

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

FORMULACIÓN DE UN PROYECTO DE RIEGO POR MEDIO DE UN
SISTEMA BOMBEO-GOTEO, PARA EL PLAN DE LOS COMUNES,
SANSARÉ EL PROGRESO.

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

POR
MIGUEL ESTIVEN MANSILLA DEL CID
EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

GUATEMALA OCTUBRE 2004.

DL
01
T(2076)

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

RECTOR

Dr. M. V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	Prof. Juvencio Chom Canil
VOCAL QUINTO	Prof. Byron Geovany González Chavajay
SECRETARIO	Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

Guatemala Octubre de 2004.

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

Distinguidos miembros:

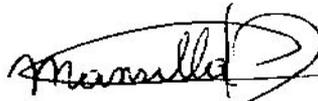
De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

**FORMULACIÓN DE UN PROYECTO DE RIEGO POR MEDIO DE UN SISTEMA
BOMBEO-GOTEO, PARA EL PLAN DE LOS COMUNES, SANSARE EL
PROGRESO**

Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado:

Esperado que el presente trabajo de investigación satisfaga los requisitos necesarios para su aprobación agradezco la atención a la presente.

Atentamente



Miguel Estiven Mansilla Del Cid

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS NUESTRO SEÑOR

MIS PADRES Y HERMANOS

LA FACULTAD DE AGRONOMIA

LA HERMANDAD MARISTA

MI FAMILIA EN GENERAL

LA FAMILIA ORDÓÑEZ MEDINA

MIS AMIGOS Y AMIGAS:

Con aprecio y estima, en especial a Amparo Ordóñez.

TESIS QUE DEDICO

A:

DIOS

MIS PADRES: Miguel Ángel Mansilla Orellana
Elizabeth Del Cid de Mansilla

MIS HERMANOS: Juan Pablo
Luis Ángel

MI FAMILIA EN GENERAL

GUATEMALA

SANARATE Y FAMILIA DEL CID

MIS COMPAÑEROS

MIS AMIGOS

LA HERMANDAD MARISTA

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores Ing. Agr. David Juárez e Ing. Agr. Mario López, por sus conocimientos, colaboración y apoyo en la realización del siguiente informe.

Deseo además expresar mi más sincero agradecimiento a todos los catedráticos y personas, que de una u otra forma colaboraron en mi formación como profesional, en especial: Ing. Rolando Lara, Ing. David Juárez, Dr. Ariel Ortiz, Lic. Mamerto Reyes, Ing. Marino Barrientos, Ing. Miguel Morales, Ing. Walter Reyes, Ing. Erick Motta, Ing. Carlos Lopez, Doris de Salaverría, Karla Durán, Víctor Marroquín, Mario López.

Al personal técnico y administrativo de Durman Esquivel S.A., y a la comunidad del municipio Sansare, departamento del Progreso, por el apoyo brindado, que facilitó e hizo grata la realización de este trabajo.

A mi familia y amigos por su apoyo, comprensión y motivación para mi persona.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	viii
1. INTRODUCCION.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
3. MARCO TEORICO.....	4
3.1 <i>Marco Conceptual</i>	4
3.1.1 Relación agua-suelo-planta.....	4
3.1.2 Definición de riego.....	5
3.1.3 Evapotranspiración y necesidades hídricas del cultivo.....	5
3.1.4 Propiedades del suelo a efectos del riego.....	7
3.1.4.1 Textura.....	7
3.1.4.2 Estructura.....	7
3.1.4.3 Densidad aparente.....	7
3.1.4.4 Porosidad.....	7
3.1.4.5 Permeabilidad.....	8
3.1.5 Riego por goteo.....	8
3.1.6 Diseño agronómico de un sistema de riego por goteo.....	9
3.1.7 Diseño hidráulico de un sistema de riego por goteo.....	10
3.1.8 Ventajas y limitaciones del riego por goteo.....	11
3.1.9 Partes básicas de un sistema de riego por goteo.....	12
3.1.10 Calidad de agua para riego.....	12
3.1.11 Los Sistemas de riego en Guatemala.....	13
3.1.12 Seguridad alimentaria y la ejecución de proyectos de regadío.....	14
3.2 <i>Marco Referencial</i>	16
3.2.1 Localización.....	16
3.2.2 Extensión territorial y colindancias.....	17
3.2.3 Clima y zona de vida.....	17
3.2.4 Hidrológica.....	18
3.2.5 Suelos.....	18
3.2.6 Servicios básicos.....	18
3.2.7 Uso actual de la tierra.....	19
3.2.8 El cultivo de yuca (<i>Manihot sculenta</i> Crantz).....	19
3.2.9 Manejo del agua en el cultivo de yuca.....	19
4. OBJETIVOS.....	21
5. METODOLOGIA.....	22
5.1 <i>Ubicación Del Área</i>	22
5.2 <i>Estudio Social</i>	22
5.3 <i>Fuentes Y Calidad Agua</i>	22
5.4 <i>Estudio Topográfico</i>	23
5.5 <i>Estudio Climatológico</i>	24
5.6 <i>Estudio Edafológico</i>	25
5.7 <i>Diseño Agronómico</i>	25

5.7.1 Datos previos al cálculo.....	25
5.7.2 Calculo de la evapotranspiración.....	25
5.7.3 Selección del emisor.....	26
5.7.4 Lámina de diseño para goteo.....	28
5.7.5 Lámina neta máxima.....	29
5.7.6 Frecuencia de riego y lámina neta de aplicación de riego.....	29
5.7.7 Requerimiento de lavado.....	30
5.7.8 Lámina bruta y tiempo de riego.....	30
5.8 <i>Diseño Hidraulico</i>	31
5.8.1 Número y diseño de la unidad de riego.....	32
5.8.2 Diseño del sistema de conducción.....	32
5.8.3 Sistema de bombeo.....	34
5.8.4 Obras civiles y cuantificación.....	36
5.9 <i>Estudio Financiero Del Proyecto</i>	36
5.10 <i>Estudio De Mercado</i>	37
5.11 <i>Evaluación De Impacto Ambiental (IA)</i>	38
6. RESULTADOS.....	42
6.1 <i>Ubicación Del Área</i>	42
6.2 <i>Estudio Social</i>	43
6.3 <i>Fuentes Y Calidad Agua</i>	50
6.4 <i>Estudio Topográfico</i>	52
6.5 <i>Estudio Climatológico y Edafológico</i>	52
6.6 <i>Diseño Agronómico</i>	54
6.6.1 Datos previos al cálculo.....	54
6.6.2 Calculo de la evapotraspiración.....	54
6.6.3 Selección del emisor.....	56
6.6.4 Lamina de diseño para goteo.....	59
6.6.5 Lamina neta máxima.....	59
6.6.6 Frecuencia de riego y lámina neta de aplicación de riego.....	59
6.6.7 Requerimiento de lavado.....	60
6.6.8 Lámina bruta y tiempo de riego.....	60
6.7 <i>Diseño Hidráulico</i>	62
6.7.1 Concepción del funcionamiento del proyecto.....	62
6.7.2 Número y diseño de la unidad de riego.....	64
6.7.3 Diseño del sistema de conducción.....	68
6.7.4 Sistema de bombeo.....	75
6.8 <i>Estudio Financiero</i>	78
6.8.1 Costos Del Proyecto.....	78
6.8.2 Costos de Producción de los Cultivos del Área.....	84
6.8.3 Utilidades.....	86
6.8.4 Flujo de Fondos.....	87
6.8.5 Análisis de Sensibilidad.....	89
7.9 <i>Estudio de Mercado</i>	91
7.9.1 El producto.....	91
6.9.2 Análisis de la demanda.....	92
6.9.3 Análisis de la oferta.....	97
6.9.4 Análisis de precios.....	99
6.9.5 Proceso y comercialización.....	102
6.10 <i>Estudio de Impacto Ambiental (EIA)</i>	104

6.10.1. Características del Área de Estudio.....	104
6.10.2 Identificación de las fuentes generadoras de impacto al ambiente por el proyecto.....	105
6.10.3 Matriz de Leopold.....	106
6.10.4 Análisis de la valoración de los factores mas afectados.....	109
6.10.5 Medidas de mitigación y plan de contingencia.....	110
7. CONCLUSIONES.....	113
8. RECOMENDACIONES.....	115
9. BIBLIOGRAFIA.....	116
10. APENDICE.....	120

ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO	PAGINA
Cuadro 1. Datos necesarios en un diseño agronómico.....	10
Cuadro 2. Clasificación de clases de prioridad de riego	14
Cuadro 3. Valores medios mensuales de radiación solar extraterrestre -RS-.....	26
Cuadro 4. Porcentaje de mojado causado por el emisor (Ame)según Karmeli y Kéller	27
Cuadro 5. Kc de diferentes cultivos	28
Cuadro 6. Mínimos y máximos valores de C _{Ee} (mmhos/cm) para diferentes cultivos.....	30
Cuadro 7. Relación de transpiración estacional.....	31
Cuadro 8. Diámetro de la bomba y tubería en función del caudal de extracción.....	50
Cuadro 9. Resultados obtenidos por el laboratorio suelo-planta-agua FAUSAC de la muestra tomada en un pozo artesano en el Plan de los Comunes, Sansare	51
Cuadro 10. Datos climatológicos promedio de la estación Morazán, El Progreso.....	53
Cuadro 11. Resultados de análisis de laboratorio del suelo-planta-agua FAUSAC.....	53
Cuadro 12. Información necesaria para el diseño agronómico	54
Cuadro 13. Resumen de cálculo de la evapotranspiración metodología propuesta por Hargreaves.....	55
Cuadro 14. Resumen de cálculos agronómicos	61
Cuadro 15. Resumen de funcionamiento del sistema en un día	62
Cuadro 16. Identificación de parcela.....	63
Cuadro 17. Resumen de cálculos hidráulicos de la distribuidora.....	65
Cuadro 18. Longitudes máximas para laterales con goteros incorporados metzerplast	66
Cuadro 19. Resumen de pérdidas de fricción en la parcela clásica	68
Cuadro 20. Diámetros reales y nominales de tubería p.v.c.....	70
Cuadro 21. Resumen de cálculos hidráulicos del ramal principal.....	70
Cuadro 22. Resumen de cálculos hidráulicos para el ramal secundario A	71
Cuadro 23. Resumen de cálculos hidráulicos para el ramal secundario B.....	71
Cuadro 24. Resumen de cálculos hidráulicos para el ramal secundario C.....	71
Cuadro 25. Resumen de cálculos hidráulicos para el ramal secundario D	71
Cuadro 26. Resumen de datos necesarios en el cálculo de presión y diámetros de la derivaciones.....	73
Cuadro 27. Resumen de cálculos hidráulicos para las derivaciones y cada parcela de riego.....	74
Cuadro 28. Resumen de cálculos hidráulicos de conducción.....	76
Cuadro 29. Resumen de cálculos de pérdidas de fricción en la conducción vertical del pozo en base a la ecuación de <i>Hazen - Williams</i>	76
Cuadro 30. Costo para la perforación del pozo	78
Cuadro 31. Costo del sistema de bombeo del pozo al tanque	79
Cuadro 32. Costo por conducción principal y ramales	79
Cuadro 33. Costo mano de obra considerada en la conducción principal y ramales.....	80
Cuadro 34. Costos necesarios dentro de la parcela de riego	80
Cuadro 35. Costo de mano obra dentro la parcela de riego	81
Cuadro 36. Costo de zanjeo (15.84 Km).....	81
Cuadro 37. Costo de mano de obra no calificada complementaria del proyecto	81
Cuadro 38. Costos necesarios par la construcción del tanque de almacenamiento	82
Cuadro 39. Integración de costos del proyecto.....	83
Cuadro 40. Costo del consumo de energía de la motobomba sumergible	83
Cuadro 41. Integración de costos por operación y mantenimiento del sistema	84

Cuadro 42. Costos de producción por manzana para el cultivo de maíz en la región de Sansare, El Progreso	84
Cuadro 43. Costos de producción por manzana para el cultivo de fríjol en la región de Sansare, El Progreso	85
Cuadro 44. Costos de producción por manzana para el cultivo de yuca en la región de Sansare, El Progreso	86
Cuadro 45. Estructura de la producción, precios, rendimientos por cultivos, costos e ingresos totales por año en una situación sin proyecto	86
Cuadro 46. Estructura de la producción, precios, rendimientos por cultivo, costos e ingresos totales por año en una situación con proyecto	87
Cuadro 47. Flujo de Fondos del proyecto en quetzales	88
Cuadro 48. Análisis de sensibilidad, aumento 20 % en los costos del proyecto	89
Cuadro 49. Análisis de sensibilidad, decremento de 20% de los beneficios del proyecto.....	90
Cuadro 50. Análisis de sensibilidad, aumento en los costos y reducción de los ingresos en una 20%	90
Cuadro 51. Oferta de los países Latinoamericanos a EEUU en TM	98
Cuadro 52. Precios de importaciones en mercados Europeos para el año 2002	99
Cuadro 53. Precio de importaciones de yuca en EEUU.....	100
Cuadro 54. Factores que pueden ser afectados por la ejecución del proyecto en el presente EIA	106
Cuadro 55. Valoración según topología de impacto en EIA	107
Cuadro 56. Matriz de Leopold.....	108
Cuadro 57 A. Boleta utilizada en el estudio social.....	121
Cuadro 58 A. Principales países importadores de yuca y subproductos en miles de US \$, 1993-2002.....	123
Cuadro 59 A. Principales países importadores de yuca y subproductos en TM. 1993,2002.....	123
Cuadro 60 A. Programación de riego.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PAGINA
Figura 1. Mapa de Guatemala y del departamento de El Progreso.....	42
Figura 2. Municipio de Sansare.....	43
Figura 3. Cultivos generadores de ingreso para el año 2002.....	44
Figura 4. Intención de búsqueda de diferentes empleos.....	45
Figura 5. Situación escolar en cuanto a asistencia a centros educativos.....	45
Figura 6. Rango de número de miembros por familia.....	46
Figura 7. Material del techo de las viviendas.....	46
Figura 8. Material de las paredes de las viviendas.....	47
Figura 9. Material del piso de las viviendas.....	47
Figura 10. Tipos de ambientes dentro de las viviendas.....	47
Figura 11. Servicios básicos de las viviendas.....	48
Figura 12. Electrodomésticos existentes en la población que cuenta con energía eléctrica.....	48
Figura 13. Medio de transporte propio.....	49
Figura 14. Tenencia de la tierra.....	49
Figura 15. Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego. (U.S. Soil Salinity Laboratory.....)	51
Figura 16. Curva del comportamiento del caudal respecto a la presión de trabajo.....	56
Figura 17. Bulbo de mojado del gotero según el tiempo de riego de 2,3,4 y 6 horas en condiciones de El Plan De Los Comunes.....	57
Figura 18. Pérdidas de presión por fricción según longitud de lateral.....	66
Figura 19. Perdidas por fricción según válvula hidráulica dorot, 100 m.c.a.....	67
Figura 20. Pérdidas de carga por fricción respecto a caudal de un filtro de 2".....	67
Figura 21. Curva característica de la bomba sumergible de 8 fases, grundfos, 75Hp.....	77
Figura 22. Eficiencia de operación de la bomba sumergible de 8 fases, grundfos, 75Hp.....	77
Figura 23. Principales países importadores de yuca y Subproductos en TM para el año 2002.....	92
Figura 24. Países con mayor participación porcentual en importación de yuca y subproductos en base a US\$ para el año 2002.....	93
Figura 25. Comportamiento del mercado internacional de yuca y subproductos en base de US \$.....	94
Figura 26. Comportamiento del mercado internacional de yuca y subproductos en base de toneladas métricas (TM).....	94
Figura 27. Distribución de los grupos étnicos en Estados Unidos.....	95
Figura 28. Importaciones de yuca de los Estados Unidos.....	95
Figura 29. Principales países Europeos importadores de yuca fresca.....	96
Figura 30. Participación en TM de los principales países exportadores de yuca para el año 2002.....	97
Figura 31. Participación en US \$. de los principales países exportadores de yuca para el año 2002.....	98

Figura 32. Participación en el mercado de yuca fresca en La Unión Europea para el año 2001.....	99
Figura 33. Serie histórica de precios (Broker) de la Unión Europea en USS.....	100
Figura 34. Serie histórica de precios (Broker) de los EEUU en US\$.....	101
Figura 35. Precios promedios mensuales US\$ /Kg. de yuca originaria de Costa Rica.....	101
Figura 36 A. Segmento de hoja cartográfica de Sanarate.....	122
Figura 37 A. Curva del coeficiente de cultivo Kc para yuca de ciclo corto.....	124

10/10/58

FORMULACIÓN DE UN PROYECTO DE RIEGO POR MEDIO DE UN SISTEMA BOMBEO-GOTEO, PARA EL PLAN DE LOS COMUNES, SANSARE EL PROGRESO

FORMULATION OF AN IRRIGATION PROJECT THROUGH A PUMP-DRIP SYSTEM, FOR "EL PLAN DE LOS COMUNES", SANSARE EL PROGRESO, GUATEMALA

RESUMEN

En áreas socialmente marginadas, la producción agrícola basada en la regulación de la humedad en el suelo por medio del riego, sin duda alguna contribuye a disminuir el desempleo, pobreza y una serie de problemas sociales de gran magnitud en el ámbito rural guatemalteco. Las 61 familias propietarias de "El Plan de Los Comunes", que se encuentra en Sansare, El Progreso, se enfrentan con un recurso de agua limitante por las bajas precipitaciones, existiendo subutilización de los suelos con vocación agrícola en gran parte del año; por tal motivo, se formulo un sistema de riego por goteo que incorpore a la producción dichos suelos en base a las características de la zona y a los requerimientos del cultivo de yuca (*Manihot sculenta* Crantz) determinando la viabilidad económica, social, técnica y ambiental del proyecto. Los beneficiarios siendo originarios del lugar y dueños de la tierras que se encuentran en barbecho gran parte del año, han cultivado yuca en las décadas pasadas en forma patrimonial y están convencidos de la necesidad de la ejecución del proyecto. Dicha población por la cercanía a la cabecera municipal tiene acceso a los servicios de salud, educación y servicios como electricidad, agua potable, transporte, vías asfaltadas, pero la falta de ingresos económico repercute en la accesibilidad de los servicios, en la existencia de viviendas inapropiadas, y principalmente en la dificultad para traer el sustento al hogar, lo que hace que exista una generalizada búsqueda de empleos que en su mayoría son ocasionales y atrayentes de fenómenos sociales como la migración, deserción escolar, desintegración familiar, indigencia, etc. El proyecto formulado consiste de riego de un pozo de 10 pulgadas diámetro y 550 pies de profundidad, con un caudal de 340 gpm (77.22 m³/h) y bomba sumergible de 75 Hp con una carga dinámica total de 185 m.c.a.; dicha bomba trabajara 17.3 horas diarias suministrando agua a un reservorio. Desde el tanque de almacenamiento existe 15.84 kilómetros de conducción con el fin de proporcionar agua a la entrada de las 61 parcelas del área de riego de goteo. La parcela de riego por goteo es de 0.7 Ha. donde existe la disposición espacial de 138 laterales de 50 metros, espaciados por un metro y alimentados por una distribuidora de 21/2" de diámetro y 70 metros de lago; El emisor recomendado es autocompensado, incorporado al lateral con un espaciamiento de 0.5 metros y con un rango de presión de trabajo de 5 a 40 m.c.a manteniendo un caudal constante de 2.1 litros por hora.

