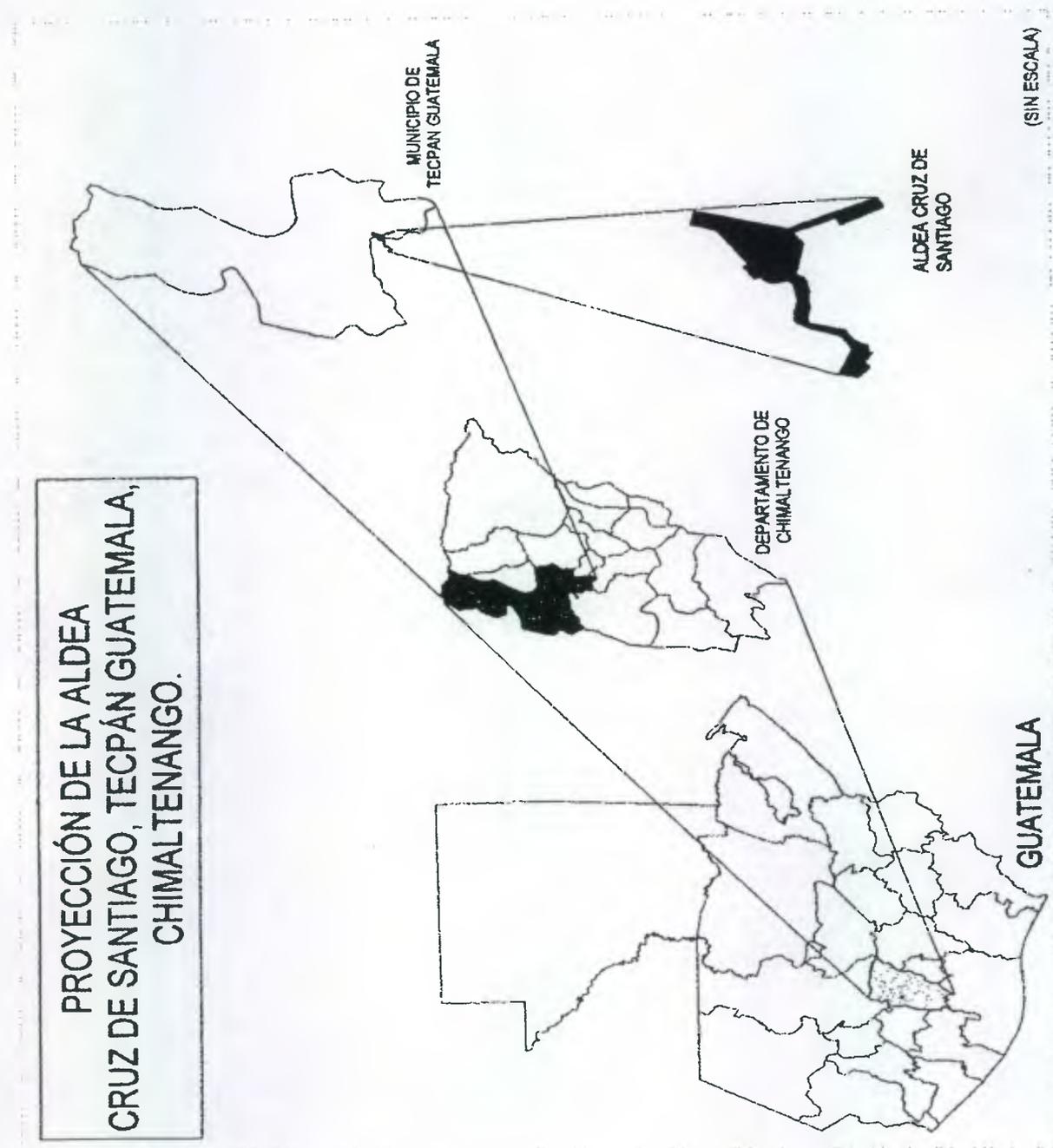
3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

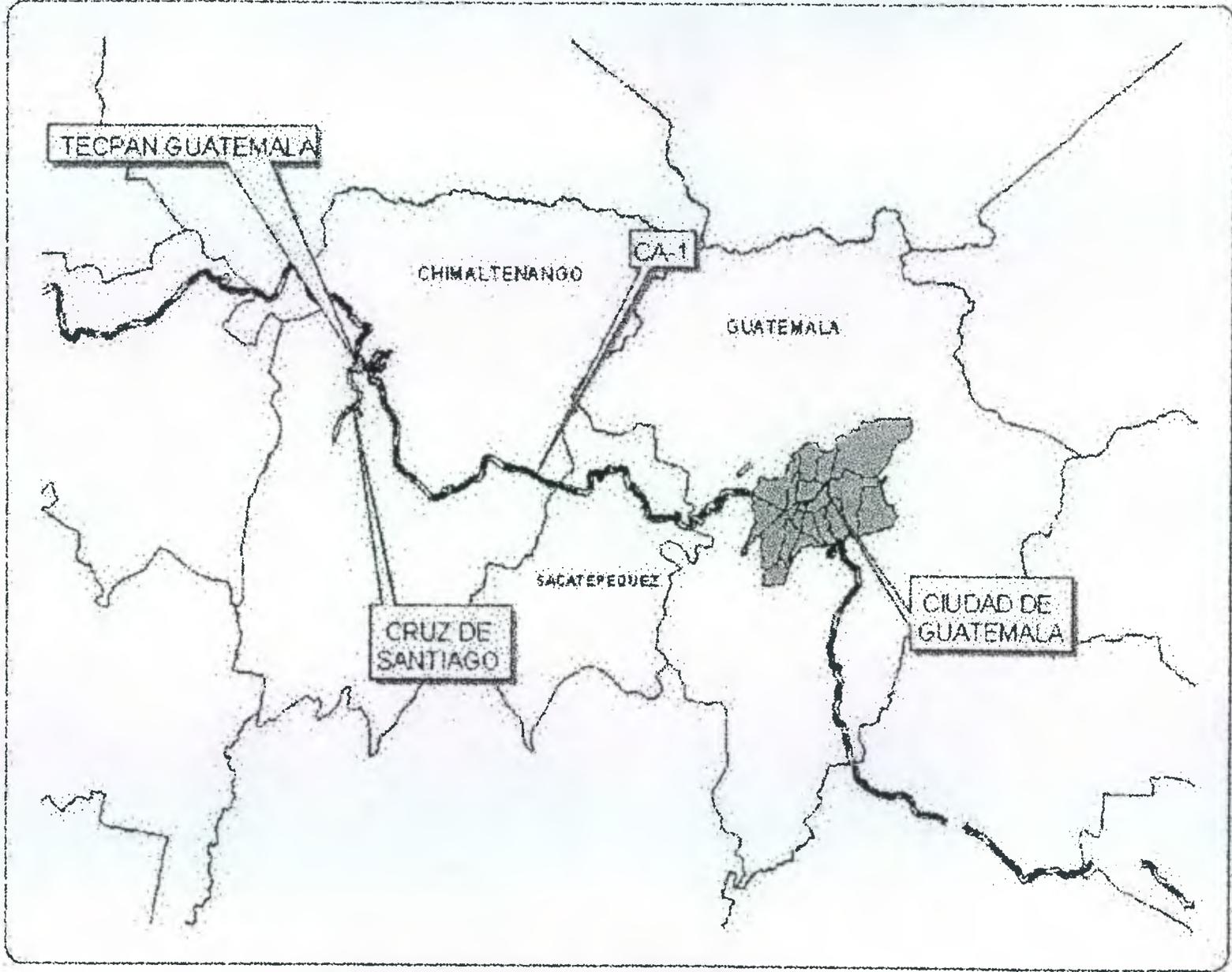
La aldea Cruz de Santiago está situada en la parte Sur del municipio de Tecpán Guatemala y dista de su cabecera municipal 5 km por carretera balastrada y a 4.5 km por carretera de herradura.

Esta localizada entre los paralelos de $14^{\circ}43'20''$ de latitud Norte y $90^{\circ}59'30''$ de longitud Oeste (localización del punto donde se encuentra la escuela de la aldea), a una altura de 2250 msnm (figura 1).

Figura 1 Proyección de la aldea Cruz de Santiago



Mapa carretera de Guatemala hacia aldea Cruz de Santiago



MAPA DE CARRETERA GUATEMALA-CRUZ DE SANTIAGO

Figura 2.

3.2.2. UBICACIÓN ADMINISTRATIVA Y COLINDANCIAS

La aldea Cruz de Santiago perteneciente al municipio de Tecpán del departamento de Chimaltenango, se encuentra limitada al Norte por el municipio de Tecpán y la aldea Pueblo Viejo; al Sur por el municipio de Patzún; al Este por las aldeas Xenimajayu y Paxorotot y al Oeste por las ruinas de Iximché.

3.2.3. EXTENSIÓN

La aldea tiene un área aproximada de 4 km².

3.2.4. RELIEVE:

La topografía de la aldea está constituida aproximadamente por un 80% de terrenos ondulados o localizados en laderas. El porcentajes de pendiente varia de un 4 hasta un 70%.

3.2.5. SUELOS

A. Clasificación por series

Los suelos de la aldea están clasificado dentro de los de la altiplanicie central, desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro.

Según la clasificación de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala, efectuada por Charles Simmons (16), los suelos de la aldea están comprendidos dentro de las series Tecpán y Tolimán, dichos suelos tienen las siguientes características:

a. Suelos Tecpán

Son suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica blanca, porosa y de grano relativamente fino, en un clima frío húmedo seco. Ocupan llanuras de casi planas a onduladas, a elevaciones medianas en la parte Sur Central de Guatemala. Están asociados con los suelos Cauqué, tolimá, y Patzicia, pero son más arenosos, tienen suelos superficiales más profundos y ocupan terreno menos inclinado que estos.

b. Suelos Tolimán:

Están ubicados en un relieve fuertemente ondulado a inclinado, poseen buen drenaje, de color oscuro con textura franco arcillosa.

B. Clasificación por capacidad de uso

Según la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (2) entre los suelos de la aldea se pueden encontrar las siguiente clases agrológicas: I, III y VI, cuyas características son las siguientes:

a. Clase I

Son suelos profundos de textura media, permeable, la pendiente tiene un máximo de 4%, el relieve es plano a ondulado suave, la estructura, es granular en algunos casos puede ser en bloques.

b. Clase III

Suelos poco profundos de textura franco arenosa o arcillosa, permeable, son lentamente permeables o ligeramente permeables, la pendiente es de hasta 12%, el relieve es inclinado fuerte u ondulado fuerte, la estructura es de bloques subangulares.

c. Clase VI

Suelos profundos de textura en forma de estratos compactados desde la superficie o muy gruesa en todo el perfil, impermeable o ligeramente permeables, la pendiente va de 24 a 32%, el relieve va de ondulado fuerte a quebrada con estructuras grandes o pequeñas débilmente desarrolladas.

3.2.6. AGUA

A. Hidrografía

Al oriente de la aldea se encuentran: el río Xayá que sirve de límite entre la aldea y las aldeas de Vista Bella, Xeminajuyú y Paxorotot, el río Mocotoya que nace en la aldea Xenimajuyú y que se une con el río Xayá, el río Blanco que sirve de límite entre la aldea y el municipio de tecpán. Dichos ríos se unen y forman una pequeña laguna cuyas aguas son utilizadas para generar energía que es utilizada para el funcionamiento de la maquinaria del molino Helvetia. Al occidente de la aldea se encuentra el río Paxixil que sirve de límite entre la aldea y las ruinas de Iximché.

3.2.7. CLIMA

A. Clasificación

De acuerdo al sistema de zonas de vida de Holdridge, la aldea se encuentra dentro de la zona de vida Bosque Muy Húmedo montano Bajo Subtropical (bmh-MB) (8)

B. Temperatura

La temperatura media anual es de 16.2°C, siendo su media máxima de 25°C y la media mínima de 7.5°C.(13)

4. OBJETIVOS:

4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la factibilidad técnica y económica de la implementación de un sistema de riego por goteo en la aldea Cruz de Santiago, Tecpán Guatemala, Chimaltenango.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la relación entre los factores agua-suelo-planta de acuerdo a las características del área.

Diseñar un sistema de riego acorde a las condiciones edáficas y topográficas de la aldea Cruz de Santiago.

Determinar la factibilidad financiera y ambiental del proyecto.

5. METODOLOGÍA

5.1. UBICACIÓN DEL ÁREA EN HOJA CARTOGRÁFICA

Se realizó un estudio preliminar para determinar la ubicación exacta del área de influencia del proyecto a través de la hoja cartográfica No. 2060 III 1era edición Tecpán Guatemala, Guatemala.

5.2 CONCEPCIÓN DEL SISTEMA

De acuerdo al estudio técnico realizado, se determinó implementar el sistema de riego por medio de bombeo-goteo. Ya se cuenta con el sistema de bombeo ya que técnicamente es la única manera de enviar el agua hacia la ubicación de las parcelas del proyecto para satisfacer la demanda de operación del sistema.

El sistema esta conformado por tuberías de PVC enterradas a lo largo de toda la línea de conducción hasta llegar a las parcelas dentro de estas se tendrá manguera de goteo para suplir el caudal necesario además de contar en la entrada de cada parcela con un inyector de fertilizante; todas las parcelas dispondrán de agua diaria con una frecuencia de riego de 1 día.

Las obras civiles ya construidas son las de la caseta de bombeo y pozo mecánico así como cajas cubre válvulas.

5.3. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Para la ejecución de este procedimiento se estudió la hoja cartográfica correspondiente, fue necesario un caminamiento por el área de trabajo. Posteriormente mediante el uso del teodolito se obtuvo el perfil del terreno así como las líneas de conducción y distribución para el diseño de tuberías. Después del análisis y cálculo de la libreta de campo se procedió a dibujar en planos a escala los resultados obtenidos.

5.3.1 PERFIL DEL TERRENO

El perfil del terreno indicó la altimetría del terreno y fue de utilidad para presiones y diámetros de tuberías, así como la ubicación del sistema de válvulas.

Se procedió a calcar los resultados en las correspondientes hojas, a través de la intersección del valor de la cota en el eje de las "Y" y la distancia horizontal en el eje "X".

5.3.2 PLANTA DEL TERRENO

A través de la planta del terreno se calcularon los accesorios necesarios para el funcionamiento del sistema tales como codos, tees, taponés, etc.

El cálculo se llevó a cabo mediante el uso de los datos de azimut y distancia horizontal; posteriormente se dibujó en hojas de planta y perfil a una escala adecuada. Fue de utilidad conocer los siguientes datos del levantamiento topográfico:

$$DH = (Hs - Hi) \times 100 \times \text{Sen}^2\alpha$$

Donde:

DH :	Distancia horizontal
Hs :	Hilo superior
Hi :	Hilo inferior
Sen ² α:	Seno cuadrado del ángulo zenital

5.4 ESTUDIO CLIMATOLÓGICO

Entre los datos analizados para zona de estudio se encuentran:

- A. Precipitación (mm)
- B. Temperatura (°C)
- C. Humedad relativa (%)
- D. Velocidad del viento (km/h)

Se determinó mediante la revisión de datos en la estación climática más cercana al área de estudio (estación Balanya a 2080 msnm). Para lo cual se consultaron los archivos del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) cuyos valores medios se verán en los resultados.

5.5 ESTUDIO EDAFOLÓGICO

Para dichos estudios se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

5.5.1. MUESTREO DE SUELOS

Se construyó una calicata de acuerdo al área de estudio y fueron tomadas 2 muestras de suelo según la profundidad de los horizontes; de 0 a 30 y 30 a 60 cm respectivamente. Las muestras fueron identificadas y llevadas al laboratorio de suelo y agua de la FAUSAC para realizar un análisis físico-químico de las mismas.

5.5.2. ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS

El análisis físico fue de importancia para conocer la clase textural de las muestras tomadas, basada en los porcentajes de arena, limo y arcilla.

5.5.3. CONSTANTES DE HUMEDAD

Se procedió al envío de las muestras de suelos al laboratorio de suelo y agua de la FAUSAC, para determinar la densidad aparente así como las respectivas constantes de humedad de capacidad de campo (1/3 de atmósfera) y punto de marchitez permanente (15 atmósferas).