tiene que el tiempo de riego serán de tres horas. El tiempo de riego es apropiado, tomando en cuenta que afecta directamente a la profundidad y forma del bulbo de mojado y este a las raíces que aprovechan la humedad. Por turno se regaran 4 parcelas de riego que demandan individualmente un caudal de 27.821 m³/h, al día se cumplirán 4 turnos ya que son 12 horas disponibles de riego y el ciclo de riego se completara en 4 días. El costo total del proyecto se estima en Q3,415,384.50 considerando que por beneficiario el costo por construcción del pozo es Q6,229.51, por la conducción principal y ramales Q6,554.43, por la adquisición e instalación del equipo de riego Q20,944.20, por mano de obra no calificada Q1,249.80, por la construcción de tanque de almacenamiento Q3,688.53 y por supervisión, administración y dirección técnica Q17,323.44, sumando un total por beneficiario de Q55,989.91. El estudio financiero realizado, así como su análisis de sensibilidad considerando que existe factores que dentro y fuera del proyecto no se pueden manejar, se estableció que el proyecto es factible, pues garantizan una buena rentabilidad de la inversión; los índices financieros con una tasa de descuento del 20% indican un Valor Actual Neto (VAN) de Q2,130,429.45 y la Tasa Interna de Retorno (TIR) del 43%. Hoy en día el mercado de yuca en fresca apunta a un futuro prometedor por la creciente demanda en la población étnica de los países desarrollados, es preciso mencionar que a pesar que Costa Rica concentra el abastecimiento nivel mundial, el mercado da muestras de estar en capacidad de recibir más producto y de diferentes orígenes, debido al crecimiento de la población migrante desde el tercer mundo, siendo ellos los principales consumidores de este producto. El presente proyecto tiene como base de mercado, los acercamientos con agroexportadoras que incursionan en el mercado de Estados Unidos y la Unión Europea, para la comercialización de yuca fresca. Dichas agroexportadoras han sostenido pláticas con los agricultores de El Plan De Los Comunes y espera la ejecución del proyecto, con el propósito de abastecerse de yuca producida en Sansare durante gran parte del año, dispuestas a pagar Us\$ 12 por 45 kilogramos de producto debido a características que ellos clasifican como buenas. Durante la realización del estudio de impacto ambiental se identificaron como posibles impactos negativos el uso de pesticidas, contaminación del agua superficial, erosión, destrucción del paisaje, salinización del suelo, entre otros., pero con las medidas de mitigación planteadas como restauración de los terrenos y de vegetación, taller de educación ambiental a trabajadores y beneficiarios, evitar la contaminación de la fuente de agua, realizar un manejo integrado de plagas y fomentar prácticas de agricultura orgánica, seguir un plan de manejo y conservación de suelos para el área de riego, establecimiento de árboles y arbustos que devuelvan el paisaje y panorama a los costados de la línea de conducción de agua, entre otras, se prevé disminuir, eliminar o prevenir dichos daños.

1. INTRODUCCION

En el Municipio de Sansare, del departamento de El Progreso, se encuentra el valle de Sansaria, dentro del cual está ubicado el área de interés llamado El Plan de los Comunes, que tiene una extensión de 137 hectáreas, distribuido en 61 familias, que habitan las aldeas de Los Cerritos y Buena Vista. Esta población se ha dedicado de manera patrimonial, a la producción de yuca (*Manihot sculenta* Crantz.) y sus derivados. La producción de yuca fresca, en la actualidad se podría ofertar a mercados internacionales que demandan calidad; dicho propósito no se logra sin modernizar y aprovechar todos los recursos de una manera sostenible. Respecto a recursos, es recomendable tomar en cuenta, que los múltiples usos del agua y el aumento de la población, aceleran el crecimiento de la demanda del vital líquido, provocando que sea cada vez más escasa, tanto en calidad como en cantidad; por lo cual su cuidadosa administración, conservación y empleo más eficiente, han adquirido cada vez mayor importancia. El riego como aplicación artificial e intencionales de agua, es un factor de gran jerarquía para la transformación, modernización y eficiencia de la agricultura campesina; por otra parte, el riego en épocas secas abre oportunidades de desarrollo productivo que apuntan al objetivo mayor de aliviar la pobreza rural en zonas marginadas, el cual debe de ser parte del proceso de desarrollo económico de nuestro país. En el informe de ministros del "Día Mundial del Agua" que constituyó "La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación", FAO menciona que el Director General, Jacques Diouf, dogmatiza que "la inversión en riego en producciones de pequeña escala, en infraestructuras rurales y en acceso a los mercados será decisiva para el éxito de la lucha contra el hambre y la pobreza" (18).

Esta consideración no es ajena a la realidad de Guatemala y en específico a la comunidad del Plan de los Comunes, Sansare, El Progreso. La comunidad con apoyo de la alcaldía de Sansare solicita la implementación de un sistema presurizado por goteo, el cual lograría el riego de gran parte del área cultivable del Plan Los Comunes, dando paso a la modernización, conllevado el acceso a mercados internacionales que demandan particularidades especiales de calidad que caracterizan a la yuca (*Manihot sculenta* Crantz) propia de Sansare.

El diseño y formulación de este proyecto tiene como finalidad hacer el mejor uso del recurso económico, tomando en cuenta que será un proyecto en apoyo al sector productivo, que pretende minimizar el alto índice de pobreza, utilizando de manera sostenible y sustentable los recursos naturales, logrando mejorar la calidad de vida de toda la población beneficiada.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la década de los 80's la mayoría de los agricultores propietarios de El Plan de los Comunes se dedicaban al cultivo en secano de yuca (*Manihot sculenta Crantz*), en un ciclo de 18 meses y al procesamiento de sus derivados para el mercado local. Por la reconocida calidad de la yuca en fresco y de sus subproductos, se llegó a instaurar la Cooperativa Agrícola "Los Cerritos" y varias fábricas de procesamiento de los derivados de la yuca. Lamentablemente, en el año 1991, se perdieron los mercados nacionales como la industria de la cerveza, aperitivos y atoles, ya que surgieron a nivel mundial sustitutos artificiales. Por ello se mermó el ingreso de los agricultores, pues actualmente se cultivan granos básicos para autoconsumo en la época de lluvias, clasificándose como una agricultura de subsistencia. Esta comunidad rural posee características comunes que permiten individualizarlos como grupos de campesinos marginados; deben enfrentarse con limitaciones al mejoramiento en su productividad e ingresos, hacen un uso intensivo de la mano de obra familiar, no pueden hacer producir la tierra fértil por las condiciones climáticas y tienen acceso casi nulo a los servicios de extensión.

La implementación del presente proyecto de riego para la producción de yuca fresca (*Manihot sculenta Crantz*), obedece a la creciente demanda internacional de 1.7 % desde el año 1991 al 2002 que notifican agroexportadores de Costa Rica en publicaciones hechas por Agrocadenas; La Corporación de Colombia Internacional señala que a pesar de que Costa Rica concentra el abastecimiento de yuca en Estados Unidos, el mercado da muestras de estar en capacidad de recibir más producto y de diferentes orígenes, debido a la presencia y crecimiento de la población étnica de ese país, donde se concentra el mayor consumo de este producto. Ecuador, por ejemplo, ha logrado incrementar sus envíos en forma sostenida durante los últimos años a tasas promedio anuales del 30%, aumentando su participación en el valor total importado del 2,6% en 1998 al 4,5% en el 2002; de manera singular, empresas ecuatorianas especializadas en procesar y comercializar frutas y vegetales como SOITGAR S.A., están interesadas en la adquisición del producto sansarateco, por la calidad del tubérculo que se produce (2,13).

Como base en la decisión de producir yuca (*Manihot sculenta Crantz*) bajo riego, es preciso señalar que el ciclo es de 8 meses, si la planta tiene agua a su disposición cuando sea necesario, esto es con la misma variedad y por ende la misma calidad que cuando se dispone a producir en un ciclo de 18 meses, en condiciones del valle de Sansaria (restricción hídrica), que corresponden a las de secano; En términos de producción aseveramos que como mínimo se triplicará la actual.

La implementación del proyecto de riego por medio de un sistema Bombeo-Goteo, es imprescindible, ya que estará contribuyendo a bajar el índice de pobreza, que según estimaciones de la Secretaría de Planificación y Programación de Guatemala, SEGEPLAN, mediante el mapa de pobreza del año 2001, indica que el 69.1% de la población es pobre y el 34.35% está ubicado en la extrema pobreza; además estaría evitando fenómenos sociales como: la migración, deserción escolar, desintegración familiar, indigencia, etc. (40).

Para lograr la ejecución del proyecto y garantizar en un alto grado el éxito del mismo, es necesario formular, diseñar y evaluar el sistema de riego que incorporará a la agricultura las tierras con potencial de producción. Además es necesario, hacer un análisis financiero y económico, evaluar el mercado del producto agrícola, el impacto ambiental y social. El diseño técnico tendrá como base usar en forma eficiente el agua de riego, donde será necesario preocuparse por disminuir las pérdidas por conducción y aumentar la eficiencia a nivel de parcela.

3. MARCO TEORICO

3.1 Marco Conceptual

3.1.1 Relación agua-suelo-planta

Grassi afirma que el agua es un componente dinámico del sistema suelo-planta, ya que está continuamente en movimiento, respondiendo así a fuerzas que originan la evaporación, la transpiración, la lluvia, el riego, el drenaje, etc., los cuales generan diferencias de potencial, entre diferentes partes del sistema (21).