5.6. CULTIVO A REGAR

Se realizó un estudio de campo para determinar el cultivo de diseño del sistema de riego de acuerdo a las características de producción de la zona de estudio. El cultivo considerado fue Arveja China.

5.7. ESTUDIO HIDROLÓGICO

5.7.1. CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA

La disponibilidad de agua se obtuvo a partir de la determinación del caudal del pozo mecánico el cual tiene una profundidad de 720 pies y un diámetro de 8 pulgadas.

Para determinar la calidad del agua se tomó una muestra de agua del pozo, consistente en 1 litro y fue enviada al laboratorio de suelo y agua de la FAUSAC para su análisis, con la finalidad de establecer la calidad que presenta basándose en la clasificación del Manual 60 del USDA. Los aspectos que se tomaron en cuenta para la calidad del agua fueron; pH, conductividad eléctrica y las concentraciones presentes de elementos como calcio, magnesio, sodio, potasio, cobre, zinc, hierro y manganeso.

5.8. DISEÑO DEL SISTEMA

Estuvo determinado por un diseño agronómico e hidráulico, los cuales consideraron los siguientes aspectos.

DISEÑO AGRONÓMICO

Se tomó en cuenta los factores de la relación agua-suelo-planta de acuerdo a las características propias del área del proyecto para diseñar la red de tuberías que permitieran la factibilidad técnica del sistema de riego.

A. DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA O EVAPOTRANSPIRACIÓN

Se determinó el consumo de agua para el cultivo de arveja china. La evapotranspiración del cultivo se definió a través de la siguiente relación:

$$ETP \text{ max} = ETo \times Kc$$

Donde:

ETP max	Evapotranspiración máxima del cultivo (mm/día)
ETo:	Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)
Kc:	Coefficiente de cultivo

Fue necesario la determinación de la evapotranspiración de referencia (ETo) para lo cual se utilizó el método propuesto por Blanney-Criddle modificado por la FAO, el cual considera la temperatura media diaria de cada mes y los datos sobre la duración del día para un solo mes ver cuadro 21 del apendice.

La predicción de la ETo se hizo a partir del factor "f" de Blanney-Criddle para condiciones distintas de humedad relativa mínima, horas de insolación diarias y vientos diurnos (Figura 7).

$$f = P(0.46t + 8.13)$$

Donde:

t:	Temperatura media mensual en °C
P:	Porcentaje de insolación para latitud de 15 grados

Los diferentes valores de Kc utilizados para realizar la curva de coeficiente para arveja china, fueron a partir de tres fases: A) Fase inicial B) Fase de mediados del período C) Fase de finales del período

Las fases de mediados y finales del período se estimaron de acuerdo a los siguientes valores:

	Inicios del período	Mediados del período	Finales del período
Arveja china	0.35	0.70	0.94

Para el trazo de la fase de desarrollo se supuso una línea recta entre el valor de Kc al final de la fase inicial y el principio de la fase de mediados del período.

B. REQUERIMIENTO DE RIEGO

Fue necesario establecer la precipitación efectiva, para lo cual se utilizó el método de Blanney-Criddle que propone una tabla de coeficientes de aprovechamiento de acuerdo a cada pulgada de lluvia observada ver cuadro 22 del apendice.

Después de realizado el cálculo de evapotranspiración se determinó el requerimiento de riego mediante la siguiente expresión:

$$Rr = ETP \text{ max} - P \text{ con requerimiento de riego (meses secos)}$$

Donde:

- Rr: Requerimiento de riego (mm)
 ETP max: Evapotranspiración máxima diaria (mm)
 P: Precipitación efectiva (mm)

C. LÁMINA DE AGUA DISPONIBLE A LA PROFUNDIDAD RADICULAR EFECTIVA DEL CULTIVO - LDZR.

La lámina de agua disponible en el perfil del suelo ocupado por las raíces del cultivo se calcula con la fórmula

NOTA: La profundidad radicular efectiva, zr , empleada en el presente cálculo - corresponde al período de máximo consumo de agua por el cultivo.

$$LDzr \text{ [mm/zr]} = (HCc - HPm) * Pea * zr \text{ [m]} * 10$$

LDzr = Lámina de agua disponible, en mm de agua a la profundidad radicular efectiva, [mm/zr].

HCc = Contenido de humedad, a capacidad de campo a base del peso seco del suelo, [%ws]

HPm = Contenido de humedad, en el punto de marchitez permanente, a base del peso seco del suelo [%ws]

Pea = Peso específico aparente del suelo, [g/cm³]

Pew = Peso específico del agua, [g/cmm³]

zr = Profundidad radicular efectiva del cultivo [m]

D. VOLUMEN DE AGUA DISPONIBLE A LA PROFUNDIDAD RADICULAR EFECTIVA - VDZR.

$$VDzr \text{ [m}^3\text{/Ha/zr]} = [LDzr] * 10$$

VDzr = Volumen de agua disponible, en m³ de agua, a la profundidad radicular efectiva, [m³/Ha/zr].

LDzr = Lámina de agua disponible, en mm de agua, a la profundidad radicular efectiva, [mm/zr]

E. LÁMINA DE AGUA APROVECHABLE A LA PROFUNDIDAD RADICULAR EFECTIVA - LAZR

El máximo porcentaje del agua disponible que el cultivo puede aprovechar sin que disminuya su rendimiento, ha sido presentado en la cuadro 3.

cuadro 3. Máximos porcentajes de agua aprovechable Sugeridos de acuerdo a Eto y al cultivo

TIPO DE CULTIVO	Eto	
	Baja De 2 a 5 [mm / día]	Media a Alta De 6 a 10 [mm / día]
Hortalizas	30 - 40	15 - 25
Frutales	40 - 50	20 - 35
Pastos	50 - 70	30 - 45
Cereales Algodón Oleaginosas Caña de Azúcar Tabaco	60 - 70	40 - 55

A base del porcentaje de agua aprovechable, Pa [%], se calcula la lámina de agua aprovechable, con

$$L_{Azr} \text{ [mm/zr]} = \frac{LD_{zr} \text{ [mm/zr]} * Pa \text{ [%]}}{100}$$

L_{Azr} = Lámina de agua aprovechable en la zona radicular efectiva, [mm/zr].

LD_{zr} = Lámina de agua disponible en la zona radicular efectiva, [mm/zr].

Pa = Máximo porcentaje de agua aprovechable por el cultivo, [%].

F. PORCENTAJE DEL ÁREA BAJO RIEGO – PAR.

El porcentaje del área bajo riego, Par [%], depende del emplazamiento del emisor y del diámetro de cobertura efectivo, d [m] de este.

Para el riego por aspersión

Por definición, Par = 100 %.

Para el riego por goteo:

El espaciamiento entre los goteros se calcula por uno de los métodos (a) por ensayo; (b) por cálculo con la fórmula o (c), con la Tabla de Karmeli y Keller ver el cuadro 24, siempre tomando en cuenta el espaciamiento óptimo entre goteros y laterales de goteo

$$db [m] = \frac{qe [lt / h]}{0.785 * I [mm/h]}^{1/2}$$

- db = Diámetro del bulbo humedecido, [m²].
 qe = Caudal del emisor, [lt/h].
 I = Velocidad de infiltración [mm/h], [lt/m/h].

$$\frac{1}{4} \pi = 0.785$$

Verificación y ajuste del % del área bajo riego.

Sí el valor de Pam [%], o de Parp [%] anteriormente calculado es inferior al mínimo recomendado en la Cuadro 4, o excede al máximo sugerido.

Por este motivo se compara el porcentaje calculado del parea bajo riego, Par, (Parp) con el porcentaje recomendado del área bajo riego

$$\begin{aligned}
 \text{Par} [\%] &\leq \text{MxAR} [\%] \\
 \text{Par} [\%] &\geq \text{MiAR} [\%]
 \end{aligned}$$

- Par = Porcentaje calculado del área bajo riego, [%]
 MxAR = Máximo porcentaje del área bajo riego, [%].
 MiAR = Mínimo porcentaje del área bajo riego, [%].

G. PRECIPITACIÓN HORARIA DEL SISTEMA DE RIEGO -PHR.

Se calcula a base del caudal del emisor, qe [lt/h] y del área efectiva bajo riego con la siguiente fórmula.

$$Phr [mm/h] = \frac{Qe [lt/h] * 100}{de [m] * dl [m] * Par [\%]}$$

- Phr = Precipitación horaria [mm/h] del sistema de riego.
 qe = Caudal del emisor, [lt/h].
 de = Distancia entre emisores contiguos sobre el lateral, [m].
 dl = Distancia entre laterales contiguos, [m].
 par = Porcentaje del área bajo riego, [%].

A continuación es necesario comparar la precipitación horaria, Phr , con la velocidad de infiltración del suelo.

$$Phr [\text{mm/h}] \leq I [\text{mm/h}]$$

Phr = Precipitación horaria efectiva, [mm/h]
 I = Velocidad de Infiltración básica, [mm/h].

En el riego por aspersión y por microaspersión la precipitación horaria del emisor debe ser inferior a la velocidad de infiltración básica del suelo a fin de evitar pérdidas y daños por escurrimiento superficial.

cuadro 4. Porcentaje del área bajo riego recomendado para los diferentes sistemas de riego

SISTEMA DE RIEGO	PORCENTAJE DEL ÁREA BAJO RIEGO de - a
Aspersión	100
Goteo	30 - 70
Microaspersión	50 - 75

H. INTERVALO DE RIEGO – IR.

El intervalo de riego, Ir [días], cuenta los días entre dos riegos sucesivos en la misma posición.

El intervalo de riego depende de la lámina de agua aprovechable $LAZr$ [mm], del porcentaje del área bajo riego, y del consumo diario del cultivo ETc [mm/día].

$$Ir [\text{días}] = \frac{LAZr [\text{mm}] * Par [\%]}{ETc [\text{mm/día}] * 100}$$

Ir = Intervalo de riego, [días].
 $LAZr$ = Lámina de agua aprovechable en la zona radicular efectiva, [mm/ zr].
 Par = Porcentaje del área bajo riego, [%].

a. Intervalo de riego ajustado – Ir (aj)

En caso de que el cálculo del Intervalo de riego Ir [días] resulte en una fracción decimal, será necesario “ajustarlo para abajo”, a fin de obtener un número íntegro de días; el intervalo de riego ajustado, Ir (aj) [días].

I. CICLO DE RIEGO CR:

El ciclo de riego, CR [días], es el número íntegro de días durante el cual se riega una parcela determinada.

Al determinar el ciclo de riego se ha de incluir un factor de seguridad, por alguna falla imprevista en el sistema de bombeo o del sistema de riego; la necesidad de realizar determinadas labores agrícolas o aún, días feriados, pueden posponer el riego. Por lo tanto el ciclo de riego debe ser mas corto que el intervalo de riego. Se considera conveniente planificar el sistema con 1 a 2 días de paro, dp [días], durante cada intervalo de riego.

$$DR \text{ [días]} = Ir \text{ (aj) [días]}$$

CR = ciclo de riego, [días/ciclo]

Ir (aj) = Intevalo de riego ajustado [días]

Dp = días de paro [días]

J. LÁMINA DE RIEGO AJUSTADA – LR (AJ).

A base del Intervalo de riego ajustado, Ir (aj) [días], de Etc [mm/día] y del porcentaje del área bajo riego, Par, se determina la lámina de riego ajustada, LR(aj) con:

$$LR \text{ (aj) [mm]} = \frac{Ir(aj) \text{ [días]} * Etc \text{ [mm/día]} * 100}{Par \text{ [%]}}$$

LR (aj) = Lámina de riego ajustada, [mm]

Ir (aj) = Intervalo de riego ajustado [días]

Etc = Evapotranspiración del cultivo [mm/día].

Par = Porcentaje del área bajo riego, [%]

Es conveniente comparar LR(aj) con la máxima lámina de agua aprovechable, Lazr, la cual ha sido calculada anteriormente.

$$LR \text{ (aj) [mm]} \leq Lazr \text{ [mm]}$$

LR (aj) = Lámina de riego ajustada, [mm]

LDzr = Lámina de agua disponible en la zona radicular efectiva.
[mm/zr]

[mm/zr]

K. PORCENTAJE DE AGUA APROVECHADA AJUSTADO – PA(AJ)

Habiendo ajustado la lámina de riego, es conveniente calcular el porcentaje de agua aprovechada por el cultivo según:

$$Pa (aj) [\%] = \frac{LR (aj) [mm] * 100}{LDzr [mm/zr]}$$

Pa(aj) = Porcentaje de agua aprovechada, ajustado [%]

LR(aj) = Lámina de riego ajustada, [mm]

LDzr = Lámina de agua disponible en la zona radicular efectiva [mm/zr].

El factor 100 convierte el porcentaje a fracción decimal

Se recomienda comparar el resultado con el dato de Pa [%]

$$Pa(aj) [\%] \leq Pa [\%]$$

Pa(aj) = Porcentaje de agua aprovechado, ajustado [%]

Pa = Máximo porcentaje de agua aprovechable por el cultivo, [%]

L. LÁMINA BRUTA – LB

Cada método de riego tiene su eficiencia típica, de acuerdo a la lámina de riego ajustada, LR(aj) [mm] y a la eficiencia del sistema de riego Ef [%] Se determina la lámina de riego bruta, LB [mm] con:

$$LB [mm] = \frac{LR(aj) [mm] * 100}{Ef [\%]}$$

LB = Lámina bruta [mm].

LR(aj) = Lámina de riego ajustada, [mm].

Ef = Eficiencia del sistema de riego, [%].

M. DÓISIS DE RIEGO BRUTA – DB

a. Dóisis de riego bruta por área

Es el volumen de agua a aplicar por unidad de superficie bruta de la parcela, [Ha]

La dóisis bruta, DB [m³/Ha], se calcula a base de la lámina bruta, LB (mm) y del porcentaje del área bajo riego, par [%].

Tomando en cuenta que en algunos sistemas de riego se humedece únicamente una fracción del área del cultivo se aplicará la dosis bruta sobre esta área humedecida. Por lo tanto se multiplica la Lámina bruta por el Porcentaje del área humedecida, Par.

$$DB [m]/HA J = \frac{LB [mm] * Par [%]}{10}$$

DB = Dosis bruta [m³/Ha bruta]

LB = Lámina bruta, [mm] = [lt/m²]

Par = Porcentaje del área bajo riego, [%]

b. Dosis de riego bruta por planta – DBp

Es el volumen de agua por aplicar a cada árbol, en una plantación de frutales regada por microaspersión o goteo.

La dosis bruta por planta DBp [lt/planta] se calcula a base de la lámina bruta, LB [mm], y del área bajo riego, por planta, según:

$$DBp [lt/planta] = \frac{LB [mm] * Dp [m] * Dh [m] * ParP [%]}{1000}$$

DBp = Dosis bruta por planta, [lt/planta]

Lb = Lámina bruta, [mm]

Dp = Distancia entre plantas contiguas sobre la hilera, [m]

Dh = Distancia entre hileras contiguas, [m]

ParP = Porcentaje del área bajo riego, por planta, [%]

N. HORAS DE RIEGO POR TURNO - HT.

Es el tiempo requerido, en horas, para aplicar, por medio del emisor seleccionado, la lámina bruta, LB, (mm), y depende de la precipitación horaria, PHr [mm/h]. Se calcula con:

$$Ht [h/turno] = \frac{LB [mm]}{Phr [mm/h]}$$

Ht = Horas de riego por turno, [horas/turno]

LB = Lámina bruta [mm]

Phr = Precipitación horaria del sistema de riego,

O. MÁXIMO NÚMERO DE HORAS DE RIEGO DIARIAS-HM

Es el máximo número de horas durante las cuales es posible operar el sistema de riego diariamente – y el cual depende de:

- Las horas de funcionamiento del equipo de bombeo
- Las horas disponibles de la fuente de agua para el riego.
- Las condiciones de viento (que limita al riego por aspersión)
- La disponibilidad de mano de obra

P. MÁXIMO NÚMERO DE TURNOS DE RIEGO DIARIOS –TD

Es el número íntegro de turnos de riego que es posible realizar durante un día. Se obtiene “redondeando para abajo” el cociente de las horas requeridas por turno de riego, HT y el máximo número durante las cuales es posible operar el sistema de riego, por día.

$$Td [\text{Turnos/día}] = \text{INTEGRO} \frac{Hm [\text{h/día}]}{Ht [\text{h/turno}]}$$

Td = Turnos por día, [turnos/día]

Hm = Horas de riego, máximas diarias [horas/día]

Ht = Horas de riego por turno, [horas/turno]

Si el número de turnos de riego por día calculado anteriormente fuese inferior a la unidad, es decir, a un turno por día – será necesario revisar los datos a base de los cuales se determina el régimen de riego de tal manera que se haga posible abastecer el volumen requerido de agua en el tiempo disponible.