Donahue citado por Sandoval, menciona que el suelo está formado por partículas, que a su vez forman agregados. Entre estas partículas y los agregados se encuentran espacios de agua y aire. Las características de estas partículas y agregados influyen de modo notable en el movimiento y retención del agua en el suelo y de manera consiguiente en el crecimiento y producción de los cultivos, dado que tanto el agua como el aire, son elementos esenciales para el desarrollo de la planta (38).

Grassi citado por López, establece que el vegetal es un organismo poco favorecido, en el sentido de que es tributario del lugar sobre el cual está fijado, no puede, como los animales, desplazarse donde necesita para buscar el agua y el alimento; como máximo puede dirigir su sistema radicular a la búsqueda del agua contenida en los horizontes del suelo más húmedo y mas rico en minerales. La planta para vivir debe desde luego absorber el agua que ha servido para disolver las sales minerales y la materia orgánica del suelo y después trasladarla al lugar de provecho. Una parte del agua absorbida del suelo queda dentro del metabolismo de la planta, el resto es traspirada por su sistema foliar, siendo este fenómeno equivalente a un sistema de bombeo. El complejo desarrollo solo se alcanza si el vegetal dispone permanentemente del agua que necesita (29).

La finalidad del riego es evitar una falta momentánea o permanente de agua en el suelo, lo cual implica un perfecto conocimiento de las relaciones entre la planta y el agua-suelo. Avidan menciona que son varios los factores que influyen sobre el requerimiento de riego, donde el conocimiento de estos factores permite determinar del régimen de riego adecuado a cada cultivo a fin de obtener rendimientos óptimos (5).

3.1.2 Definición de riego

Israelse y Hanses citados por Grassi definen el riego como “la aplicación artificial de agua a la tierra, con el fin de suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo” y complementa esta definición con los siguientes objetivos;

- A. Proporcionar la humedad necesaria para que los cultivos puedan desarrollarse.
- B. Asegura las cosechas, contra sequías de corta duración.
- C. Enfriar el suelo y la atmósfera para mejorar las condiciones ambientales en bien del desarrollo vegetal.
- D. Llevar o diluir sales contenidas en el suelo.
- E. Reducir el peligro de erosión por la formación de cauces naturales de drenaje.
- F. Ablandar los terrones de tierra (19).

3.1.3 Evapotranspiración y necesidades hídricas del cultivo

La evapotraspiración, es la suma de los fenómenos de evaporación del suelo y transpiración de las plantas; la superficie del suelo se deseca emitiendo vaporizada a la atmósfera el agua que ocupa los macroporos y la que asciende por capilaridad; por otra parte la planta por cada kilo de materia seca que sea formada, traspira varias cientos de litros a través de los estomas, en proporción variable según la especie vegetal, lo que constituye su coeficiente de transpiración. La evapotranspiración se mide por la altura de lámina que ocuparía la capa de agua evaporada en un cierto período de tiempo, expresada comúnmente en milímetros. Existen varios métodos para el cálculo de la evapotranspiración, los cuales podemos clasificar en directos e indirectos. Dentro de los directos podemos mencionar el uso de lisímetros y parcelas de campo como lo menciona Herrera. La mas confiable de las indirectas es la que se determina por el Tanque A, además se pueden mencionar las diferentes fórmulas que se han desarrollado, entre ellas la mas confiable para el cálculo en Centroamérica es la de Hargreaves (23).

A consideración de Halvek el clima del lugar donde se encuentra el proyecto juega un papel fundamental en la determinación de las necesidades de agua, calculadas en base a la evapotranspiración potencial (ETP). A partir de este concepto, fundamentalmente climático, se traslada al concepto biológico de la evapotranspiración del cultivo (ETc), que se expresa en función de los denominados coeficientes de cultivo, “Kc”, según las necesidades de una planta en específico y en una fase vegetativa dada.

Los coeficientes del cultivo, por lo general, se determinan en centros de investigación, a partir de experiencias de campo muy escrupulosas y en condiciones climáticas bien definidas (22).

Las necesidades de agua de las plantas, pueden satisfacerse de diversas fuentes, tales como la lluvia natural, los movimientos ascendentes de agua capilar desde capas subyacentes freáticas y por supuesto por riego, que puede ser complementario de todas las anteriores. Por eso conviene distinguir bien entre las necesidades de agua de un cultivo y sus necesidades de riego. Wither, B. y Vipond citados por Cabrera, mencionan que el conocimiento del índice de consumo de agua por los cultivos y las características de retención del suelo son fundamentales para diseñar el sistema de suministro de agua y programación del proyecto de riego (9).

Los valores característicos de evaporación potencial son de 1 a 3 mm. de agua al día para los climas templados y de 5 a 8 mm al día en trópicos húmedos y de 10 a 12 mm al día en regiones muy áridas.

En sistemas de riego localizado es necesario corregir la evapotranspiración de cultivo (ETc) por efecto de localización, la cual se basa en la "fracción de área sombreada por el cultivo", (Ps) y se define como la "fracción de la superficie del suelo sombreada por la cubierta vegetal a mediodía en el solsticio de verano, respecto a la superficie total". A efectos prácticos se puede considerar la proyección sobre el terreno de la masa vegetal del cultivo.

Kéller (1978) citado por López propone la siguiente formula;

$$Uc = [ETP] [Kc] [(Ps/100) + (0.15(1-Ps/100))].....Ec. No.1$$

Donde:

Uc: uso consuntivo diario del cultivo o evapotranspiración de diseño. mm/día

ETp: uso consuntivo promedio diario durante el mes de máxima demanda, calculado por el método de Hargreaves de una área dada, mm/día.

Ps: porcentaje de sombra de la planta con relación a su área de influencia. Medida al medio día.

Kc = Coeficiente de cultivo (30).

3.1.4 Propiedades del suelo a efectos del riego

3.1.4.1 Textura

Avidan define textura como la expresión en porcentaje, en base del peso, de cada una de las cuatro fracciones del suelo. La clasificación de la textura según la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo agrupa las partículas de suelo de acuerdo a su diámetro, donde podemos mencionar la arena gruesa con un diámetro de 2 a 0.2 mm, la arena fina de 0.2 a 0.02 mm, el limo de 0.02 a .0002 y la arcilla con diámetros inferiores a 0.002 mm (6).

Sandoval citado por Zaldaña menciona que la textura determina en gran parte la retención del agua, el movimiento de agua en el suelo y la cantidad de agua disponible en las plantas; a la vez estos aspectos influyen de manera directa en el cálculo de la calidad de agua a ser aplicada, la frecuencia y el tiempo de riego. Además contribuye a decidir qué método de riego es el más adecuado a usar y algunas especificaciones del sistema. Moya menciona que la forma y dimensionamiento de bulbo es afectado por la textura del suelo, es así que un suelo arcilloso infiltra menos agua y la retiene con más fuerza que un arenoso. Por lo tanto, la forma del bulbo se achata en los primeros y se alarga en los segundos (35;47).

3.1.4.2 Estructura

La estructura es el término que se utiliza para referirse a las agregaciones de partículas de suelos en grupos de partículas primarias, las cuales están separadas de los agregados adyacentes por superficies de ruptura. La forma en que se aglutinan las partículas, es la que hace que el suelo reúna unas buenas o malas condiciones agrícolas para riego. La mejor estructura es la granular y la que presenta mayor problemática es la laminar (35).

3.1.4.3 Densidad aparente

El peso específico o densidad aparente es el peso seco por unidad de volumen del suelo, el cual incluye el volumen ocupado por las partículas sólidas y el volumen de los poros. 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 a aplicar en un riego (5).

3.1.4.4 Porosidad

La porosidad es el volumen ocupado por los poros en el suelo. Se expresa como un porcentaje del volumen total. La porosidad de los suelos minerales varía entre un 35% y un 60%. Se considera por

separado los poros por su diámetro, existiendo los macroporos y los microporos. Existe una relación entre porosidad y capacidad de campo. Se considera que, a capacidad de campo, los microporos están repletos de agua. La porosidad influye en la capacidad de retención de agua, movimiento de aire y agua, y el crecimiento del sistema radicular de las plantas, cuanto más fina es la textura, mayor es el número de poros existentes siendo éstos pequeños, por lo tanto el aire como el agua, circulan con gran dificultad ya que la capa de agua se adhiere a las partículas (6).

3.1.4.5 Permeabilidad

La permeabilidad, consiste en la facilidad que ofrece el suelo para ser atravesado por el agua. Lo que interesa conocer de este concepto, es la velocidad de infiltración del agua en el suelo. Es raro encontrar una parcela que sea uniformemente permeable, es por eso que emisores con el mismo caudal, hacen una mancha de humedad diferente.

Normalmente se mide el descenso en mm/hora, es decir los milímetros que baja el agua durante una hora. Como orientación en suelos cultivados se tienen las siguientes velocidades de descenso:

- Suelos arenosos..... de 19 a 25.5 mm/hora
- Suelos ligeros..... de 12 a 19 mm/hora
- Suelos medios..... de 10 a 12.5 mm/hora
- Suelos arcillosos..... de 7.5 a 9 mm/hora (35).

3.1.5 Riego por goteo

Tarchitzky menciona que el concepto del riego por goteo está basado en el humedecimiento directo del suelo, distribuidas en la parcela regada y caracterizada por tener una descarga baja en el entorno de 1 a 10 litros por hora (no mayor de 16 litros por hora). De esta manera sólo una pequeña parte del volumen total del suelo es humedecida. El sistema radicular de las plantas se desarrolla de acuerdo a la distribución del agua en el suelo (45).

En el volumen del suelo adyacente a la fuente de agua en el cual el contenido de humedad es alto, se desarrolla un sistema radicular muy ramificado y relativamente superficial. Alejándose de la fuente de agua, el contenido de humedad del suelo disminuye, y correlativamente decrece el desarrollo del sistema radicular. Esta situación lleva a la necesidad de proveer junto con el agua de riego, también los elementos nutrientes, los cuales son consumidos por las plantas a un ritmo rápido absorbiéndolos del volumen de suelo reducido en el cual es activo el sistema radicular (35).

Otras características del sistema de riego por goteo que lo diferencia del resto de los sistemas de riego conocidos, es la posibilidad y la necesidad de regar y proveer el agua y los fertilizantes frecuentemente, de acuerdo a nuestro deseo; gracias a esta característica se puede obtener mayores producciones. Avidan menciona que en el riego por goteo se forma un bulbo húmedo, cuya forma está afectada por el tipo de suelo, su estratificación, el caudal del emisor y la duración del riego (7).

Se caracteriza el riego localizado como aquel que:

- A. No humedece la totalidad el suelo, aplicando el agua sobre o bajo su superficie.
- B. Utiliza pequeños caudales a baja presión.
- C. Aplica el agua en la proximidad de las plantas a través de un número variable de puntos de emisión, que en algunos casos puede ser alto.
- D. Al reducir el volumen de suelo mojado y, por tanto, su capacidad de almacenamiento de agua, se opera con la frecuencia necesaria para mantener un alto contenido de humedad en el suelo. Es por esa última razón que se le llama riego de alta frecuencia (30).

3.1.6 Diseño agronómico de un sistema de riego por goteo

El diseño de una instalación de riego es el primer eslabón de una cadena que continúa con la ejecución de la instalación y posteriormente con las prácticas de manejo y conservación. Siendo el primer eslabón, se tiene la responsabilidad de establecer en forma precisa, los requerimientos de la planta, los cuales trascienden en el funcionamiento del sistema y son exigidos en la instalación. El diseño agronómico del riego, garantiza que la instalación es capaz de suministrar con eficiencia de aplicación óptima, las necesidades hídricas de cultivo durante el período de máximo consumo (6).

Se recomienda iniciar con la selección del emisor, para obtener el dato necesario de porcentaje de mojado en base al área de plantación, el cual afecta directamente proporcional en el cálculo de la lámina almacenable en el suelo.

Paralelo ha este dato se calcula el porcentaje de sombreado de la planta en base al área de la plantación, el cual afecta directamente en el cálculo de uso consuntivo; en base a los datos anteriores obtenemos la frecuencia de riego, lámina neta de aplicación, tiempo de riego y requerimiento de lavado (30).

Los datos que se necesitan para el diseño agronómico se pueden clasificar de la siguiente manera, como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Datos necesarios en un diseño agronómico.

DISEÑO AGRONÓMICO	
CULTIVO:	
DATOS DE CLIMA:	
ETP, método de Hargreaves	mm/día
DATOS DE PARCELA:	
área neta	metros cuadrados
espaciamento -dp-	m, entre planta en metros
espaciamento -ds-	m, entre surco en metros
DATOS DEL CULTIVO	
Kc	%/100
Profundidad radicular -Pr-	en cm
Diámetro del área proyectada al medio día.	en metros
Conductividad eléctrica del suelo (tabla) -CEe-	microsiemes/cm
Umbral de riego -Ur-	%/100
DATOS DEL SISTEMA DE RIEGO	
Método	Goteo
Emisor	Clase
Caudal de Emisor	Lt/hora
Numero de emisores por planta -e-	unidades
Espaciamento entre emisores	metros
Horas disponibles para el riego	horas
Espaciamento entre laterales	metros
DATOS DEL SUELO	
Textura	
Capacidad de campo -CC-	%
Punto de marchites permanente -PMP-	%
Densidad Aparente -Da-	gr/cc

3.1.7 Diseño hidráulico de un sistema de riego por goteo

El diseño hidráulico de la instalación tiene como finalidad conseguir el dimensionado óptimo de la conducción para satisfacer las exigencias establecidas en el diseño agronómico. Se puede mencionar el cálculo de número de unidades de riego, el diseño de las mismas que comprende la selección de válvula de paso, dimensiones de laterales y secundarias, accesorios de protección caudal y presión en la válvula de paso necesario para el funcionamiento, etc. (22).

Logrando el diseño, el número y ubicación de las unidades de riego, se prosigue al diseño del sistema de conducción, que concierne desde la fuente de agua hasta la válvula de paso de cada unidad, en este paso se tiene que garantizar la alimentación de caudal y presión en cada válvula de las unidades de riego.

Para el aprovechamiento de la fuente de agua, puede considerarse una estación de bombeo, si el sistema es deficiente de energía; en complemento a lo anterior, se mencionan obras civiles o de arte, finalizando con el listado de materiales de todo el sistema.

3.1.8 Ventajas y limitaciones del riego por goteo

Del riego localizado se mencionan las siguientes ventajas:

- A. Distribución exacta del agua
- B. Mantenimiento en la zona radicular en un potencial de agua del suelo alto.
- C. Humedecimiento parcial del suelo
- D. Control de malezas
- E. Alternativa para uso de aguas salinas
- F. Evita humedad en el follaje
- G. Aplicación de fertilizantes
- H. Adaptación de suelos marginales
- I. Adaptación de cultivos en invernáculos y bajo plástico.
- J. Adaptación a condiciones de viento
- K. Mayor área regada con limitaciones de caudal
- L. Evita escurrimiento superficial

Dentro las limitaciones tenemos;

- A. Taponamiento del emisor
- B. Acumulación de sales en el suelo en el frente húmedo.
- C. Falta de influencia en el micro-clima
- D. Alta inversión inicial (35).

3.1.9 Partes básicas de un sistema de riego por goteo

Una instalación de riego localizado consta básicamente de tres tipos de componentes: el cabezal de riego, la red de distribución de agua y los emisores.

La red de distribución o tuberías, tiene como función llevar el agua y los fertilizantes desde el cabezal a los emisores. Los materiales utilizados para su fabricación son el PVC y el PE, normalmente el primero para tuberías principales y secundarias en tramos enterrados, y el segundo para tuberías portagoteros, aunque en algunos casos los emisores pueden estar insertados de fábrica. Los emisores o goteros son el último eslabón y pieza clave del sistema, cuya misión es dosificar el agua aportada al cultivo. Existen varios tipos de emisores, en función del sistema en que se basan para reducir la presión con que circula el agua en su interior (35).

Se denomina cabezal de riego al conjunto de elementos destinados a filtrar, tratar, medir y suministrar el agua a la red de distribución. Contamos con un grupo de bombeo que dota al agua de la presión necesaria para alcanzar el punto más alejado de la red, puede formar parte del cabezal o estar alojado en un lugar independiente. Hay casos en los que el agua, llega a la instalación a través de una red de conducción, con la presión suficiente, siendo entonces innecesaria la estación de bombeo.

El sistema de filtrado es uno de los componentes principales del cabezal, y está compuesto por distintos tipos de filtros con los que se pretende eliminar las partículas y elementos que lleva el agua en suspensión y que pueden ocasionar obturaciones en cualquier parte de la red de riego, principalmente en los emisores.

Otro elemento de vital importancia es el equipo de fertirrigación que añade fertilizantes, microelementos, fitosanitarios, etc., al agua de riego.

3.1.10 Calidad de agua para riego

Castillo menciona que la calidad del agua para riego está determinada por la cantidad y tipo de sales que la constituyen. El agua de riego puede crear o corregir suelos salinos o alcalinos.

La concentración de sales en el agua de riego reduce el agua disponible para los cultivos, es decir la planta debe ejercer mayor esfuerzo para poder absorber el agua; puede llegar incluso a sufrir stress fisiológico por deshidratación, afectando su crecimiento. Dependiendo de la clase de sal disuelta, éstas alteran y modifican el desarrollo de la estructura del suelo, lo cual reduce su infiltración.

Para evaluar su aptitud para fines de riego, se debe en primer lugar hacer un muestreo representativo y luego en el laboratorio determinar los siguientes parámetros: cantidad de sales totales disueltas; niveles de calcio, magnesio, sodio, potasio, pH, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruro, boro y Razón de Sodio Adsorbido (RAS). La clasificación más utilizada es la que se fundamenta en la concertación total de sales C. E. (conductividad eléctrica) y en la razón de sodio adsorbido (11).

3.1.11 Los sistemas de riego en Guatemala

La agricultura de riego en el país se remonta a la época prehispánica, en las zonas de los actuales departamentos de Baja Verapaz y El Petén. En la época colonial, los dominicos implementaron aproximadamente 2,000 hectáreas con riego en los principales valles de la zona central y nororiental del país. MAGA menciona que en la década de los años 30, empresas transnacionales implementaron sistemas de riego y drenaje, estableciendo plantaciones de banano en las zonas costeras del atlántico y del pacífico (31).

Es de hacer notar que en la actualidad existen proyectos de riego en el litoral del pacífico donde el gobierno de Guatemala ha comprado fincas para convertirlas en microparciamientos y parcelamientos, distribuidos en su mayoría a campesinos de la zona occidental del país. El Estado inició su intervención en el desarrollo del riego en 1,957 a través del Ministerio de Agricultura y como consecuencia en 1,962 se puso en operación el primer sistema de riego en Asunción Mita, en el departamento de Jutiapa, incorporando 1,200 hectáreas a la agricultura intensiva bajo riego. De 1,962 a la fecha el Estado construyó 31 sistemas de riego con una área regable de 15,276 hectáreas. En 1,980 se inició la construcción de sistemas de mini-riego logrando hasta 1,996 apoyar la construcción de 456 sistemas de mini-riego que cubren alrededor de 4,042 hectáreas. El MAGA a través de DIRYA-PLAMAR en 1,995 inició la formulación y diseño de proyectos para el aprovechamiento del agua subterránea en la costa sur para explotar el potencial hídrico subterráneo del área costera, siendo financiados los primeros proyectos de mini-riego de este tipo por el FONDO DE INVERSION SOCIAL -FIS-.