Q. HORAS DE RIEGO POR DÍA – HD

El total de horas de riego por día, HD, se calcula con la siguiente formula

$$Hd [\text{h/día}] = Td [\text{turno / día}] * Ht [\text{h/turno}]$$

Hd = horas de riego diarias; [horas/día]

Td = Turnos por día, [turnos/día]

Ht = Horas de riego por turno, [horas/turno]

R. HORAS DE RIEGO POR CICLO – HC

Es el número de horas de operación del sistema de riego durante el ciclo de riego y se calcula según:

$$Hc \text{ [h/ciclo]} = CR \text{ [días/ciclo]} * Hd \text{ [h/día]}$$

Hc = Horas de riego por ciclo [horas/ciclo]

CR = Ciclo de riego [días/ciclo]

Hd = Horas de riego diarias [horas/día]

S. NÚMERO DE TURNOS POR CICLO – TC.

Es el número de veces que es necesario poner en operación al sistema de riego para cubrir el área de riego, y se lo calcula con:

$$Tc \text{ [turnos/ciclo]} = CR \text{ [días/ciclo]} * Td \text{ [turnos/día]}$$

Tc = Turnos de riego por ciclo, [turnos/ciclo]

CR = Ciclo de riego, [días/ciclo]

Td = Turnos por día, [turnos/días]

T. SUPERFICIE BAJO RIEGO POR TURNO – ST.

Se obtiene dividiendo el área neta bajo riego en la parcela, Sr Entre el número de turnos, Tc

$$St \text{ [Ha/turno]} = \frac{Sr \text{ [Ha/ciclo]}}{Tc \text{ [turnos/ciclo]}}$$

St = Superficie bajo riego por turno, [ha turno, [ha turno]

Sr = Superficie total de riego por ciclo, [Ha/ciclo]

Tc = turnos de riego por ciclo [turnos/ciclo]

U. DÓSIS DE RIEGO BRUTA POR TURNO – DBT.

Es el volumen de agua de riego por aplicar en un turno.

$$DBt \text{ [m3/turno]} = St \text{ [Ha/turno]} * DB \text{ [m3/Ha]}$$

DBt = Dosis bruta por turno, [m3/turno]

St = Superficie por turno de riego, [Ha/turno]

DB = Dosis bruta [m3/Ha]

V. CAUDAL REQUERIDO – QR.

Q_r [m³/h] es el caudal requerido para el riego de la parcela.

$$Q_r \text{ [m}^3\text{/h]} = \frac{\text{DBt [m}^3\text{/turno]}}{\text{Ht [h/turno]}}$$

Q_r = Caudal requerido, [m³/hora]

DBt = Dosis bruta por turno, [m³/turno]

Ht = Horas de riego por turno, [horas/turno]

W. DESCARGA DISPONIBLE EN EL SISTEMA DE RIEGO . – QS.

Dado el caso de que se pretenda modificar un sistema de bombeo en pie, para adaptarlo al método de riego deseado, se hace necesario comparar Q_s [m³/h], la descarga disponible en la bomba, con el caudal requerido para el riego de la parcela, Q_r , [m³/h], por el nuevo método de riego

$$Q_r \text{ [m}^3\text{/h]} \leq Q_s \text{ [m}^3\text{/h]}$$

Q_r = Caudal requerido [m³/hora]

Q_s = Descarga disponible en el sistema de riego [m³/h]

Si el caudal requerido, Q_r , excede a la descarga disponible en el sistema de riego – será necesario corregir los datos a base de los cuales se determina el régimen de riego, de tal manera que se haga posible abastecer el volumen requerido de agua en el tiempo disponible.

Por supuesto que la bomba a de ser capaz de entregar el agua a la presión requerida por el sistema de riego.

X. NÚMERO DE EMISORES POR TURNO – EMT.

El número de emisores por turno se calcula en base de la descarga del sistema de riego, Q_r [m³/h] y de la descarga del emisor, q_e [lt/h]. Es un dato que se utiliza para el diseño de los laterales de riego.

$$\text{Emt [e/turno]} = \frac{Q_r \text{ [m}^3\text{/h]} * 1000}{Q_e \text{ [lt/h]}}$$

Emt = Emisores por turno de riego, [e/turno]

Q_r = Caudal requerido [m³/hora]

Q_e = Caudal del emisor, [lt/h]

El factor 1000 corrige las unidades del volumen.

Y. VOLUMEN BRUTO POR CICLO DE RIEGO – VBC.

Es el volúmen total de agua requerido para satisfacer las necesidades del cultivo durante la época de mayor demanda de agua por el cultivo – y durante un ciclo de riego

$$VBC \text{ [m}^3\text{/ciclo]} = DBt \text{ [m}^3\text{/turno]} * Tc \text{ [turnos/ciclo]}$$

VBC = Volúmen bruto por ciclo [m³/ciclo]

DBt = Dosis bruta por turno, [m³ /turno]

Tc = Turnos de riego por ciclo, [turnos/ciclo]

Z. CAUDAL ESPECÍFICO – QE

El caudal específico, Qe [m³/h/Ha] se obtiene dividiendo el caudal requerido, Qr [m³/h] entre el área total bruta, A [Ha] de la parcela.

Este dato no tiene aplicación directa en la determinación del régimen de riego, empero es un dato “promedio” utilizado por algunas instituciones responsables por la distribución del agua en proyectos regionales, etc. y tiene su origen en un sistema de distribución de agua el cual obliga al agricultor a aprovechar el máximo caudal durante el corto tiempo de entrega del agua a su predio.

Por lo tanto este dato siempre ha de ir acompañado por el dato referente al número de horas requerido para regar la parcela, ya que los sistemas de riego a presión utilizan caudales específicos reducidos, durante períodos relativamente prolongados

$$Qe \text{ [m}^3\text{/h]} = \frac{Qr \text{ [m}^3\text{/h]}}{A \text{ [Ha]}}$$

Qe = Caudal específico [m³/hora]

Qr = Caudal requerido [m³/hora]

A = Area bruta total de la parcela [Ha]

5.9.DISEÑO HIDRAULICO

Para este diseño se consideraron todos aquellos aspectos relacionados con la conducción y distribución de agua a través de tuberías a presión, como se observa a continuación:

A TUBERÍA LATERAL

Tabla de la máxima longitud del lateral de la manguera de goteo - SUPER COMPACT 16/2 (0.65)

HO (m)	S (%)	Spacing (cm)								
		20	30	40	50	60	75	100	125	150
10	-3	90	125	130	75	68	65	63	63	63
	-2	84	115	144	173	199	196	108	100	98
	-1	77	104	129	152	175	206	257	305	351
	0	69	91	110	127	143	165	198	229	257
	1	58	72	83	92	99	107	118	126	132
	2	49	57	62	66	68	71	76	78	78
	3	40	45	47	50	51	52	53	54	54
14	-3	84	116	146	174	196	145	97	93	90
	-2	79	108	135	161	185	220	276	280	170
	-1	74	100	123	145	165	195	241	285	327
	0	69	90	109	126	142	164	197	228	257
	1	61	78	91	102	111	123	139	151	161
	2	54	66	74	80	85	90	96	100	104
	3	48	56	60	64	65	68	70	71	72
18	-3	81	110	138	165	190	227	237	136	125
	-2	77	104	130	154	176	209	261	310	359
	-1	72	97	119	140	160	188	232	274	314
	0	69	90	109	127	142	164	198	229	257
	1	63	80	94	107	117	131	150	165	179
	2	57	71	80	89	95	103	114	120	125
	3	52	62	68	75	78	83	87	90	92
20	-3	79	108	136	161	186	221	278	245	150
	-2	76	103	127	151	173	205	255	304	350
	-1	72	96	118	139	158	185	228	269	308
	0	68	90	109	126	142	164	197	228	255
	1	63	81	96	109	119	134	155	171	186
	2	58	72	83	92	99	108	119	128	134
	3	53	64	72	78	82	87	93	96	101

a LONGITUD DEL LATERAL

Las tuberías laterales fueron diseñadas de acuerdo al catalogo del fabricante el cual especifica las longitudes máximas a diferentes presiones tal y como aparece en la siguiente tabla:

b GOTEROS POR LATERAL

El número de aspersores que se instalaron en cada lateral fue variable y estuvo influenciado directamente por la longitud del mismo, se utilizó para el cálculo la siguiente relación;

$$\text{Gotos por lateral} = \text{Longitud del lateral} / \text{espaciamiento entre goteros}$$

c DIÁMETRO DEL LATERAL

El diámetro externo del lateral recomendado es de 16 mm. el espesor de pared es de 0.65 mm y el diámetro interno es de 14.7 mm.

Las cargas por fricción se determinaron mediante el uso de la ecuación de Hazen-Williams:

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

Donde:

H _f :	Pérdidas de carga por fricción (m).
Q:	Caudal del sistema (m ³ /h)
C:	Coefficiente de rozamiento según material de tubería
	“C” PVC: 150
	“C” HG: 130
	“C” Aluminio: 120
D:	Diámetro de la tubería (mm)
L:	Longitud de la tubería (m)

Además se tomó en cuenta que la tubería lateral tiene salidas (en cada aspersor), entonces la H_f se multiplicó por el factor “F” obtenido de la ecuación de Chrystiansen:

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2n} + \frac{\sqrt{(m-1)}}{6n^2}$$

Donde:

m:	Velocidad media de flujo
n:	Número de salidas (número de goteros)

De acuerdo a eso, las pérdidas por fricción para tubería con salidas múltiples (laterales) se calculó de la siguiente forma:

$$h_f = H_f \times F$$

Se realizaron tanteos para determinar pérdidas por fricción con diversos diámetros de tubería y se seleccionó aquella tubería que presentó pérdidas por fricción menores que las permisibles en el lateral.

B. CARGA EN LA ENTRADA DE LA PARCELA

Se estimó la presión necesaria en cada una de las parcelas del proyecto de la forma siguiente:

$$HE = h_o + 0.2 h_o + h_f + h_e + h_m + h_t$$

Donde:

HE:	Carga en la entrada de la parcela (m)
h _o :	Presión de operación del gotero (m)
h _f :	Pérdidas por fricción en tuberías (m)
h _e :	Altura del elevador (m)
h _m :	Pérdidas por fricción menores (10% de h _f)
h _t :	Diferencia de altura topográfica (m)

En el cuadro 17 puede observarse los resultados obtenidos para calcular la carga en la entrada de las diferentes parcelas considerando una presión de operación del gotero de 15 PSI, la sumatoria de pérdidas por fricción en la tubería principal y lateral, así mismo se consideró la diferencia topográfica en la entrada de la parcela en relación a la posición del gotero crítico en cada parcela.

C. CAUDAL DE LA RED DE TUBERÍAS

Para el diseño del caudal de la red de tuberías se consideró inicialmente el número máximo de goteros operando por cada parcela; se calculó el caudal de agua a conducir en cada una de las tuberías a partir del caudal unitario del gotero 1.8 litros /hora.

Se partió en forma progresiva desde el lateral pasando por la secundaria, y finalmente la tubería principal.

D. TUBERÍA PRINCIPAL

Para la tubería principal se calculó el caudal que conduce cada una de las tuberías correspondientes a los diferentes tramos, de acuerdo con eso y las pérdidas de carga por fricción (ecuación de Hazen-Williams) determinándose las pérdidas en la tubería establecida.

En los tramos de tubería principal y secundaria se determinaron las presiones mediante la ecuación de Hazen-Williams a través de una hoja electrónica que se presenta en el cuadro 15 (resultados de los parámetros de selección del diámetro de tubería de conducción y distribución utilizando la ecuación de Hazen-Williams).

La presión que la tubería deberá soportar fue calculada de acuerdo a las características de la planta-perfil, de la siguiente forma:

$$P_t = CHD/0.704$$

Donde:

Pt:	Presión del tramo (psi)
CHD:	Carga de presión disponible (m)
0.704:	Constante para convertir de m a psi

La presión nominal de la tubería debe ser mayor a la presión estática del tramo que se obtuvo a través del cálculo anterior para evitar ruptura de tubería por sobrepresiones y en todos los tramos se considera un margen de seguridad.

SISTEMA DE BOMBEO

Debido a la diferencia de altura que existe entre el punto donde se captará el agua del río y la ubicación del tanque de distribución es necesario contar con una fuente de bombeo, la cual se definió a través de:

$$\text{HP bomba} = \frac{\text{CDT} \times \text{Q}}{76 \times n}$$

Donde:

HP:	Caballos de fuerza necesarios para operar la bomba
CDT:	Carga dinámica total (metros)
Q:	Caudal del sistema (lps)
n:	Eficiencia de la bomba (decimal)

Después de realizado ese cálculo, se buscó en una casa comercial una bomba que cumpliera con esas características de funcionamiento de acuerdo al requerimiento agronómico e hidráulico del área de diseño.

SISTEMA DE VÁLVULAS

Las válvulas a utilizar son las de limpieza o drenaje y las de aire, se seleccionaron de acuerdo al perfil longitudinal del terreno calcado en planos, el cual indicó los lugares donde podían colocarse tomando el criterio de que las primeras se colocaron en los puntos bajos y las segundas en los puntos altos o picos elevados que presentó el perfil del terreno.

OBRAS CÍVILES

Ya se encuentra implementada la infraestructura civiles las cuales consisten en un caseta de bombeo y cubre valvulas.

5.10. ANÁLISIS DE MERCADO

El análisis de mercado tomó en cuenta aspectos de importancia como: A) Mercados potenciales existentes y B) Canales de distribución y/o comercialización.

5.11. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

5.11.1. COSTOS

A. COSTOS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Se estimó el costo de producción por ciclo por hectárea para el cultivo a establecer bajo riego se tomó en cuenta:

- a. Costos directos (tierra, mano de obra, insumos, etc.)
- b. Costos indirectos (administrativos)

B. COSTOS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Se determinó el monto de la inversión total para la implementación del proyecto, tomando en cuenta, costo de inversión (tuberías y accesorios dentro de las parcelas) costo de administración, de operación y mantenimiento.

C. COSTOS FINANCIEROS

a. ESTIMACIÓN DE COSTOS, INGRESOS Y BENEFICIOS AGRÍCOLAS CON PROYECTO VERSUS SIN PROYECTO

Se realizó una comparación de la situación con proyecto y sin proyecto de los cultivos de la zona de estudio, tomando en cuenta para cada una de las situaciones;

i)Cosechas al año, ii)Precio del producto, iii)Área cultivada (ha), iv)Producción por área (quintales, unidades o redes por hectárea), v)Producción anual, vi)Ingreso bruto (Q), vii)Costos por hectárea (Q), viii)Costos totales (Q), ix)Ingreso neto (Q).

b. ESTIMACIÓN DE SERVICIOS DE LA DEUDA

Para calcular la amortización de capital e intereses se elaboró un cuadro donde se presentó la forma de pago a través de la vida útil del proyecto. Previamente fue necesario definir:

- i. Vida útil del proyecto (20 años)
- ii. Años de gracia para iniciar la deuda (2)

iii. Porcentaje de interés (10.5%)

c. FLUJO DE FONDOS

Se realizó un flujo de fondos el cual representa los beneficios netos del proyecto. Los beneficios brutos resultaron de la diferencia entre los beneficios netos agrícolas con el proyecto y los beneficios agrícolas sin proyecto.

Los costos totales comprendieron los costos de inversión con operación y mantenimiento, servicios de deuda y costo de diseño.

EVALUACIÓN FINANCIERA

A. VALOR ACTUAL NETO

Se refiere al valor que tienen hoy los ingresos futuros de un proyecto, a la tasa de oportunidades del capital, en un período determinado de años.

El cálculo de VAN se determinó mediante:

$$\text{VAN} = Td \times \text{Beneficio neto}$$

Donde:

VAN: Valor actual neto (Q)

Td : Tasa de descuento (%)

B. RELACIÓN BENEFICIO COSTO

Indica la relación que existe entre los beneficios brutos del proyecto y los costos totales del proyecto actualizando al costo de oportunidad del capital en un período de años determinado y se calculó mediante:

$$\text{Relación b/c} = \frac{\text{Beneficios brutos actualizados}}{\text{Costos totales actualizados}}$$

C. TASA INTERNA DE RETORNO

La TIR es la tasa de actualización que iguala a cero el beneficio neto incremental o flujo de caja del proyecto, o lo que equivale a decir que iguala el valor actual de los beneficios incrementales al valor actual de los costos incrementales y se determinó mediante:

$$\text{TIR} = \text{TAI} + \text{AT} [\text{VAN TI} / (\Sigma \text{VAN TI} + \Sigma \text{VAN TS})]$$

Donde:

TIR:	Tasa interna de retorno (%)
TAI:	Tasa de actualización inferior (%)
AT:	Diferencia entre dos tasas (%)
VAN TI	Valor actual neto de la tasa inferior (Q)
VAN TS	Valor actual neto de la tasa superior (Q)

D. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Se realizó para observar el comportamiento de los indicadores de evaluación al introducir variaciones en los costos y beneficios, en los casos de no tener seguridad de que el proyecto sea rentable a largo plazo, es decir indicó la factibilidad del proyecto.

A los indicadores evaluativos considerados en el proyecto se aplicó un incremento del 10% en costos totales y en otro caso un decremento del 10% en los beneficios.

5.12. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

Se realizó un estudio para conocer el estado socioeconómico de las diferentes personas que forman parte de la aldea Cruz de Santiago, para tal fin se realizó una entrevista con las personas a ser beneficiadas y se utilizó una boleta (cuadro 23) que tomó en cuenta los siguientes elementos: ingreso mensual familiar, área de terreno, cultivos, servicios, migraciones, fuentes de empleo, etc.

5.13. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Fue considerado el impacto ambiental positivo y negativo así como las medidas de mitigación para mantener un equilibrio ambiental en tres zonas fundamentales: en la fuente de agua, en la conducción de tubería y dentro del área de riego. A través de un caminamiento por toda el área que conlleva la ejecución del proyecto y mediante un análisis se determinó la influencia parcial y/o total de componentes como: cobertura vegetal, suelo, agua, producción de basura, etc.

Así mismo se realizó un análisis de varios elementos ambientales mediante la matriz de Leopold, la cual es utilizada por PLAMAR (Plan de acción para la modernización y fomento de la agricultura bajo riego) en la formulación de sus proyectos de riego. Esta matriz asigna puntuación a diferentes características y condiciones del medio ambiente como se observa a continuación:

A. Variación de la calidad ambiental:

Positivo	0
Negativo	1

B. Intensidad (grado de destrucción):

Total	3
Notable	2
Media	1
Mínimo	0

C. Extensión (alcance):

Ubicación crítica	4
Total	3
Extremo	2
Parcial	1
Puntual	0

D. Momento en que se manifiesta:

Inmediato	0
Latente	
Corto plazo	1
Mediano plazo	2
Largo plazo	3
Momento crítico	4

E. Persistencia:

Temporalidad	
Fugaz	0
Temporal	1
Pertinaz	2
Permanente	3

F. Capacidad de recuperación:

Irrecuperable	4
Irreversible	3
Reversible	2
Mitigable	1
Recuperable	0

G. Interrelación de acciones y/o efectos:

Simple	0
Acumulativo	1
Sinérgico	2

H. Periodicidad:

Continuo	3
Discontinuo	1
Periódico	2
Aparición irregular	3

I. Necesidad de aplicación de medidas correctivas:

Crítico	2
Severo	1
Moderado	0

5.14. ORGANIZACIÓN DE LOS USUARIOS DE RIEGO

Se encuentra organizada una "Asociación de usuarios de la unidad de riego de Cruz de Santiago", por el diseñador del proyecto original por lo que se establecerán las normas para la operación y mantenimiento del sistema de riego así como el reglamento que regirá el sistema.

5.15. VIABILIDAD LEGAL DEL PROYECTO

Los aspectos legales que se consideraron en el proyecto fueron;

A. Derechos sobre el Pozo

Es necesario tener documentos donde la municipalidad autoriza el uso de la fuente de agua para ser utilizada para riego.

B. Documento de propiedad de los terrenos

Los beneficiarios poseen una copia de propiedad legal de los terrenos que van a ser regados.

C. Derechos de construcción de obras civiles

Ya se tiene autorizado todos los derechos de paso con todos los propietarios del terreno y donde se encuentra la caseta de bombeo y el pozo mecánico.

D. Derechos de paso

Están en manos de aquellas personas por donde pasa la línea topográfica y por lo tanto la tubería de conducción.

6. RESULTADOS

6.1. UBICACIÓN DEL ÁREA EN HOJA CARTOGRÁFICA

A través de la hoja cartográfica “Tecpán Guatemala, Guatemala” número 2060 III (ver figura 3) se ubicó la aldea Cruz de Santiago lo que permite tener una idea más clara del lugar del proyecto.

Figura 3. Hoja Cartografica Tecpán Guatemala (ubicación aldea Cruz de Santiago).



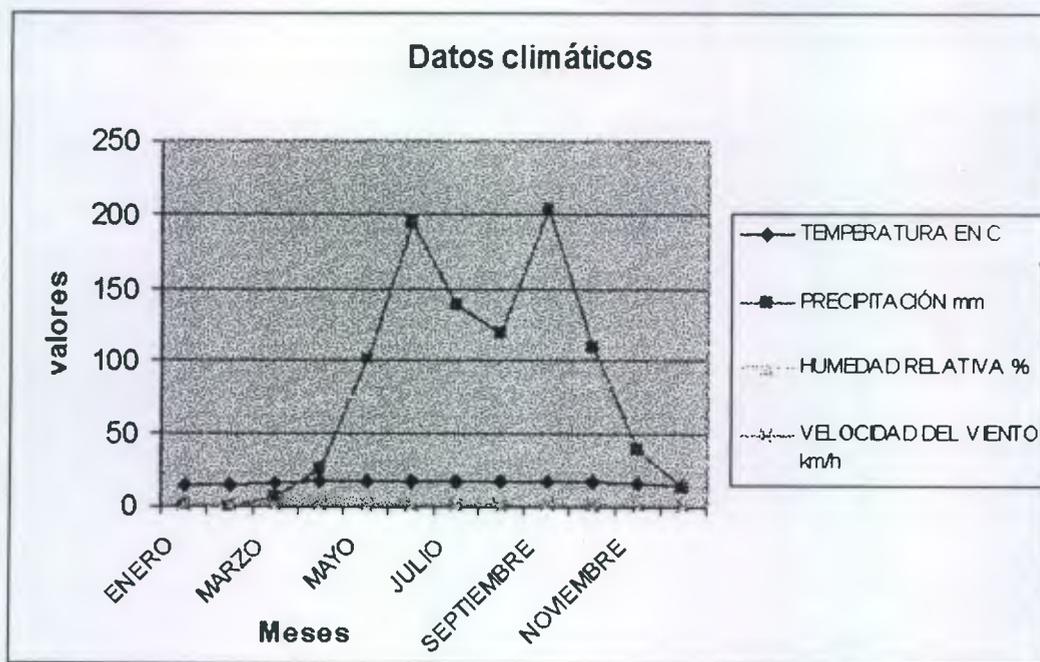
6.2. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Desde la fuente de agua, el sistema de bombeo (cota 1000.29) se presenta una diferencia de nivel negativa hacia todas las parcelas a regar. Por lo que para conducir el agua hacia todas las parcelas necesita de un bombeo constante según se ve en los planos adjuntos en el apéndice.

6.3. ESTUDIO CLIMATOLÓGICO

El área de la aldea Cruz de Santiago carece de una estación meteorológica motivo por el cual fue necesario recurrir a la estación más próxima, localizada en Tecpán y es la estación Balanya pues presenta condiciones similares al área de estudio donde se desea implementar el proyecto.

Figura 4. Datos climáticos de la aldea Cruz de Santiago



6.4. ESTUDIO EDAFOLÓGICO

Los estudios edafológicos realizados presentaron los siguientes resultados.

MUESTREO DE SUELOS

Basado en la homogeneidad de los terrenos se determino un punto representativo del área potencial de riego de la aldea Cruz de Santiago.

De acuerdo al perfil del suelo se obtuvieron dos muestras en la calicata, de 0 a 30 cm y de 30 a 60 cm., con un total de dos muestras. Las muestras fueron enviadas y analizadas en el laboratorio de suelo y agua de la FAUSAC.

ANÁLISIS FÍSICO DE SUELO

Las características físicas del suelo fueron de importancia para determinar algunos aspectos del diseño del sistema de riego. Los resultados del análisis realizado en el laboratorio de la FAUSAC se presentan a continuación, en el cuadro 5.

cuadro 5. Resultados del análisis físico de suelos de la aldea Chilibe

MUESTRA	PROFUNDIDAD Cm	% ARCILLA	% LIMO	% ARENA	CLASE TEXTURAL
Cruz 1	0-30	14.11	21	64.89	Franco arenoso
Cruz 2	30-60	14.11	21	64.89	Franco arenoso

De acuerdo a los resultados del cuadro 5 se observa que la clase de textura predominante es franco-arenosa, la cual predomina en el área de estudio. Los porcentajes de las partículas del suelo franco-arenoso presentan valores casi similares, por lo que puede decirse que los suelos son homogéneos en cuanto a características físicas. Este tipo de textura esta relacionada con un buen a moderado drenaje.

CONSTANTES DE HUMEDAD

Las muestras presentan constantes de humedad variables que se dan a conocer en el cuadro 6 después del análisis de laboratorio realizado.

cuadro 6. Resultados de las constantes de humedad para los suelos de la aldea cruz de santiago

MUESTRA	PROFUNDIDAD Cm	DENSIDAD APARENTE gr/cc	CONSTANTES DE HUMEDAD	
			Capacidad de Campo (%)	Pto Marchitéz Permanente(%)
CRUZ 1	0-30	1.1111	33.49	16.71
CRUZ 2	30-60	1.0256	34.08	18.52

Las constantes de humedad presentan diferentes valores en las muestras estudiadas, por lo que puede decirse que estos suelos retienen con facilidad el agua debido a la elevada cantidad de materia orgánica que poseen, aunque se trate de suelo donde predomina la clase textural franco-arenosa.

Así mismo, puede observarse que la densidad aparente para suelos franco-arenosos se encuentra adecuado a los valores comunes para esa clase textural, lo cual se encuentra influenciado de igual forma por la cantidad de materia orgánica de los suelos.

6.5. CULTIVOS A REGAR

El cultivo a regar es la Arveja China (*Pisum sativum*) el cubre el 90% del área de influencia del riego por lo que el diseño se basara en las necesidades de este cultivo.

6.6. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El agua del pozo mecánico presentó los siguientes resultados después del respectivo análisis de laboratorio.

CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA

De acuerdo con las lecturas que se realizaron en el aforo del pozo y de la bomba se tiene un caudal de 385 GPM.

Así mismo se tomó una muestra de agua del pozo mecánico, la cual fue analizada en el laboratorio de suelo y agua de la FAUSAC; los resultados se presentan a continuación en el cuadro 7.

cuadro 7. Resultados del análisis de agua del pozo mecánico

MUESTRA	pH	Us/cm* CE	Meq/litro				PPM			
			Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn
CRUZ	7	159	0.87	0.64	0.37	0.009	0.0	2.20	0.00	0.00

* Micromhos/cm

Después de analizar los resultados anteriores y basados en el diagrama de clasificación de las aguas para riego del manual 60 del USDA se obtuvo una conductividad eléctrica de 159 micromhos/cm y una RAS de 0.7 meq/litro, y se llegó a determinar que el agua del pozo mecanico es de clase C1-S1, lo cual indica que es de buena calidad para riego ya que posee una cantidad baja en sales y sodio.

De acuerdo al análisis anterior no existe ninguna limitante para que el agua del pozo mecanico de la aldea cruz de Santiago pueda ser utilizada para fines de riego.

6.7. DISEÑO DEL SISTEMA

De acuerdo a las diferentes características del proyecto, el diseño agronómico e hidráulico fue:

DISEÑO AGRONÓMICO

Se definió de acuerdo a la relación entre los factores agua-suelo-planta-clima.

A. DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA O EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración del cultivo (ETM) se determinó para la Arveja China, cultivo que presenta el mayor potencial de siembra dentro del área de la aldea Cruz de Santiago, por lo que a continuación se presentan los resultados que se obtuvieron después del respectivo análisis, basado en el método de Blanney-Criddle modificado por la FAO.

Fue necesario calcular la evapotranspiración de referencia la cual se presenta en el cuadro 8.

cuadro 8. Determinación de la evapotranspiración de referencia (ETo)

MES	T° MEDIA	P	P (0.46t + 8.13)	ETo. (mm/día)	ETo. (mm/mes)
ENERO	15.04	0.26	3.91	2.71	84.01
FEBRERO	15.42	0.26	3.96	2.73	76.44
MARZO	16.73	0.27	4.27	3.46	107.26
ABRIL	17.79	0.28	4.57	3.87	116.10
MAYO	18.02	0.29	4.76	3.92	121.52
JUNIO	17.72	0.29	4.72	3.37	101.10
JULIO	17.45	0.29	4.69	3.54	109.74
AGOSTO	17.53	0.28	4.53	3.50	108.50
SEPTIEMBRE	17.4	0.28	4.52	2.39	71.70
OCTUBRE	17.06	0.27	4.31	2.34	72.54
NOVIEMBRE	15.8	0.26	4.00	1.71	51.30
DICIEMBRE	15.35	0.25	3.80	0.99	30.69

En la siguiente figura observamos los coeficientes de Kc de acuerdo a las diferentes etapas fenológicas del cultivo

Figura 5. Coeficientes de Kc de acuerdo a las diferentes etapas fenológicas del cultivo



cuadro 9 Determinación de la evapotranspiración del cultivo de la arveja china

MES	ETo. (mm/mes)	ARVEJA CHINA		
		Kc	ETM (mm/día)	ETM (mm/mes)
ENERO	84.01	0.40	1.084	33.604
FEBRERO	76.44	0.70	1.911	53.508
MARZO	107.26	1.10	3.806	117.986
ABRIL	116.10	0.94	3.64	109.134

De acuerdo a los datos presentados anteriormente se observa que la mayor demanda se produce en el mes de abril donde la evapotranspiración alcanza un promedio de 3.80 mm diarios para el cultivo de la Arveja China.

B. REQUERIMIENTO DE AGUA

Para el cálculo del requerimiento de riego fue necesario primero establecer la precipitación efectiva para la región en estudio, para lo cual se utilizó el método de Blanney-Criddle que se presenta en el cuadro 9.

En base a los datos del cuadro 9 se estableció el requerimiento de riego con fines de operación, para cada uno de los cultivos regables en el área de diseño; los datos obtenidos se presentan en el cuadro 10.

cuadro 10. Requerimiento de riego para los cultivos regables de la región

MES	PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)	ARVEJA CHINA		
		ETM (mm/mes)	REQ (mm/mes)	REQ (mm/día)
ENERO	1.83	33.604	31.774	1.02
FEBRERO	0.30	53.508	53.208	1.90
MARZO	7.10	117.986	110.886	3.58
ABRIL	24.72	109.134	84.414	2.81

C. LAMINA DE AGUA DISPONIBLE A LA PROFUNDIDAD RADICULAR EFECTIVA DEL CULTIVO.

La lámina de agua disponible en el perfil del suelo ocupado por las raíces del cultivo y después de haberse analizado las muestras de suelo es de 149.15 milímetros.

D. VOLUMEN DE AGUA DISPONIBLE A LA PROFUNDIDAD RADILCULAR EFECTIVA.

El volumen es de 1491.54 metros cúbicos por hectárea a la profundidad radicular efectiva.

E. LAMINA DE AGUA APROVECHABLE.

El máximo porcentaje de agua disponible que el cultivo puede aprovechar sin que disminuya su rendimiento es de 4 mm.