Hoy en día, instituciones gubernamentales o no gubernamentales, proporcionan apoyo financiero y técnico para el diseño y ejecución de este tipo de proyectos. Así tenemos que según Acuerdo Ministerial 315-99, de fecha 2 de febrero de 1999, se constituye el Plan de Acción para la Modernización y Fomento de la Agricultura Bajo Riego, como una Unidad Especial de Ejecución adscrita al Despacho del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). En el ámbito nacional se le conoce como PLAMAR la cual es la encargada de facilitar el desarrollo de la práctica del riego en Guatemala. Varios agricultores en soledad u organizados se han avocados a este Plan y han obtenido efectos positivos luego del apoyo financiero y técnico.

López en el informe del capital hídrico y usos del agua de Guatemala, clasifica las necesidades de riego en el país según prioridad. Esta clasificación se muestra en la Cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de clases de prioridad de riego.

Clases de Prioridad de Riego				
Clase de prioridad	Lamina de déficit (mm)	Meses con déficit	Características de la demanda	Area Km2
1	>951	>9	Demanda de riego todo el año	4969
2	551- 950	6 a 9	Riego suplementario en periodo lluvioso y riego total durante la época seca	29074
3	351- 550	4 a 6	Riego total en época seca	36924
4	151- 350	2 a 4	Riego suplementario en época seca	24266
5	>150	<2	Sin necesidad de riego	14286
Total				108889

Se estima que las áreas con potencial agrícola, en función de la clase agrológica (I a IV) y con clase de prioridad de déficit (1 a 4 en el cuadro 2.), representan 2,622, 300 Has. El área que se encuentra en la actualidad bajo riego es aproximadamente 133,803 Has que representan el 5.1 %. De estas 133,803 Has son distritos de riego estatales, mientras 114,000 Has pertenecen al sector privado (28).

3.1.12 Seguridad alimentaria y la ejecución de proyectos de regadío

La FAO hace mención que el agua y la seguridad alimentaria están estrechamente relacionadas; aproximadamente 800 millones de personas en el mundo todavía pasan hambre y la mayoría de ellos viven en regiones deficitarias de agua.

Aproximadamente 1 000 millones de personas viven actualmente en lo que se define como pobreza absoluta, es decir, con ingresos diarios inferiores a un dólar EE.UU. La mayor parte de ellos padecen hambre crónica. En los países en desarrollo, de cuatro niños, más de uno tiene un peso inferior al normal, y en los más pobres de estos países esta situación se presenta en el cincuenta por ciento de las criaturas. Estos niños tienen un gran riesgo de enfermedades y muchos nunca llegan a ser adultos. En los países en desarrollo la desnutrición es la causa principal de mortandad de la mitad de los niños. Aquellos niños que sobreviven y llegan a ser adultos encaran un futuro limitado por el hambre, la falta de vivienda, el analfabetismo y el desempleo. En el futuro, una cuestión clave será si en las próximas décadas la escasez de agua será un serio impedimento para la producción de alimentos. Mucha gente piensa que conoce la respuesta, argumentando que la reserva mundial de agua renovable es constante y por tanto no puede ser incrementada. Consecuentemente, los recursos hídricos per cápita disminuyen a medida que aumentan la población y las necesidades; además, una gran parte del agua del mundo es malgastada sin control en regadíos ineficaces, muchos con extracciones insostenibles de aguas subterráneas (17).

La FAO determina que en los países en desarrollo durante los próximos 30 años se podría aumentar el área efectivamente regada en un 34 por ciento y necesitarían solamente un 14 por ciento más de agua para lograrlo. Para este propósito da dos explicaciones, la primera es que en algunos países en desarrollo se daría el cambio de dieta de la población; *la segunda explicación, que es más importante, es la convicción que en los próximos treinta años la eficiencia de riego puede incrementarse de un promedio del 38 por ciento a alrededor del 42 por ciento.* Además se menciona que en 93 países en desarrollo, en 1998 la extracción de agua para la agricultura fue aproximadamente 2 128 km³. Si la eficiencia de riego puede aumentarse hasta un 42 por ciento – y se menciona que es factible con un esfuerzo conjunto y aplicando la tecnología actualmente disponible -se calcula que en 2030 será necesario utilizar solamente 2 420 km³ de agua para regar una superficie neta cultivada algo más de un tercio superior a la actual. Una de las prioridades principales debe ser aumentar la eficiencia del riego, produciendo más por cada m³ de agua empleado. La FAO intenta hacer todo lo posible para ayudar a los países en este sentido, lo cual resultará en un aumento de la seguridad de los recursos hídricos y una mejora de la seguridad alimentaria.

De los 1 500 millones de hectáreas cultivadas en el mundo, se riegan unos 250 millones de hectáreas (17 por ciento). Sin embargo, este 17 por ciento proporciona alrededor del 40 por ciento de la producción mundial de alimentos; el 60 por ciento restante proviene de la agricultura de secano.

En las regiones tropicales con escasez de agua como el África subsahariana, la agricultura de secano se practica en más del 95 por ciento del área cultivada, y continuará siendo la principal fuente de

abastecimiento de alimentos de las poblaciones que allí aumentan constantemente. Aunque esta conclusión es optimista, no se debe olvidar que el agua es escasa en muchos países, y que otros también padecen localmente graves sequías. En los años venideros estos países y estas regiones necesitarán una atención especial y aumentar sus eficiencias de riego.

La FAO asegura que de los estudios de la reciente modernización del riego en Argentina, México y Perú se han obtenido un conjunto de "condiciones de éxito". Se menciona que la modernización es más eficaz si los usuarios del agua toman la iniciativa. En los casos estudiados los agricultores se habían dado cuenta de que no era posible "seguir en las mismas" y ejercieron presión para lograr que el sistema de irrigación fuera más eficiente. Además se menciona que todos los proyectos de modernización incluyen mejoras en materiales, la capacitación impartida a los usuarios del agua para utilizar buenas prácticas agrícolas, calcular las necesidades de agua y programar el riego. En estos estudios caracterizan que las personas que no estaban acostumbradas a pagar por utilizar el agua se dieron cuenta de que ésta no es gratuita y que a la larga "no se puede seguir contando con los subsidios del gobierno" (17).

3.2 Marco Referencial

3.2.1 Localización

El proyecto está ubicado en el Plan los Comunes del valle de Sansaria, que comprende la Cabecera del municipio de Sansare y las aldeas Los Cerritos y Buena Vista, del Departamento de El Progreso. El Plan De Los Comunes está determinado en ubicación, por los vértices del polígono definido por las siguientes coordenadas;

Sexagesimales		UTM	
Longitud Oeste	Latitud norte	Oeste	Norte
90° 7' 56"	14° 45' 50"	162750	1634550
90° 8' 4"	14° 45' 16"	162600	1633505
90° 7' 2"	14° 45' 11"	164350	1633350
90° 7' 6"	14° 45' 45"	164255	1634400

El Municipio de Sansare del Departamento de el Progreso está situado en la parte Centro-Oriente de la República de Guatemala, con una superficie aproximada de 118 Kms², geográficamente limita al norte con el Municipio de Guastatoya, al sur y al este con el Departamento de Jalapa, al oeste con el Municipio de Sanarate. La Cabecera Municipal está situada a 14°51'14" latitud Norte, y 90°04'07" longitud oeste del meridiano de Greenwich, con una altura sobre el nivel del mar de 790 metros.

3.2.2 Extensión territorial y colindancias

La Extensión territorial de El Plan de Los Comunes es de 137.2 hectáreas aproximadamente, (196 Mz.). El plan de los Comunes pertenece a pobladores de la cabecera municipal del Sansare y a las aldeas Buena Vista y Los Cerritos que en sumatoria se conoce como valle de Sansaria; conformando una extensión territorial de 521 hectáreas. El valle de Sansaria colinda al norte con Estación Jalapa, al sur con la aldea la Montañita, al este con los Llanos y al oeste con la aldea los Anonos.

3.2.3 Clima y zona de vida

A consideración de De la Cruz la zona de vida es el Monte Espinoso Subtropical donde recalca que las condiciones climáticas están representados por días claros en la mayor parte del año y una escasa precipitación anual, que generalmente se presenta durante los meses de agosto a octubre (14).

La temperatura de la zona oscila entre 20^o a 34^o Celsius, la precipitación promedio anual es de 680 mm. El clima que encontramos en el área de estudio es semiárido, con invierno benigno seco.

La vegetación natural está compuesta mayormente por arbustos y plantas espinosas; dentro de las principales especies que predominan, se puede mencionar las cactáceas, además el *Guayacum sp.*, *Pereskia sp.*, *Jaquinia spp.*, *Bucidia macostachys*, *Acacia farnesiana*, *Cordia alba*. La vegetación natural y fauna silvestre ha ido desapareciendo paulatinamente, debido a la incorporación de tierras a la agricultura y al mal manejo forestal. Las tierras de esta zona de vida solamente pueden ser utilizadas en fitocultivos con regadíos.

3.2.4 Hidrológica

EL valle El Plan de los Comunes cuenta con quebradas como;

El Capulín, Tío Alejo, Los Anonos, que forman el riachuelo de los Cerritos, encontrándose caudal únicamente en época de lluvia, éste corre hacia el Norte. En el Plan de los Comunes actualmente existen pozos artesanales que en promedio brindan un caudal de 1.5 litros por segundo durante 8 horas. Las profundidades de los pozos son de 12 a 24 mt. Dentro del área de estudio no existen pozos profundos, pero se puede hacer mención de pozos muy cercanos a la cabecera municipal y al área de estudio que suministran agua potable a la red predial; el caudal suministrado según estimación de los operarios, es de 370 galones por minuto, la profundidad de 650 pies y el diámetro de 10 pulgadas.