F. PORCENTAJE DE AGUA BAJO RIEGO.

El porcentaje de agua para riego calculado es de 40% según la descarga del gotero de 1.8 lt/h, la textura franco arenoso y el espaciamiento entre goteros de 0.33 m.

G. PRECIPITACION HORARIA DEL SISTEMA DE RIEGO.

Según el caudal del gotero y el área efectiva de riego es de 14 mm/h.

H. INTERVALO DE RIEGO.

El intervalo de días entre dos riegos consecutivos es de 1 día.

I. CICLO DE RIEGO.

En 1 día se riegan las 8.12 hectáreas que constituyen el área de riego.

J. LAMINA DE RIEGO AJUSTADA.

Este resultado dependió de la evapotranspiración y del porcentaje del área bajo riego y dio una lamina de 9.54 mm.

K. PORCENTAJE DE AGUA APROVECHADA.

Habiendo ajustado la lámina de riego es conveniente calcular el porcentaje de agua aprovechada por el cultivo lo cual nos da un porcentaje de 6.39%.

L. LAMINA BRUTA.

De acuerdo a la lamina de riego ajustada y la eficiencia del sistema de riego se determinó la lámina bruta la cual es de 10.60 mm.

M. DOSIS DE RIEGO BRUTA POR AREA.

42.39 metros cúbicos por hectárea es el volumen de agua a aplicar.

N. HORAS DE RIEGO POR TURNO.

El tiempo requerido para aplicar la lamina bruta por el emisor es de 0.78 horas

O. MÁXIMO NUMERO DE HORAS DE RIEGO DIARIAS.

Debido al tiempo de operación de la bomba y el nivel dinámico del pozo las horas máximas de riego son de 7 horas.

P. MAXIMO NUMERO DE TURNOS DE RIEGO DIARIOS.

Durante el día se podrán hacer 9 turnos de riego.

Q. HORAS DE RIEGO POR DÍA.

En total el número de horas de riego por día es de 6.9 horas.

R. HORAS DE RIEGO POR CICLO.

Durante el ciclo de riego 6.9 horas serán necesarias para cubrir en forma total el área a regar.

S. NUMERO DE TURNOS POR CICLO.

El número de veces que es necesario poner en operación al sistema de riego para cubrir el área de riego es de 9 turnos.

T. SUPERFICIE BAJO RIEGO POR TURNO.

El área a regar es de 0.90 Ha (8.08 cuerdas).

U. DOSIS DE RIEGO BRUTA POR TURNO.

El volumen de agua que se aplicara por turno es de 38 metros cúbicos.

V. CAUDAL REQUERIDO.

El caudal requerido para el riego de la parcela es de 49 metros cúbicos por hora.

W. DESCARGA DISPONIBLE EN EL SISTEMA DE RIEGO.

El caudal requerido por hora es de 49 metros cúbicos el cual es menor que la descarga que tenemos pues este es de 87.5 metros cúbicos, de tal manera que si se hace disponible abastecer el volumen requerido de agua en el tiempo disponible.

X. NUMERO DE EMISORES POR TURNO.

Según la descarga del sistema de riego y la descarga del emisor tenemos que 27,340 emisores operaran por turno.

Y. VOLUMEN BRUTO POR CICLO DE RIEGO.

El volumen total requerido para satisfacer las necesidades del cultivo durante la época de mayor demanda de agua por el cultivo es de 344 metros cúbicos por ciclo.

Z. CAUDAL ESPECÍFICO.

Es un dato "promedio" utilizado por algunas instituciones responsables por la distribución del agua en proyectos regionales, etc. y tiene su origen en un sistema de distribución de agua el cual obliga al agricultor a aprovechar el máximo caudal durante el corto tiempo de entrega del agua a su predio.

El caudal específico para este proyecto es de 6.06 metros cúbicos por hora.

Resumen del diseño agronómico

Ldzr (Lamina disponible de la zona radicular)	mm/zr	149.15
Vdzt (Volumen de agua disponible -zona radicular)	(m ³ /Ha/zr)	1491.54
Lazr (Lamina aprov. a la prof. radicular)	mm/zr	4.00
Par (Porcentaje del area bajo riego)	%	0.40
Phr (Precipitación horaria del sistema de riego)	mm/h	13.64
Ktan (Coeficiente del tanque clase "A")		0.85
ETc (Uso consuntivo)	mm/dia	3.81
Ir (Intervalo de riego)	d	0.42
Ir aj(Intervalo de riego aj.)	d	1.00
CR (Ciclo de riego)	d	1.00
LR(aj) (Lamina de riego ajustado)	mm	9.54
Pa (Porcentaje del agua aprovechada)	%	0.06
LB (Lamina bruta)	mm	10.60
DB (Dosis de riego bruta)	(m ³ /Ha)	42.39
Ht (Horas de riego por turno)	h/turno	0.78
Td (Max. numero de turnos de riego diarios)	turno/dia	9.01
Td aj(Max. numero de turnos de riego diarios ajustado)	turno/dia	9.00
Hd (Horas de riego por dia)	h/dia	6.99
Hc (Horas de turnos por ciclo)	h/ciclo	6.99
Tc (Numero de turnos por ciclo)	turnos/ciclo	9.00
St (Superficie bajo riego, por turno)	Ha/turno	0.90
DBt (Dosis de riego bruta por turno)	(m ³ /turno)	38.24
Qr (Caudal requerido)	(m ³ /h)	49.21
Emt (Numero de emisores por turno)	e/turno	27340.07
VBc (Volumen bruto por ciclo de riego)	(m ³ /ciclo)	344.18
Qe (Caudal especifico)	(m ³ /Ha/h)	6.06

AA. SELECCIÓN DEL GOTERO.

Se eligió una manguera de goteo de marca METZERPLAS SUPER COMPACT 65 16/2 en el cuadro 11 se describen sus especificaciones técnicas.

cuadro 11. Especificaciones técnicas de la manguera seleccionada

Nombre del producto	SUPER COMPACT 65 16/2
Color del emisor	Negro
Color lateral	Negro
Diámetro exterior	16 mm
Grosor de pared	0.65 mm
Diámetro interior	14.7 mm
Conector recomendado	Conector 16-16 con un ajuste
Filtrado	Según el diseño requiere filtro de discos de 120 mesh, filtro de malla 140 mesh.
Garantía	3 años por defecto de producción
Presión	Mínimo 10m. máximo 20m.
Caudal (lt/h)	1.40 a 2.21

BB. OPERACIÓN DEL SISTEMA

Todas las parcelas disponen de agua diaria, así mismo se indica en el cuadro siguiente el turno que le corresponde a cada una de las parcelas. Se definió que el sistema operará a través de 9 turnos de riego durante los 7 días de funcionamiento con lo cual se cubrirán las demandas del proyecto. En cuanto al tiempo de riego se operará durante un periodo de 6.3 hr en total por los nueve turnos ya que cada turno operará 0.7 horas.

Es importante hacer notar que el diámetro de las tuberías ya están establecidas por lo que aun se puede conducir una mayor cantidad de caudal para la que fue diseñado este sistema.

cuadro 12. Operación del sistema

No. turno	No. De parcela	Beneficiario	Area m ²	Caudal m ³	Presion entrada de la parcela PSI	tiempo
1	1	Fernando Chan	2276.29	9.50	20.00	0.78 horas
	2	Lucas Chan	1108.33	4.75	20.88	0.78 horas
	3	Juan Chan	2276.29	9.50	16.19	0.78 horas
	4	Fernando Chan	3376.21	14.25	63.93	0.78 horas
2	5	Alejandro Chan	6774.34	28.50	35.19	0.78 horas
	6	Francisco Chan	2276.29	9.50	29.27	0.78 horas
3	7	Juan Socop	2276.29	9.50	41.17	0.78 horas
	8	Victor Chan	4527.33	19.00	20.01	0.78 horas
	9	Lorenzo Lix	2258.01	9.50	10.97	0.78 horas
4	10	Jorge Chan	3433.78	14.25	31.15	0.78 horas
	11	Cipriano Lix	2276.29	9.50	31.13	0.78 horas
	12	Juan Chan	2255.69	9.50	23.27	0.78 horas
5	13	Manuel Ajquiy	2276.29	9.50	20.10	0.78 horas
	14	Jorge Tezaguic	2414.71	9.50	12.56	0.78 horas
	15	Domingo Tezaguic	3281.84	14.25	24.69	0.78 horas
6	16	Pedro Ajin	6892.26	28.50	25.02	0.78 horas
	17	Ruben Tezaguic	2021.01	9.50	25.49	0.78 horas
7	18	Candido Tezaguic	3249.62	14.25	20.18	0.78 horas
	19	Efrain Ajquiy	2276.29	9.50	21.71	0.78 horas
	20	Vidal Tezaguic	3376.21	14.25	49.47	0.78 horas
8	21	Brigido Socop	4527.33	19.00	20.10	0.78 horas
	22	Dionicio Ajin	2276.29	9.50	12.56	0.78 horas
	23	Ruben Tezaguic	3376.21	14.25	12.12	0.78 horas
9	24	Ernesto Mes	3249.62	14.25	25.49	0.78 horas
	25	Carlos Simon	6774.34	9.50	25.49	0.78 horas

6.8.1. DISEÑO HIDRAULICO.

De acuerdo a los requerimientos del proyecto, los principales parámetros hidráulicos presentaron los siguientes resultados:

A. TUBERÍA LATERAL Y PRINCIPAL

Para la selección de la tubería lateral se consideró de importancia el caudal a conducir en cada uno de los tramos, la longitud de los laterales es variable ya que existe una diferencia significativa en las dimensiones de las parcelas; es de gran importancia mencionar que las tuberías tanto laterales como principales ya están diseñadas por lo que se hará uso de esta tubería pues lo que se hizo fue un reconocimiento del estado de las tuberías las cuales se encuentran en perfectas condiciones y enterradas a una profundidad de 0.75 cm. Los diámetros encontrados son en la principal de 4 y 5 pulgadas y en los laterales se encontraron el diámetro de 2 pulgadas toda la tubería se encuentra en una presión de diseño de 125 PSI.

B. CARGA EN LA ENTRADA DE LA PARCELA

El diseño hidráulico parte desde la parcela, por lo que fue necesario determinar la carga de presión requerida en la entrada de la misma, para lo cual se consideró una presión de operación del gotero de 10 m (15 PSI); las pérdidas de carga por fricción fueron variables entre cada una de las parcelas dado que existen laterales de diferente longitud, para su determinación se utilizó la ecuación de Hazen-Williams; las pérdidas menores fueron el 10% de las hf en el lateral crítico.

En el siguiente cuadro se puede observar las diferentes presiones en la entrada de las parcelas así como sus respectivas pérdidas por fricción.

cuadro 13. Cargas y pérdidas por fricción en la conducción

Principal											
	COTA	LONG.	ASPER	CAUDAL	CAUDAL	DIAM.	FRICCION	PRESION	VELOCID	CFT	ESTATICA
	METROS	m.	un.	gpm	total	mm.	psi	psi	m/s	PSI	
19	999.69	89.55	2.00	53.68	53.68	107.29	0.18	20.18	0.37	-121.57	0.47
20	998.51	142.22	3.00	80.52	134.20	107.29	1.54	21.71	0.94	-119.53	1.78
24	999.83	152.20	18.00	483.12	617.32	107.29	27.75	49.47	4.31	-119.66	0.61
17	998.99	247.76	5.00	134.20	751.52	107.29	65.03	114.50	5.24	-90.91	1.31
pozo	1000.29	0.00	0.00	0.00	805.20	107.29	0.00	142.23	5.62	0.00	0.00
R3	994.85	4635.45	2.00	53.68	53.68	132.60	3.27	23.27	0.25	2.25	5.45
R2	1007.27	5.00	18.00	483.12	617.32	132.60	0.33	25.02	2.82	-10.69	-6.97
R1	1000.35	10.14	2.00	53.68	805.20	107.29	27.73	142.23	5.62	-26.04	1.19
E2	1000.35	5.00	5.00	134.20	751.52	132.60	0.47	25.49	3.43	-0.55	-0.06
pozo	1000.29	0.00	2.00	53.68	805.20	132.60	0.00	25.49	3.68	0.00	0.00

Ramales	COTA	LONG.	ASPER	CAUDAL	CAUDAL	DIAM	FRICCIÓN	PRESIÓN
	1000.35	m	un	gpm	total	mm	psi	psi
13a	1019.80	191.61	2.00	2.00	2.00	107.29	0.00	20.00
14	999.75	81.00	2.00	2.00	4.00	56.61	0.03	20.88
15	1003.06	230.90	3.00	3.00	7.00	107.29	0.01	16.19
18	1002.53	28.00	2.00	2.00	10.00	45.90	0.15	29.27
7	976.90	126.51	2.00	2.00	2.00	24.13	0.81	63.93
8	1000.00	26.95	4.00	4.00	6.00	57.40	0.02	31.15
9	997.44	111.81	2.00	2.00	8.00	45.90	0.41	35.19
11	1001.72	28.00	2.00	2.00	10.00	45.90	0.15	29.27
10	1000.77	57.43	3.00	3.00	13.00	45.90	0.51	31.13
12	998.68	80.97	2.00	2.00	15.00	30.36	7.07	41.17
6	999.01	81.28	2.00	2.00	2.00	56.61	0.01	20.01
4	1001.21	10.40	1.00	1.00	3.00	83.41	0.00	10.97
5	1014.50	132.70	2.00	2.00	5.00	83.41	0.01	-7.89
3	994.82	87.85	6.00	6.00	11.00	83.41	0.03	20.10
2	1000.14	36.80	3.00	3.00	14.00	83.41	0.02	12.56
1	1000.49	70.09	2.00	2.00	16.00	83.41	0.05	12.12

SISTEMA DE BOMBEO

Se cuenta con un sistema de bombeo que envía el agua desde el pozo mecánico que tiene una profundidad de 720 pies, nivel estático de 396 pies; nivel dinámico de 608 pies y 8 pulgadas de diámetro, hacia todas las parcelas esta bomba tiene un rango de carga dinámica total de 400 a 700 pies y un caudal de 385 GPM de 8 etapas marca Startright con un motor Franklin de 60 HP, accionada por corriente eléctrica trifásica.

OBRAS CIVILES

Ya se cuenta con una caseta de bombeo la cual esta a la par de pozo mecánico así como tambien el área en donde establecio dicha caseta la cual fue comprada en su debido tiempo para uso de los miembros del comité de riego.

6.8. ANÁLISIS DE MERCADO

MERCADOS POTENCIALES

Los productos obtenidos a través del proyecto se venden en diferentes lugares como se muestra a continuación:

- Mercado de aldea Cruz de Santiago: Lugar en donde se desarrolla el proyecto, como se puede destacar los miembros de la aldea son los principales beneficiados con este proyecto.
- Mercado municipal de Tecpán Guatemala: Es el mercado más cercano por lo que es el lugar a donde se distribuye gran parte de arveja china producida.
- Otros mercados: Gran parte de los agricultores vende sus productos a intermediarios los cuales a su vez lo entregan a cooperativas exportadoras a países como el Salvador y Honduras.

CANALES DE COMERCIALIZACIÓN Y/O DISTRIBUCIÓN

Los canales de comercialización más factibles para los beneficiarios del proyecto son:

- a) **Venta directa:** Consiste en trasladar los productos agrícolas por parte de los agricultores que forman parte del proyecto Cruz de Santiago de forma directa a las diferentes terminales y mercados, habiendo necesidad de considerar el flete desde la ubicación del proyecto hacia los lugares que sean definidos.
- b) **Intermediarios:** Conformado por aquellas personas que llegan directamente al campo y compran la producción a los agricultores y posteriormente la trasladan a determinadas aldeas y municipios para su comercialización.
- c) **Empresas agrícolas:** Estas compran los productos para exportarlas a otros países.

6.9. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO COSTOS

A. COSTOS DE PRODUCCIÓN AGRICOLA

Los costos de producción en que se incurre por parte de los agricultores para sembrar una hectárea de terreno es de Q18,097.62, cultivo que han venido manejando desde que se instalo el sistema de riego hace ya 13 años (desde 1990).

B. COSTOS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Para calcular los costos se tomo en cuenta la inversión inicial de la instalación parcelaria asi como los costos de materiales.

Para estimar el costo de funcionamiento de la bomba, se determinó que la bomba posee un consumo de energía de 0.745 kilovatios/hr. y el precio de un kilovatio es de Q0.65.

Un ciclo de riego (con frecuencia de 7 días) tiene una duración total 48.3 horas, si la bomba opera en los meses críticos que son de diciembre a mayo, son necesarios 150 ciclos de riego para un total de 1069.5 horas. El consumo total de kilovatios en un año sería de 47,806.65 con un costo de Q31,074.32.

El mantenimiento del sistema requiere de Q 11,000 para pagar los servivios de un guardían, quien se encargará de la revisión de tuberías y operación de la bomba.

cuadro 14. Costos totales de la implementación del proyecto de Cruz de Santiago

Descripción	Precio total (Q)
Costo de inversión	272,053.33
Costo de construcción	81,616
Costo de mantenimiento y operación anual	42,074.32
Total	395,743.65

C. COSTOS FINANCIEROS

a. ESTIMACIÓN DE COSTOS, INGRESOS Y BENEFICIOS AGRÍCOLAS CON PROYECTO VERSUS SIN PROYECTO

En los cuadros 15 y 16 se presenta la información relacionada con los cultivos y su producción con el proyecto de aspersión y el nuevo proyecto de goteo, los detalles se pueden observar en los cuadros 26 y 27 del apéndice.

cuadro 15. Situación de los cultivos con el proyecto de aspersión

Cultivo	Cosechas	Precio unidad	Hectárea	Producción por ha	Producción Anual	Ingresos	Costos por ha	Costos Totales	Ingreso neto
Arveja	3	220	8	117 *	2808.00 *	617,760.00	19,625.99	471,023.85	146,736.15

** Quintales

cuadro 16. Situación de los cultivos con el proyecto riego por goteo

Cultivo	Cosechas	Precio unidad	Hectárea	Producción por ha	Producción Anual	Ingresos	Costos por ha	Costos Totales	Ingreso neto
Arveja	3	220	8	130 *	3,120.00 *	686,400.00	18,097.62	434,342.854	252,057.15

** Quintales

b. ESTIMACIÓN DE SERVICIOS DE LA DEUDA

Para establecer la forma adecuada de la amortización de la deuda se consideró un vida útil del proyecto de 20 años, un periodo de gracia para el pago de 2 años a una tasa de interés del 10.5% que es con la cual se manejan los proyectos del Plan de Acción para la Modernización y Fomento de la Agricultura bajo Riego (PLAMAR). Con los datos anteriores la amortización de la deuda se determinó en el cuadro 22.

cuadro 17. Amortización de la deuda para el proyecto Cruz de Santiago

AÑO	INTERES	CAPITAL	CAPITAL + INTERES	SALDO (Q)
1.00	0	0	0	395743.65
2.00	0	0	0	395743.65
3.00	41,553.08	79,148.73	120,701.81	316,594.92
4.00	33,242.47	79,148.73	112,391.20	237,446.19
5.00	24,931.85	79,148.73	104,080.58	158,297.46
6.00	16,621.23	79,148.73	95,769.96	79,148.73
7.00	8,310.62	79,148.73	87,459.35	0.00

c. FLUJO DE FONDOS

El siguiente cuadro es el flujo de fondos para el proyecto Cruz de Santiago considerando una vida útil del proyecto de 20 años y una tasa de interés del 10.5%.

cuadro 18. Flujo de fondos para el proyecto Cruz de Santiago

Año	Beneficios del Proyecto	Costos de Operación	Beneficios Netos	Factor de Descuento	Flujos Netos Descontados
0	-395,743.65	0.00	-395,743.65	1.000	-395,743.65
1	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.905	199,984.55
2	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.819	180,981.50
3	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.741	163,784.16
4	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.671	148,220.96
5	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.607	134,136.61
6	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.549	121,390.60
7	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.497	109,855.75
8	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.450	99,416.97
9	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.407	89,970.10
10	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.368	81,420.91
11	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.333	73,684.08
12	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.302	66,682.43
13	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.273	60,346.09
14	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.247	54,611.84
15	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.224	49,422.48
16	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.202	44,726.23
17	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.183	40,476.22
18	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.166	36,630.07
19	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.150	33,149.38
20	252,057.15	31,074.22	220,982.93	0.136	34,217.91

EVALUACIÓN FINANCIERA

Luego de conocer los valores reflejados en el flujo de fondo se procedió a calcular los indicadores financieros cuyos valores son:

$$\text{VAN} = \mathbf{1,427,365.19}$$

$$\text{TIR} = \mathbf{41\%}$$

$$\text{RELACION BENEFICIO/COSTO} = \mathbf{2.76}$$

A. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad nos permite observar la factibilidad del proyecto en condiciones críticas considerando un aumento de un 10% en los costos del proyecto y una disminución de los ingresos en un 10%

$$\text{VAN} = \mathbf{1,219,899.28}$$

$$\text{TIR} = \mathbf{35\%}$$

$$\text{RELACION BENEFICIO/COSTO} = \mathbf{2.49}$$

6.10. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

En base a la boleta de evaluación socioeconómica (cuadro 34) se determinó que las familias poseen un ingreso mensual promedio de Q1,947.36. Cada una de las familias está integrada por 6 personas como promedio.

Las viviendas generalmente cuentan con dos ambientes, uno que es utilizado como cocina y comedor, el otro sirve como dormitorio. Las viviendas se encuentran construidas de adobe y block; el techo es de lámina y el suelo es de torta de cemento el 86% de los beneficiarios tienen el techo de la casa con lamina el 9% con teja y el resto con algún otro material, el material de las paredes el 75% esta construida con block el 14% con ladrillo y el 11% con otro material el 100 % de los beneficiarios cuenta con Luz eléctrica, agua potable y sanitarios, el 91% cuenta con televisor, el restante no. El 100% cuenta con radio, el 53% cuenta con refrigerador y el otro porcentaje no lo posee, el 100% de las familias tienen a sus hijos estudiando en la escuela de la aldea, el 35% posee automóvil, un 20% posee motocicletas y el restante algún otro tipo de transporte, el 100% acude al centro de salud cuando se enferman y el 100% posee terreno propio.

La principal actividad económica se basa en la agricultura, aunque existen algunas personas que también se dedican a la carpintería y albañilería. Productos como maíz y frijol son cultivados y utilizados para el consumo familiar, la mano de obra utilizada para dicha actividad es proporcionada por las mismas familias.

La tenencia y distribución de la tierra presenta una forma de minifundio, cada familia cuenta con un promedio de 4300 a 6696 m² de tierra cultivable para labores agrícolas.

La comunidad posee una serie de servicios como lo constituye la energía eléctrica, letrinas, agua potable de forma variable, teléfono comunitario y una escuela que brinda educación a nivel de primaria.

Desde la implementación del proyecto de riego en 1990 ningún miembro del comité de riego a tenido que migrar al área costera para realizar labores de corte de café como sucedía antes del proyecto de riego.

6.11. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

A. NIVELES DE IMPACTO DE LOS RECURSOS NATURALES

El entorno natural del proyecto Cruz de Santiago, se encuentra modificado por los núcleos urbanos y sus vías de comunicación. El sitio donde se encuentra ubicado el proyecto, reúne las siguientes características:

- a. Se encuentra relativamente cerca de áreas urbanas.
- b. Posee áreas que requieren plan de manejo y conservación de suelos.

- c. No constituye un área de reserva protegida.
- d. Provoca la destrucción de vegetación natural en pequeño grado.
- e. La disponibilidad de agua superficial es crítica.

La integración de los cultivos a establecer contribuirá en el ambiente a compensar la vegetación natural destruida, sin embargo, para la ejecución del proyecto se requieren productos químicos y biológicos para favorecer la nutrición y protección de cultivos. La desinfección del suelo también puede constituir una fuente de contaminación ambiental significativa. Los envases plásticos de insecticidas, herbicidas y otros productos son considerados desechos tóxicos. Se generará ruido a través del funcionamiento de la bomba eléctrica. El impacto al ambiente que origina la implementación del proyecto es “bajo”.

B. MEDIDAS DE MITIGACIÓN

- a. Evitar la contaminación de la fuente por el uso de químicos para mantener la calidad del agua proveniente del pozo mecánico.
- b. Seguir un plan de manejo y conservación de suelos para el área de riego, tomando en cuenta la implementación de terrazas, barreras vivas, barreras muertas, etc.
- c. Reforestar con especies nativas el área de influencia del pozo mecánico para garantizar el suministro de agua indispensable para el funcionamiento del sistema.
- d. Fomentar prácticas de agricultura orgánica para disminuir el impacto negativo originado por el uso y manejo de pesticidas.
- e. Establecimiento de árboles y arbustos que devuelvan el paisaje y panorama a los costados de la línea de conducción de agua, donde se requiere la tala de algunos de ellos para la introducción de tuberías.
- f. Ubicar la unidad de bombeo en un sitio alejado de viviendas para disminuir el efecto negativo, originado por el ruido y vibración durante la operación de la bomba.
- g. Realizar programas de fertilización basado en muestreo de suelos para evitar un uso inmoderado e irracional de los mismos.
- h. No tirar envases plásticos que favorezcan la contaminación.

C. CONTROL, SEGUIMIENTO Y ACCIONES COMPLEMENTARIAS

Es necesario revisar periódicamente las medidas de mitigación para mantener un control y seguimiento apropiado de las mismas, por lo que se requiere una programación adecuada de las actividades a desarrollar. Es importante también emprender acciones complementarias como programas de reforestación, control de plagas y canalización de aguas negras.

A continuación se presenta los resultados de la matriz de Leopold para impacto ambiental, que realiza una interacción entre varias características y condiciones del medio ambiente y le dá un valor de acuerdo a la magnitud de cada uno como se observa en el cuadro 21.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

MATRIZ DE LEOPOLD. ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO BOMBEO-GOTEO DE LA ALDEA CRUZ DE SANTIAGO, TECPAN - GUATEMALA, CHIMALTENANGO

Características		Variación de la calidad ambiental		Intensidad (grado de destrucción)				Extensión				Momento en que se manifiesta				Persistencia				Capacidad de recuperación				Interrelación de acciones y/o efectos				Periodicidad				Necesidad aplicación medidas correctoras				Puntos		
		Positivo	Negativo	Mínimo	Medio	Notable	Total	Puntual	Parcial	Extremo	Total	Ubicación	Inmediato	Corto plazo	Mediano	Largo plazo	Momento	Fugaz	Temporal	Perifoneo	Permanente	Recuperable	Mitigable	Reversible	Irreversible	Irrecuperable	Simple	Acumulativo	Sinérgico	Continuo	Discontinuo	Periodico	Apagación	Critico	Severo		Moderado	
Tierra	Suelos		1	1			1					1							2		1					1				2				1				11
	Forma del terreno		1	1			1				0									3		2				0			1						0			9
Agua	Superficial		1		2			2					2						2			1				1						2					14	
	Subterránea		1	1			1					1						1				1				1								1			9	
Proceso fisico	Calidad		1	0			0				0							1								1								1			4	
	Inundaciones		1	0			0				0						0										1								0		2	
	Erosión		1		1			1					2						2			1				1				3	2						14	
	Sedimentación precipitación		1		1			1					1						1			1				0									0		7	
Flora	Compactación		1	0			0					1							2			2				1				1					0		8	
	Arboles		1		1			1			0									3		2			0				1				1			10		
	Arbustos		1		1			1			0									3		2			0				1						0		9	
	Pastos		1	0			0				0									3		2			0										0		6	
	Cultivos		1	0				1			0						0					1				1				2					0		6	
	Microflora		1		1			1			0						0						2		0					1					0		6	
Fauna	Cosechas	0				2			2		0									3		2						3								12		
	Pájaros (aves)		1		1			1				1								3		1			0				1					0		9		
	Insectos		1		1			1				1								3		1			0				1					0		9		
Uso del suelo	Microfauna		1		1		0			0										3		2			0			1						0		8		
	Bosques		1		1			2		0								2				2				1		3						0		12		
	Pastoreo		1	0				1		0									2			2				1		1						0		8		
Aspectos estéticos	Agricultura	0				2			2		0									3							3									10		
	Paisajes y panoramas		1		1				2			1								3				3		1		1						0		13		
Niveles de vida	Estilo de vida	0				2			2			1							2							1				2						10		
	Salud y seguridad	0			1			1				1								2						1										6		
	Empleo	0				2			2			1						1							1				2							9		
	Densidad poblacional		1		1			1					2					1							1		3							0		10		
Relaciones ecológicas	Salinización de rec. Hídricos		1	0			0				0						0					1				1			1					0		4		
	Efectos sobre el aire y clima		1		1			1				1										1				1				2					0		8	
	Cadenas alimenticias		1	0			0				0							1								0				1						3		
Otros	Salinización del suelo		1			2			2				2						2			1				1				1				1		11		
	Ruido y vibración		1		1			1					3					1					2		0				1				1			13		
	Uso de pesticidas		1			2			2						4			2				1			0			3			2					16		

cuadro 19. matriz de leopold

6.13 ORGANIZACIÓN DE LOS USUARIOS DE RIEGO

Los beneficiarios del proyecto contaban con un comité el cual era el encargado de realizar las respectivas solicitudes que lleva consigo la implementación del sistema de riego, posteriormente dicho comité se convirtió en una Asociación de Usuarios del Proyecto Cruz de Santiago, la asociación se constituyó en una asamblea general que es el máximo organismo de la misma.

6.13.1. PROPUESTA DE NORMAS Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

Para regular el aprovechamiento óptimo de los recursos se realizó el siguiente reglamento de normas y operación del sistema de riego de la aldea Cruz de Santiago.

ARTÍCULO 1. FINES Y OBJETIVOS: Con la emisión de los siguientes artículos se persiguen los siguientes objetivos:

- a) Regular los actos y actuaciones a que deben sujetarse los asociados;
- b) Lograr la participación de los miembros de la asociación en el desarrollo, conservación, preservación y uso racional de los recursos suelo y agua;
- c) Promover el desarrollo integral de los asociados por medio de la participación de los usuarios de dichos sistemas en la identificación y solución de sus propios problemas.

ARTÍCULO 2. ACTIVIDADES: Para lograr sus objetivos la asociación realizará las siguientes actividades:

- a) Gestionar en la forma más conveniente para los intereses de la asociación y sus asociados, préstamos o donaciones con instituciones financieras o de otra índole, sean estatales o privadas, nacionales o extranjeras;
- b) Conceder préstamos que faciliten la realización de sus propósitos y establecer las garantías, intereses y demás condiciones financieras necesarias;
- c) Suscribir convenios o contratos con entidades gubernamentales o no, nacionales o no, para lograr el apoyo a la producción y comercialización de sus productos a nivel local y regional;

ARTÍCULO 3. DERECHOS DE LOS ASOCIADOS. Son derechos de todos los asociados:

- a) Realizar con la asociación todas las actividades que constituyen sus objetivos y disfrutar de los beneficios que obtengan;

- b) Desempeñar los cargos para los cuales sean designados, salvo que prueben estar imposibilitados para su desempeño;
- c) Presentar sugerencias, recomendaciones, críticas o reclamos en cuanto al aprovechamiento de los recursos del sistema , distribución, conservación y cualquier otro relacionado con el manejo de la obra de riego;
- d) Solicitar a la junta directiva asesoría técnica agrícola y la comercialización de sus productos;
- e) Ser representado ante la asamblea general por una persona mayor de edad autorizado cuando no pudiere hacerlo personalmente;
- f) Solicitar y recibir asesoría y asistencia técnica con el objeto de mejorar el aprovechamiento de las aguas, el control de inundaciones y contaminaciones;
- g) Ejercer su derecho de participar con voz y voto en las reuniones y asambleas que se lleven a cabo.