3.2.5 Suelos

El Valle de Sansaria cuenta con suelos poco profundos, o muy poco profundos en los casos donde la erosión ha sido muy severa; la textura del suelo superficial es franca y franco arcillosa, los sub-suelos son de textura franco arcillosa.

El Plan de los Comunes en donde se encontrará localizado el proyecto está caracterizado por tener suelos profundos, con una textura franca, e históricamente se registran altos rendimientos agrícolas. Tobías y Lira mencionan una correlación de los suelos, la cual es definida por Simmons et.al. (1959); donde los suelos de Sansare, taxonómicamente se encuentran en una suborden Usteps. El suborden Usteps es un inceptisol que está seco en su interior, entre 90 y 180 días del año, son suelos jóvenes, sin evidencia fuerte de desarrollo de sus horizontes, pero más desarrollados que los entisoles (46).

3.2.6 Servicios básicos

La mayoría de la población de las aldeas los Cerritos y Buena Vista cuenta con agua entubada proveniente del cerro Canahuí, luz eléctrica y drenaje. Los niños pueden tener acceso a la escuela primaria. La cabecera municipal se encuentra a 2 Km. por lo que la población puede tener oportunidad de la educación secundaria, capacitaciones ocupacionales, así como los demás servicios de la cabecera municipal.

3.2.7 Uso actual de la tierra

Tradicionalmente la población del Valle Sansaria se ha dedicado a la agricultura de temporal (invierno) y dentro de los productos que producen se puede mencionar: el maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), tomate (*Lycopersicum esculentum*), yuca (*Manihot sculenta*), mango (*Manguifera indica*) y otros.

El Plan los Comunes anteriormente fue un área de producción de yuca, ya que se contaba con suficiente demanda de los productores de harina. Actualmente existe una agricultura de subsistencia donde los cultivos son granos básicos; lo anterior planteado ha afectado principalmente el nivel de vida de las 61 familias propietarias y de la población de las aldeas los Cerritos y Buena Vista.

3.2.8 El cultivo de yuca (*Manihot sculenta* Crantz)

Zotyen menciona que la yuca (*Manihot sculenta* Crantz.), es originaria de Sudamérica, pertenece al orden Euphorbiales, a la familia Euphorbiaceae, al género *Manihot*. La yuca se cultiva en altitudes desde 0 m.s.n.m. hasta los 800 m.s.n.m., con temperaturas entre 20-27 °C, en suelos de textura franca a franca arenosa, con buen drenaje. La yuca es cultivada tradicionalmente en suelos de baja fertilidad, se propaga vegetativamente y a bajo costo por unidad de superficie, con rendimientos de hasta 7 Kg de raíces por planta. Tiene un alto contenido de carbohidratos, es tolerante a la sequía, plagas y enfermedades; la cosecha se realiza en varias épocas del año, se la utiliza en la industria y en la alimentación humana y animal, en forma fresca y procesada (48).

En Sansare las variedades más cultivadas son la Valencia y la Tapachulteca. La primera variedad es considerada excelente para consumo en fresco y la segunda buena para obtención de harina.

3.2.9 Manejo del agua en el cultivo de yuca (*Manihot sculenta* Crantz.)

Sena asegura que la producción de yuca, se incrementa un 60 % con la aplicación de riego, además se consigue mejorar la calidad de forma, peso y tamaño de los tubérculos, aumentando su contenido de carbohidratos (41).

Carballo, explica que las mermas en la producción puede ser afectadas por exceso o por deficiencias hídricas; asimismo mencionan que el ciclo de crecimiento de la yuca (siembra a cosecha), depende de las condiciones ambientales, siendo más corto (8 meses a 1 año) en áreas cálidas y largo (hasta 2 años) en regiones más frías o secas. El período óptimo de cosecha, varía con el cultivar. Si es cosechada antes de su período óptimo, los rendimientos serán bajos y si la cosecha es más tarde, el contenido de almidón y el de materia seca son bajos. Al comienzo de las lluvias después de un período seco o el riego abundante, el contenido de almidón declina dramáticamente (10).

Celis indica que para el establecimiento del cultivo es necesario un suelo húmedo en los primeros 20 días de siembra, ya que de lo contrario se puede afectar notoriamente la brotación. Si se presenta una sequía después de los dos primeros meses de crecimiento, las plantas dejan de crecer, las hojas se caen y la planta entra en un estado de latencia (12).

Según Menezes y como se muestra en la Figura No. 37A, el máximo requerimiento de agua en la yuca de ciclo corto tiene lugar entre del cuarto y al quinto mes después de la siembra (10).

A consideración de Shanmugavelu , si la planta de yuca de ciclo corto goza de agua disponible luego del cuarto mes, utiliza sus reservas de hidratos de carbono de las raíces y tallos, para producir nuevas hojas, siendo este un factor determinante para establecer el manejo de riego, recomendándose suspender el suministro de riego paulatinamente durante 20 días y luego restablecerlo, con el fin de obtener mayor producción de raíz. La cosecha de las siembras con riego complementario, debe ser realizada entre el 8^{vo} y 9^{mo} mes del cultivo para obtener mayor peso de raíces, materia seca y almidón (42).

4. OBJETIVOS

General:

1. Formular un proyecto que incorpore a la producción agrícola bajo riego las tierras pertenecientes a El Plan Los Comunes en el Municipio de Sansare, El Progreso.

Específicos:

1. Diseñar el sistema de riego localizado en base a las características de la zona y requerimientos del cultivo de yuca (*Manihot sculenta* Crantz.).
2. Determinar la viabilidad económica, social, técnica y ambiental del proyecto.

5. METODOLOGIA

5.1 Ubicación Del Área

Se realizó una observación a detalle, que determinó la ubicación exacta del área de influencia del proyecto, a través de la hoja cartográfica de Sanarate (2160II), de la cual se adjunta un segmento de la hoja cartográfica el área bajo estudio en la Figura 36A.

5.2 Estudio Social

El objetivo del estudio social fue conocer mejor a los beneficiados del presente proyecto, para lo cual se realizaron entrevistas obteniendo información respecto a los cultivos generadores de ingresos, alimentación básica, la función de la mujer y niños, número de miembros de la familia, preparación escolar de los niños, materiales de las que están hechas las casas, servicios básicos, números de ambientes, medios de transportes y tenencia de tierra. Todos estos parámetros se muestran en los resultados con el fin de evaluar el impacto social a mediano y largo plazo. La boleta en la que se apoyó la entrevista se presenta en el Cuadro 57A.

5.3 Fuentes Y Calidad Agua

En la hoja cartográfica Sanarate (2160II), se localizó fuentes de agua como pozo, río, nacimientos etc., que luego fueron confrontadas en las visitas técnicas de campo. Teniendo localizada la fuente de agua se consideró el caudal, teniendo en cuenta que éste puede ser limitante en el diseño. Para obtener la calidad de agua se tomó una muestra representativa de agua que luego fue llevada al Laboratorio de Suelo-Planta-Agua de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La clasificación se estableció por medio de la Conductividad Eléctrica C. E. y la relación de absorción de sodio RAS.

El sodio afecta la estructura del suelo y la infiltración al agua. El sodio por si solo provee poca información acerca de la calidad del agua, y su comportamiento depende más bien de los niveles de calcio y magnesio. Si el magnesio y calcio son altos, estos atenúan el efecto dañino del sodio.

Es por ello que es necesario el cálculo de la relación de absorción de sodio por medio de la siguiente expresión;

$$RAS = Na^+ / ((Ca^{++} + Mg^{++}) / 2)^{1/2} \dots\dots\dots Ec. 2.$$

Donde Na^+ , Ca^{++} y Mg^{++} representan las concentraciones en miliequivalentes por litro (meq/l) de los iones respectivos. Para la clasificación del agua de riego utilizamos parámetros definidos de C_e y RAS, ordenados como se muestran en la figura 15.

5.4 Estudio Topográfico

Para este estudio nuevamente se consideró el análisis de la hoja cartográfica y un caminamiento por el área de interés, para idealizar la forma del terreno, linderos, imprevistos en el levantamiento topográfico etc. Para la concepción del sistema fue necesario obtener el perfil y planta de terreno, para luego plantear la línea de conducción y distribución; Morales menciona que para obtener la planta del terreno, localización y forma exacta de las parcelas de riego, se utilizan coordenadas, calculadas a partir de distancias horizontales y ángulos azimutales obtenidos por el teodolito; para el calculo la distancia horizontal empleamos la siguiente ecuación;

$$Dh = (hs-hi) * \text{Sen}^2 (Av) \dots\dots\dots Ec. 3.$$

Donde:

DH: Distancia horizontal.

hs: hilo superior en cm.

hi: hilo inferior en cm.

Av: ángulo vertical.

Para complementar el cálculo de las coordenadas tenemos que;

$$X = \text{Sen} (Ah) * Dh \dots\dots\dots Ec. 4.$$

$$Y = \text{Cos} (Ah) * Dh \dots\dots\dots Ec. 5.$$

Donde

Ah: Angulo horizontal

Dh: Distancia horizontal en m.

Las coordenadas anteriores tienen referencia al Norte y a un punto en el plano (0,0), teniendo con ello las coordenadas reales o totales de cada punto de interés en el área de estudio (34).