ARTÍCULO 4. OBLIGACIONES DE LOS ASOCIADOS. Se consideran obligaciones de los asociados:

- a) Cumplir con las normas del presente reglamento y demás disposiciones emitidas por la asamblea general en cuanto a operación y mantenimiento del sistema de riego;
- b) Hacer buen uso del agua que se le entregue, evitando su desperdicio y el causar daños y perjuicios a otros usuarios del sistema;
- c) Abstenerse de operar las obras del sistema de riego o alterar el uso de las aguas sin la debida autorización;
- d) Conservar las obras e instalaciones del sistema de riego en perfectas condiciones de servicios y contribuir a la conservación y limpieza de los mismos y demás obras que pasen por sus terrenos, por medio de trabajo personal, de terceras personas o pago de cuotas específicas que para el efecto establezca la asamblea;
- e) Mantener libre de construcciones, cultivos o de cualquier otra clase de obstáculos, conservar y limpiar los derechos de paso establecidos en ambas orillas de la tubería que atraviesen sus terrenos, en los mismos se debe guardar un mínimo de un metro de ancho; sobre los lugares donde pasa la tubería, tampoco se permite realizar construcciones, cultivar y obstaculizar de ninguna manera los mismos;
- f) Cumplir con el pago de las cuotas que con ocasión del uso de aguas, obras y operación de la unidad de bombeo se establezcan;
- g) Utilizar las aguas que abastecen el sistema de riego para la irrigación de los cultivos y no para otros fines;
- h) No modificar la estructura del sistema de riego o construir dentro o sobre dicho sistema, sin el previo estudio técnico correspondiente y posterior autorización de la junta directiva;
- i) Acudir personalmente o por medio de un representante mayor de edad a las reuniones o asambleas.

ARTÍCULO 5. DIETAS Y VIÁTICOS. Los directivos desempeñarán sus cargos ad honorem o en forma gratuita, pero se les podrá reconocer remuneración o dietas por la asistencia a reuniones y viáticos cuando realicen comisiones oficiales de la asociación.

Cuando a un miembro de la asociación se le encomienden asuntos de la organización y se vea obligado a incurrir en gastos de cumplimiento de su misión, éstos le serán reintegrados por el tesorero previa comprobación.

ARTÍCULO 6. SESIONES. La junta directiva se reunirá como mínimo una vez a la semana sin necesidad de previa citación, en el lugar y hora que para el efecto se designe de común acuerdo. De toda sesión se deberá levantar el acta correspondiente.

ARTÍCULO 7. INDEMNIZACIÓN. De conformidad con la ley, todo propietario de terreno que otorgue una servidumbre para conducción de aguas con su correspondiente derecho de paso, no podrá exigir indemnización alguna, si su terreno se beneficia con el riego.

ARTICULO 8. CUOTA. Además de lo dispuesto en los estatutos, con carácter de obligatorio los asociados que quieran tener derecho al agua para riego, se establecen las siguientes cuotas:

- a) Una cuota por inscripción o ingreso a la asociación según se establezca en la asamblea;
- b) Una cuota según se establezca en la asamblea por hectárea mensual por el uso de la energía eléctrica (se pagará únicamente cuando en los meses cuando opera la bomba), la cual deberá recaudar el tesorero de la asociación. Esta cuota la fija y aprueba la asamblea general en base al presupuesto elaborado por la junta directiva, la misma deberá invertirse para la administración, operación y mantenimiento de la unidad de riego;
- c) Las cuotas extraordinarias que apruebe la asamblea general.

ARTICULO 9. BIENES DE LA ASOCIACION. Se consideran patrimonio de la asociación los siguientes bienes:

- a) Las aportaciones, donaciones, contribuciones, legados o subsidios que a su favor hagan a cualquier título sus asociados y otras personas individuales o jurídicas, nacionales e internacionales, el estado o sus instituciones;

- b) Los recursos que obtengan como producto por la venta de bienes, derechos, activos e ingresos de cualquier naturaleza provenientes de las actividades y operaciones que realice la asociación sin fines de lucro.

ARTICULO 10. INTERESES POR MORA Y SOLVENCIA DE PAGOS. Cuando un asociado se atrase en el pago de su cuota, se exceptúa la de compensación, deberá pagar un recargo o interés mensual del dos por ciento (2%) sobre el saldo deudor, la junta directiva deberá establecer los plazos en que se deberá cancelar la deuda.

Los asociados que se encuentren al día en sus pagos, recibirán una constancia de solvencia, la cual es necesaria para cualquier trámite en la asociación o para recibir su programación de riego.

ARTICULO 11. FALTAS. Para las normas y operación del sistema de riego se consideran faltas las siguientes:

- a) Destruir o causar daños a compuertas, candados, cadenas, pizarras u otra obra de la infraestructura de riego;
- b) Lavar bombas de fumigar o tirar desechos tóxicos en la fuente de agua o en las obras de infraestructura civil;
- c) Hacer bordas u obstaculizar el libre tránsito de las aguas en las tuberías que atraviesan los terrenos de los usuarios de la unidad de riego;
- d) No asistir o no acreditar un representante a las asambleas generales o extraordinarias a que tienen obligación de asistir;
- e) Hacer mal uso o manejo del agua que provoque desperdicios o daños a otros;
- f) Regar sin autorización o fuera de programación;
- g) Extraer agua de los aspersores o tuberías por otros medios no idóneos sin autorización;
- h) Obstaculizar, desviar o detener las aguas de las fuentes que abastecen el sistema de riego.
- i) No cumplir con las disposiciones emitidas por los órganos competentes de la asociación en materia de operación y mantenimiento de la infraestructura y conservación de las aguas;
- j) Realizar construcciones sobre la infraestructura de riego sin previo estudio y autorización de la junta directiva o de la asamblea general;

ARTICULO 12. SANCIONES Y FALTAS. La comisión de actos considerados como faltas violatorias a las normas contenidas en este reglamento, darán lugar a las siguientes sanciones y multas:

- a) La primera vez, llamada de atención por escrito siempre y cuando no se cause daño a la infraestructura de riego o a terceras personas;

- b) La segunda vez, una multa según se establezca en la asamblea, la suspensión de un turno de riego y la reparación de daños y perjuicios si los hubiere;
- c) La tercera vez, una multa según se establezca en la asamblea y dependiendo de la gravedad de la falta o delito se le podrá suspender en sus derechos como asociados por el tiempo que la junta directiva resuelva, inclusive se le podrá separar de la asociación tal y como lo establecen los estatutos, así mismo si ha causado daños y perjuicios procederá a repararlos.
- d) Estas sanciones se aplicarán sin perjuicio de acudir a los tribunales de justicia para denunciar los hechos considerados como delitos por parte de las personas que se consideren afectadas o de la junta directiva.

ARTICULO 13. MULTAS ESPECÍFICAS. Todo usuario que sea sorprendido cometiendo cualquiera de las siguientes infracciones será sancionado con las multas que se establezcan:

- a) Quien haga mal uso y manejo del agua o la utilice fuera de turno o programación, una multa según se establezca en la asamblea, si hay reincidencia se aplicará el numeral d del artículo anterior;
- b) El usuario que construya sobre la infraestructura o en los derechos de vía o de paso, dependiendo de la magnitud de la obra una multa según se establezca en la asamblea, suspensión del servicio de riego y demolición de la obra o costa del usuario infractor.

ARTICULO 14. RETIRO DE LOS ASOCIADOS Este se realizará de conformidad con lo establecido en los estatutos para los asociados y además por las siguientes causas:

- a) Cuando un asociado o usuario esté actuando en contra de los intereses económicos y sociales de la asociación;
- b) Cuando no cumpla con sus obligaciones pecuniarias, estatutarias y contractuales, cuando los hubiere con la asociación.

ARTICULO 15. CASOS NO PREVISTOS. Los casos no previstos en este reglamento serán resueltos por la junta directiva en base a la crítica o experiencia y a las costumbres del lugar.

6.14 VIABILIDAD LEGAL DEL PROYECTO

De acuerdo con las circunstancias de los proyectos de desarrollo fue necesario considerar:

A. Derechos sobre el pozo mecanico.

Dichos derechos fueron adquiridos por los beneficiarios del proyecto comprando el terreno en donde se realizó el pozo.

B. Derechos de propiedad de los terrenos

Los derechos sobre cada uno de los terrenos sobre los cuales se diseñó el sistema serán entregados por el comité de beneficiarios de riego a la institución financiante, así como dicho comité cuenta con una copia de cada uno de los documentos legales necesarios para la implementación del proyecto.

C. Derechos de construcción de obras civiles

En su momento se solicitó permiso a la municipalidad de Tecpan para construir infraestructura que permitiera el resguardo de la bomba y el pozo mecánico.

D. Derechos de paso

Todos los derechos de paso fueron cedidos en el año de 1990 por las personas en cuyos terrenos pasaría la tubería.

7. CONCLUSIONES

1. De acuerdo a las características de la región y a la relación agua-suelo-planta del proyecto cruz de Santiago se consideró el diseño para el cultivo de Arveja China con una evapotranspiración máxima de 3.80 mm/día, para un suelo franco arenoso que requiere una lámina de riego de 9.54 mm; con una frecuencia máxima de riego de 1 días. El gotero seleccionado presenta una intensidad de riego de 13.64 mm/h.
2. La textura del suelo es franco-arenosa por lo que se puede decir que son suelos homogéneos presentando un buen drenaje además de retener con facilidad el agua debida a la materia orgánica que poseen. Según la topografía del área no existe diferencia de nivel que permita conducir el agua por gravedad desde la fuente hacia todas las parcelas por lo que se tiene que hacer uso de un bombeo para conducir el agua hacia todas estas. La fuente de suministro es un pozo mecánico que presenta una calidad de agua C1S1, la demanda del proyecto requiere un caudal de (49 m³/hr). y con el proyecto se seguirá cultivando un área de 8.12 hectáreas en cualquier época del año
3. El proyecto de riego es técnicamente factible mediante un sistema bombeo-goteo que presenta un costo total para ser implementado de Q 395,743.65 Los indicadores financieros muestran un valor actual neto de Q1,427,365.19 una tasa interna de retorno de 41% y una relación beneficio costo de 2.76 por lo que se establece que económicamente el proyecto es rentable. El sistema de riego beneficiará a 150 personas integradas en 25 familias que poseen un ingreso mensual promedio de Q1,947.36.
6. La integración de los cultivos a establecer contribuirá en el ambiente a compensar la vegetación natural destruida, sin embargo, para la ejecución del proyecto se requieren productos químicos y biológicos para favorecer la nutrición y protección de cultivos. La desinfección del suelo también puede constituir una fuente de contaminación ambiental significativa. Los envases plásticos de insecticidas, herbicidas y otros productos son considerados desechos tóxicos. Se generará ruido a través del funcionamiento de la bomba eléctrica. El impacto al ambiente que origina la implementación del proyecto es “bajo”.

8. RECOMENDACIONES

1. Capacitar a los beneficiarios del proyecto sobre el mantenimiento y operación apropiada del sistema de riego, tecnología de la producción, organización, principios de administración y comercialización de productos.
2. Impulsar prácticas de agricultura orgánica, control biológico de plagas y canalización de aguas negras, para disminuir la contaminación ambiental.
3. Supervisar el uso eficiente y racional del recurso hídrico.
4. Proporcionar un mantenimiento periódico para el funcionamiento apropiado del sistema.
5. Establecer prácticas de conservación de suelos en terrenos con pendiente pronunciada y evitar de esa manera la degradación de los suelos.
6. Reforestar con especies nativas el área de influencia del pozo mecánico para favorecer su conservación y provisión continua de agua.
8. Si se desea incrementar el área de riego es necesario considerar una ampliación del número de horas de operación diaria del proyecto.

9. BIBLIOGRAFIA

1. Castillo Orellana, S. 1989. Análisis y calidad del agua con fines de riego. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas. 108 p.
2. Department of Agriculture, US. 1988. Clasificación capacidad de uso de la tierra. clasificación de suelos por capacidad fertilidad; curso de mapeo y clasificación de suelos. US. 12 p.
3. Foth, HD. 1986. Fundamentos de la ciencia del suelo. Trad. por Antonio Marino Ambrosio. México, CECSA. 433 p.
4. Gomez Cruz, CA. 1983. Estudio de introducción y diseño de riego por aspersión para la aldea Marajuma, Morazán, El Progreso. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 89 p.
5. Grassi, CJ. 1975. Estimación de los usos consuntivos y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 88 p.
6. Grassi, CJ. 1984. Métodos de riego. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 265 p.
7. Grassi, CJ. 1998. Formulación de proyectos de riego y drenaje. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 241P.
8. Holdridge, L. 1982. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
9. Leon, K. De 1996. Informe técnico análisis de suelo y agua. Guatemala, Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. s.p.
10. Martín de Santa Olalla Mañas, F; Juan Valero, JA. De. 1993. Agronomía del riego. Madrid, España, MundiPrensa. 732 p.
11. Peña Peña, E. *Et al.* 1979. Funcionamiento hidráulico, diseño y evaluación de sistemas de riego por goteo. Durango, México, CENAMAR. 161 p.
12. Razuri, L. 1988. Diseño de riego por goteo. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 167 p.
13. Riego y drenaje. 1978. México, Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria. 92 p.
14. Sandoval Illescas, JE. 1977. Diseño de dos sistemas de riego (aspersión y goteo) para el campo experimental de la Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 72 p.

15. Sandoval Illescas, JE. 1983. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 345 p.
16. Simmons, CS; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.



Rolando Barrios
Vo. Bo.

10 APENDICE

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Figura 6. Diagrama de clasificación de aguas con fines de riego

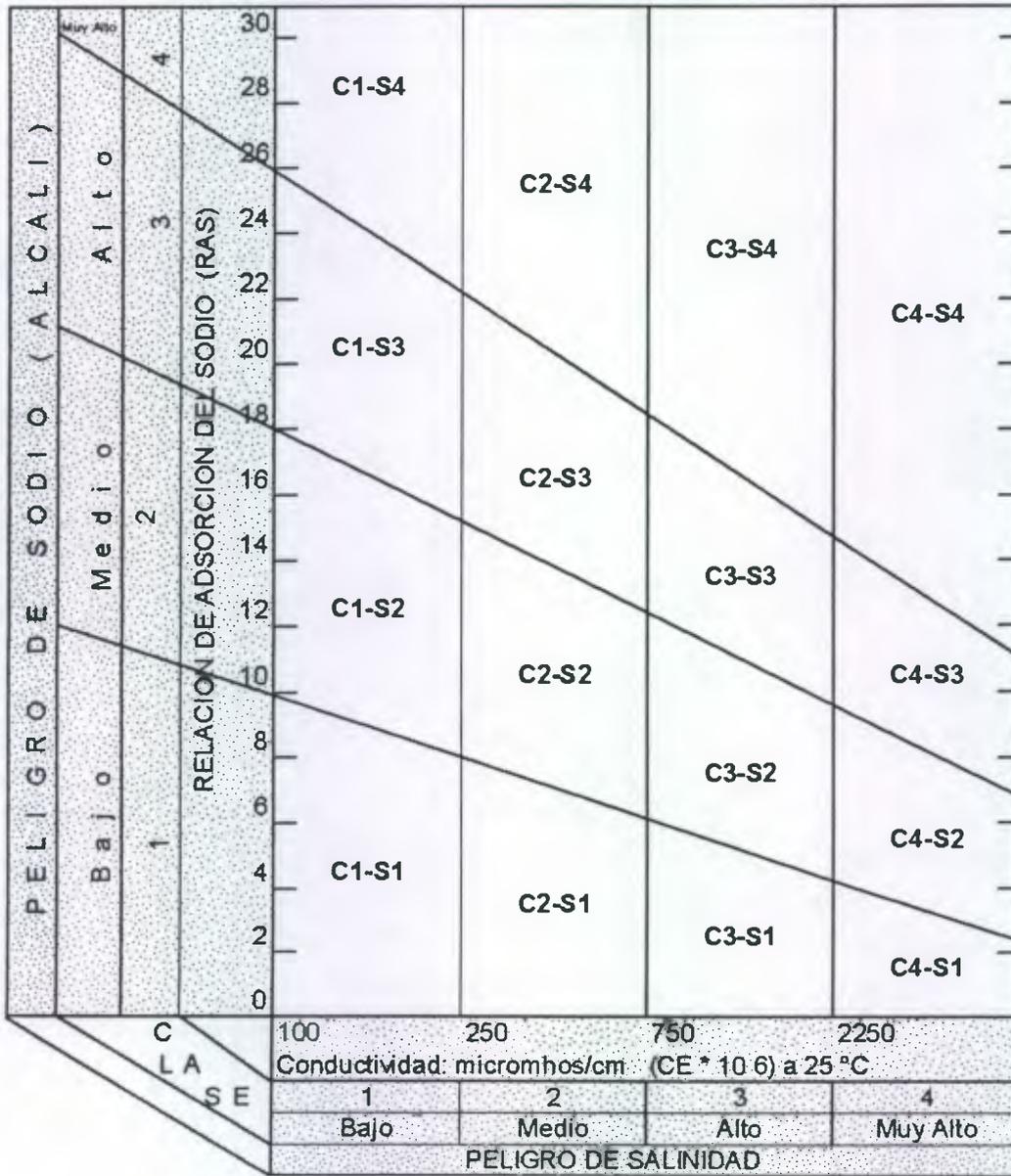
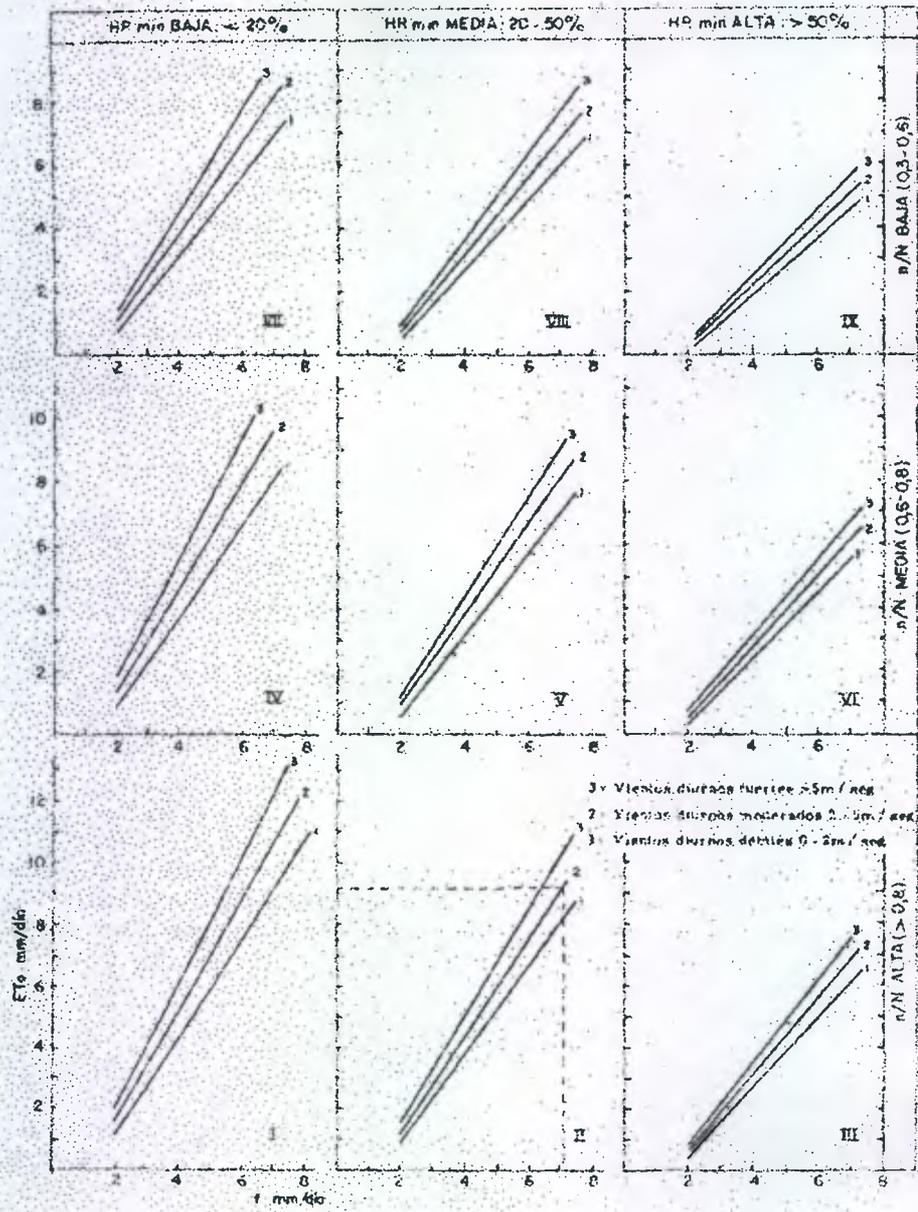


Figura 7. Predicción de eto. a partir del factor f de blanney-criddle



cuadro 22. tabla de coeficientes de aprovechamiento de la lluvia

Lluvia observada (mm)	Coefficiente de aprovechamiento	Lluvia efectiva acumulada (mm)
0- 25	0.95	23.7
25 - 50	0.90	46.3
50 - 75	0.82	67.0
75 - 100	0.65	83.0
100 - 125	0.45	94.5
125 - 150	0.25	100.5
> de 150	0.05	—

cuadro 23. Listado de materiales del proyecto

Descripción	Cantidad	Precio Unitario Q	Total Q
Tubo PVC de 1" 160 PSI blanco junta cementada	144	24.21	3487.68
Tubo PVC de 1 ¼" 160 PSI blanco junta cementada	72	32.68	2352.96
Tubo PVC de 1 ½" 160 PSI blanco junta cementada	1224	42.89	52497.36
Regulador de presión 40 PSI 2-22 GPM	72	57	4104
Kit 1078	26	688.75	17907.5
Final manguera 16 mm 700-AP8	1728	1.37	2367.36
Acople P/manguera c/l ajuste giratorio	1728	2.94	5097.6
Acople P/manguera sin ajuste giratorio	1728	1.54	2661.12
Metros de manguera metzer supercompact 16-2-033	82286	1.42	117668.98
Metro de manguera ciega 16 m, 4 atm	1728	1.86	3231.36
Reductor PVC bushing 1"x 3/4" sch-40	72	2.04	146.88
Reductor PVC bushing 1 1/2"x1 1/4" sch-40	72	3.54	254.88
Codo PVC liso 1" X 90 sch-40	288	2.83	817.92
Tee PVC lisa 1" sch-40	216	3.54	764.64
Tee PVC lisa 1 1/2" sch-40	72	6.82	491.04
Adaptador PVC hembra 1" sch-40	216	2.12	460.08
Adaptador PVC macho 1" sch-40	504	2.76	1396.08
Adaptador PVC macho 1 1/4" sch-40	72	2.84	204.48
Union PVC universal lisa 1" sch-40	144	19.35	2787.84
Valvula bronce de compuerta 1"	72	43.97	3165.84
Valvula PVC de bola 1" c/r	144	76.13	10964.16
Valvula PVC de aire 1" VBK	72	91.20	6566.4
Filtro plastico de 1" 120 mesh	72	228	16416
Inyector de fertilizante 1078	26	624.66	16241.16
Total			272053.33

cuadro 24. Boleta de encuesta estudio socioeconómico

Nombre del Jefe de Familia	Número de Personas en su Familia	Edades de los miembros de la Familia	Cuántos miembros de la familia trabajan	Qué trabajos desempeñan	Ingreso promedio mensual de la Familia
Datos sobre la vivienda (seleccionar el número y colocarlo en el cuadro, si escoge otro, especifique)	Material del Techo 1. Paja 2. Teja <input type="checkbox"/> 3. Lámina 4. Duralita 5. Otro: _____		Material de Paredes 1. Adobe 2. Bloc 3. Fibrolit <input type="checkbox"/> 4. Madera 5. Ladrillo 6. Otro: _____		Material de Piso 1. Torta de cemento 2. Ladrillo <input type="checkbox"/> 3. Líquido cemento 4. De tierra
Ambientes que tiene su vivienda	Cocina <input type="checkbox"/> Sala <input type="checkbox"/> Comedor <input type="checkbox"/>		Dormitorios (cuantos) <input type="checkbox"/> Otros ambientes (especifique)		
En su vivienda tiene:	Energía Eléctrica <input type="checkbox"/> Agua Potable <input type="checkbox"/>		Letrinas <input type="checkbox"/> Sanitarios <input type="checkbox"/> Otros servicios (especifique):		
Su hogar cuenta con:	Teléfono <input type="checkbox"/> Radio <input type="checkbox"/>		Refrigerador <input type="checkbox"/> Estufa (qué tipo):		
Estudian sus hijos	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Si lo hacen en que tipo de establecimiento: Público <input type="checkbox"/> Privado <input type="checkbox"/>		
Qué alimentos consumen Regularmente:					
Posee algún transporte propio:	Pick-up <input type="checkbox"/> Camión <input type="checkbox"/> Caballo <input type="checkbox"/> Otro (especifique):				
Cuando se enferman acuden a:	Hospital <input type="checkbox"/> Centro de salud <input type="checkbox"/> Puesto de Salud <input type="checkbox"/> Unidad Mínima de Salud <input type="checkbox"/> Medico Particular <input type="checkbox"/>				
El terreno que posee es:	Propio <input type="checkbox"/> Arrendado <input type="checkbox"/> En usufructo <input type="checkbox"/> Otro (especifique):				
El terreno tiene (poner cantidad)	_____ Cuerdas de _____ Varas		_____ Hectáreas _____ Metros cuadrados		
El área que siembra es de:	_____ Cuerdas de _____ Varas		_____ Hectáreas _____ Metros cuadrados		
El área a beneficiar con el Proyecto es de	_____ Cuerdas de _____ Varas		_____ Hectáreas _____ Metros cuadrados		
Cultivos que siembra Actualmente:					
La mayor parte de cultivos son:	Consumo <input type="checkbox"/> Venta <input type="checkbox"/>		La mano de obra en agricultura es: Contratada <input type="checkbox"/> Familiar <input type="checkbox"/>		
Utiliza Créditos:	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Si los utiliza qué institución (es) se lo otorga:		
Otra información que considere Importante:					

cuadro 25. Porcentaje del área humedecido en el riego por goteo

Espaciamiento entre Laterales [m]	Descarga del Gotero [' lt/h]														
	Menos de 1.5			2			4			8			Más de 10		
	Textura del Suelo °)														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
	Espaciamiento de los goteros sobre el lateral de [m]														
	0.2	0.5	0.9	0.3	0.7	1.0	0.6	1.0	1.3	1.0	1.3	1.7	1.3	1.6	2.0
Porcentaje del área bajo riego (estimado) [%]															
0.8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1.0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1.2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1.5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2.0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2.5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3.0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3.5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4.0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4.5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5.0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6.0	5	12	20	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

- °) G = Textura Gruesa, Arenosa.
M = Textura Mediana, Franca.
F = Textura Fina, Arcillosa.

Keller I & Kameli D, 1975 - Trickle Irrigation Design.
Rain Bird Sprinkler Manufacturing Co., California, USA.

cuadro 26. Cuadro costos de producción de Arveja china/ha sin proyecto

Actividad/insumo	Costo (Q)
Mano de obra	3,795.16
Insumos	12,541.55
Equipo	1,173.86
Costo de operación	2,115.42
Costo total	19,625.99

cuadro 27. Cuadro costos de producción de Arveja china/ha con proyecto

Actividad/insumo	Costo (Q)
Mano de obra	3,795.16
Insumos	11,401.41
Equipo	1,173.86
Costo de operación	1,727.19
Costo total	18,097.62

Manual de instalación, operación y mantenimiento para el sistema de riego por goteo:

1. Instalación:

Se enfatizan dos puntos:

- ✓ Los laterales deben probarse antes de colocar las láminas de las cubiertas plásticas sobre los lechos
- ✓ Los múltiples deben enterrarse para protegerlos contra los daños que puede causar el tráfico constante de vehículos.

✓

2. Operación:

Habiendo invertido en la compra y e instalación de un sofisticado sistema de riego, es imperativo atenerse a ciertas normas para asegurarse que funcione debidamente.

Regla uno:

Cerciórese que el personal encargado de la operación del sistema este presente durante la instalación y que siga atentamente todas sus etapas de modo que conozco el sistema a la perfección hasta el nivel de sus componentes y piezas más básicas.

Regla dos:

Para operar el sistema, selecciones un plantel reducido y altamente motivado. Evite remplazaar frecuentemente a sus miembros.

Antes de la operación:

- ✓ Verifique los niveles de combustible, aceite y agua en los motores diesel.
- ✓ Verifique los tanques de fertilizante para ver si contiene el fertilizante adecuado en la cantidad apropiada.
- ✓ Verifique que las bombas de fertilizante funcionen correctamente.
- ✓ Verifique que las válvulas funcionen correctamente.
- ✓ Cerciórese que todos los filtros estén limpios.
- ✓ Examine el equipo de cloración

Durante la puesta en marcha:

- ✓ Verifique las bombas funcionen correctamente
- ✓ Cerciórese que no haya ruidos raros, vibración o recalentamiento que pueda desarrollarse en la transmisión de la bomba debido a funcionamiento incorrecto.

Después de la puesta en marcha:

- ✓ Verifique la presión y caudal a la salida de la bomba
- ✓ Verifique la inyección de fertilizante
- ✓ Verifique la presión corriente abajo del filtro y cerciórese que la caída de presión se halle dentro de límites aceptables.
- ✓ Inspeccione visualmente el sistema por reventones.
- ✓ Seleccione puntos críticos del sistema de riego y mida la presión de ellos.

3. Mantenimiento:**Fuente de agua y estaciones de bombeo:**

El mantenimiento de bombas y unidades de accionamiento incluye su debida lubricación, según las recomendaciones del fabricante. El mantenimiento también incluye regulación periódica de la luz del impulsor en bombas de turbina, el ajuste de los casquillos prensaestopa en las bombas centrifugas, ajuste periódico de los motores para mejorar su eficiencia y frecuente inspección de la operación de la bomba. En regiones frías donde puede producirse heladas, las bombas deben drenarse o protegerse contra heladas para que puedan funcionar a muy bajas temperaturas o por debajo del punto de congelamiento.

Mantenimiento de los cabezales de control de riego:

La obturación de los emisores por agentes físicos, químicos y biológicos se considera el principal problema en el mantenimiento de sistemas de riego de bajo volumen. El diseño de los emisores de riego de bajo volumen ofrece la ventaja de bajos caudales que se adaptan al régimen de infiltración en el suelo. No obstante, como involucra orificios más pequeños, los emisores quedan expuestos a mayores riesgos de obturación. Debe realizarse un lavado preventivo de los laterales a las frecuencias adecuadas. El lavado de laterales ya obturados no siempre tendrá éxito. Las frecuencias óptimas de lavado pueden variar entre más de una vez por ciclo de riego a una vez por mes, según la calidad del agua, la frecuencia de riego, el caudal y la presión de operación.

La mayoría de las fuentes de alimentación de agua superficial contiene diferentes cantidades de partículas sólidas, desde materiales orgánicos flotantes muy gruesos a sedimentos minerales muy finos. El filtraje solo no puede ser suficiente para impedir que los emisores se obturen. El agua superficial también contiene algas y bacteria y probablemente contenga flora y fauna característica de lagos, lagunas y reservorios.

Figura 8. Planos de conducción y parcela típica de riego



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

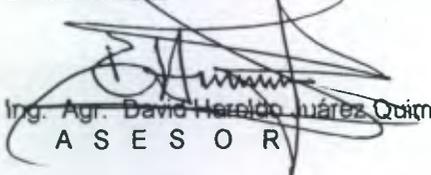
LA TESIS TITULADA: "DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO BOMBEO-GOTEO PARA CULTIVO DE HORTALIZAS, ALDEA CRUZ DE SANTIAGO, TECPAN GUATEMALA, CHIMALTENANGO".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE : NICK KENNER ESTRADA OROZCO

CARNE: 9610448

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES : Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio
Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
Ing. Agr. Mamerto Reyes

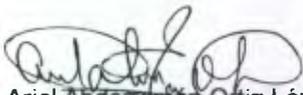
Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.


Ing. Agr. David Heroldo Juárez Quijón
A S E S O R




Dr. David Monterroso Salvatierra
DIRECTOR DEL IIA

I M P R I M A S E


Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
D E C A N O



DMS/nm
c.c. Archivo
IIA
Control Académico

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA. C.A.
TEL/FAX (502) 476-9794
e-mail: lusac.edu.gt & <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomfa.htm>

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central