El levantamiento del perfil se realizó paralelamente con la planta del terreno, tomando lecturas extras dentro y fuera de cada parcela de riego, apoyándonos en la utilización de teodolito y en la consideración hecha por Zurita de calcular la diferencia de nivel de puntos consecutivos de las estaciones y/o puntos observados sobre el perfil de interés, por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{DifH} = [(\text{hs}-\text{hi}) * \text{Seno} (\text{Av}) * \text{Coseno} (\text{Av})] + [\text{Aa} - \text{hm}] \dots \dots \dots \text{Ec. 6.}$$

Donde:

DifH: Diferencia de altura

hs: hilo superior en cm.

hi: hilo inferior en cm.

Av: ángulo vertical.

Aa: altura del teodolito.

hm: hilo medio.

Estas diferencias de altura están referidas a una cota conocida en m.s.n.m.

Teniendo la planta y el perfil del terreno, se idealizó la disposición más eficiente de las líneas de conducción y distribución para luego hacer un levantamiento de la planta y el perfil de las mismas.(49).

Toda la información calculada anteriormente, se plasmó en planos para el posterior uso en el diseño del proyecto y presentación del mismo.

5.5 Estudio Climatológico

Para obtener datos climatológicos fue necesario consultar los registros del Instituto Nacional de Sismología y Vulcanología, Meteorología e Hidrológica (INSIVUMEH). Estos datos se recopilaban de la estación más cercana al área del estudio (Morazán) para que sean representativos del área.

Los datos recolectados fueron los siguientes:

- Precipitación (mm)
- Temperatura(°C)
- Humedad Relativa (%)
- Velocidad del Viento(km/h)

5.6 Estudio Edafológico

El propósito del estudio de suelo fue determinar el potencial de producción agrícola para definir si es apropiada para la producción de yuca. Con este propósito se realizaron calicatas, según la heterogeneidad del lugar y de éstas se obtuvo las muestras tomadas del horizonte de 50 cm de profundidad. Estas muestras, identificadas debidamente, se llevaron para su análisis al laboratorio de suelo y agua de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos. Con el análisis físico efectuado se conoció la densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchites permanente. Del análisis químico se obtuvo información sobre pH y concentración de elementos como fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, zinc, hierro y manganeso.

5.7 Diseño Agronómico

5.7.1 Datos previos al cálculo

Indudablemente antes de iniciar con los cálculos fue necesario obtener datos requeridos en el diseño. Este paso es de gran importancia, ya que de la veracidad de los datos depende el éxito del diseño. Los datos necesarios se resumen en la Cuadro 1.

5.7.2 Cálculo de la evapotranspiración.

Se determinó la evapotranspiración máxima del cada cultivo utilizando el método de Hargreaves. A consideración de Herrera, es uno de los métodos más prácticos y confiables para la región Centroamericana. La fórmula para la evapotranspiración mensual es la siguiente;

$$ETP = 0.0075 * TMF * RSM \dots\dots\dots Ec. 7.$$

Donde;

ETP: Evapotranspiración potencial (mm/mes).

TMF: Temperatura media mensual, Grados Fahrenheit.

RSM: Radiación solar incidente mensual.

La radiación solar incidente mensual, calculada por medio de la siguiente expresión:

$$RSM = 0.075 * RMM * S^{1/2} \dots\dots\dots Ec. 8.$$

RMM = radiación mensual extraterrestre, mm/mes. (RMM = RS * días del mes)

RS, Radiación solar que es determinada por la Cuadro 3.

$$S = 12.5 (100 - Hr)^{1/2} \dots\dots\dots Ec. 9.$$

Hr = humedad relativa en porcentaje.

S : Brillo Solar mensual en % (1 a 100).

Cuadro 3. Valores medios mensuales de radiación solar extraterrestre -RS-

-RS- (mm/día)												
Latitud norte	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	15.07	15.53	15.71	15.21	14.47	13.97	14.19	14.95	15.61	15.66	15.23	14.9
5	14.23	14.96	15.56	15.55	15.09	14.74	14.9	15.39	15.63	15.24	14.47	13.98
10	13.3	14.28	15.27	15.72	15.61	15.42	15.51	15.72	15.54	14.71	13.61	12.98
15	12.29	13.51	14.83	15.77	16.02	16	16.02	15.93	15.33	14.07	12.66	11.91
20	11.2	12.664	14.37	15.7	16.32	16.48	16.42	16.04	15	13.33	11.63	10.76

Fuente: Herrera (23).

Para fines de diseño se utilizó la evapotranspiración máxima mensual del cultivo que más exigencias hídricas tenga, dividido el número de días del correspondiente mes, para obtener la evapotranspiración máxima diaria.

5.7.3 Selección del emisor

Fue necesario iniciar con la selección del emisor, ya que este nos brinda información respecto al área de mojado (%), dato necesario en el cálculo de lá lamina neta máxima que puede almacenar el suelo; el porcentaje de área mojada es vinculado con el porcentaje de sombreada por la planta, porque este último en el caso del yuca, tiene que ser menor; el porcentaje de área mojada además debe de encontrarse en el rango de 30 al 70 % y según evaluaciones realizadas por Avilan, es necesario la formación de una franja de mojado, lográndose con un traslape mayor al 25% en el riego localizado de yuca (5), (8).

Para la selección del emisor se tomó en cuenta lo mencionado por Tapia:

- Una descarga baja, uniforme y constante (0.5 a 16 l/h).
- Económico y compacto y resistente a la contaminación química y ambiental
- Estabilidad de la relación caudal-presión a lo largo del tiempo (44).

Para el cálculo del porcentaje de mojado se utilizo la ecuación;

$$Ph \% = [(e * Ame) / (dp * ds)] * 100 \dots \dots \dots Ec 10.$$

Donde;

Ph %: porcentaje de suelo mojado por los emisores.

Ame: Área mojada por emisor, m².

e: número de emisores por planta.

dp : distancia entre plantas, m.

dí : distancia entre surcos, m. (5)

El cálculo del área mojado del emisor (Ame) con traslapes, se realizo con la consideración hecha por Jiménez;

$$Ame = [\pi - 2[\alpha - (1 - (S/200)) * \text{seno } \alpha]] * Rm^2 \dots\dots\dots Ec. 11.$$

Siendo;

$$\alpha : \text{arctag} [(1/(1 - (S\%/200))^2) - 1]^{1/2}$$

Donde;

S: % de traslape entre diámetro de bulbo.

Rm: Radio del bulbo de humedecimiento. (26)

El radio del bulbo de mojado se obtuvo haciendo pruebas de campo con el caudal que proporciona el emisor seleccionado durante 6 horas y realizando mediciones periódicas de las dimensiones del bulbo mojado. En el caso del porcentaje de traslape del diámetro del bulbo se consideró que;

$$S = 100 * [2 - (de/Rm)] \dots\dots\dots Ec. 12.$$

Donde;

de : distancia entre emisores contiguos.

En contraparte para el cálculo del porcentaje de mojado del emisor, se comparó con la información publicada por Karmeli y Kéller, en base al espaciamiento de laterales y emisores, textura del suelo y descarga del emisor. Dicha información se presenta en Cuadro 4.

Cuadro 4. Porcentaje de Mojado causado por el Emisor (Ame) Según Karmeli y Kéller.

Espaciamiento entre Lateral (m)	Descarga del Emisor (Lt/h)														
	Menos de 1.5			2			4			8			Mas de 10		
	Textura del Suelo														
	Arenosa	Franca	Arcillosa	Arenosa	Franca	Arcillosa	Arenosa	Franca	Arcillosa	Arenosa	Franca	Arcillosa	Arenosa	Franca	Arcillosa
	Espaciamiento de los emisores sobre el lateral														
	0.2	0.5	0.9	0.3	0.7	1	0.6	1	1.3	1	1.3	1.7	1.3	1.6	2
0.8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	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	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	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	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	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6	5	12	20	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

Fuente: Avidan (5).

Para el cálculo de sombreado, fue necesario calcular el promedio del área de proyección de 15 planta representativas al medio día, seguidamente se aplicó la siguiente ecuación;

$$Ps = 100 * (Ap / dp * ds) \dots \dots \dots \text{Ec. 13.}$$

Donde;

Ps: porcentaje de sombreado (%).

Ap: área de proyección de una planta al medio día (promedio) (m²).

ds: distancia entre surcos contiguos (m).

5.7.4. Lámina de diseño para goteo

Siguiendo la metodología de Razuri y Jara que toman en consideración que el riego por goteo es localizado y reduce el desperdicio, el cálculo de la evapotranspiración de diseño se obtuvo de la siguiente manera;

$$Uc = [ETP] \{ Kc \} [(Ps/100) + (0.15(1-Ps/100))] \dots \dots \dots \text{(Ec.1)}$$

Donde;

Uc: evapotranspiración de diseño.

Considerando;

ETP: Evapotraspiración potencial (mm/día).

Ps : Porcentaje de sombreado (%).

Kc: Coeficiente de cultivo (Cuadro 5) (36, 25).

En el Cuadro 5. encontramos los Kc máximos de diferentes cultivos.

Cuadro 5. Kc de diferentes cultivos.

Cultivo	Coeficiente Del Cultivo (Kc)
Cebolla	0.95
Crucíferas	0.95
Cucúrbitas	0.9
Frijol	0.95
Girasol	0.9
Lentejas	1
Maíz	1.05
Mani	0.95
Pimienta	0.8
Rábano	0.85
Sorgo	0.9
Soya	0.9
Tomate	1
Yuca (mandioca)	0.8
Zanahoria	0.9

Fuente: Abdel (1).

5.7.5 Lámina neta máxima

La lámina máxima correspondiente al umbral de riego se cálculo en base a:

$$LAN_x = ((CC - PMP) / 100) * pr * Dap * Ph * Ur \dots \dots \dots Ec.14$$

Donde;

LAN_x : Lámina máxima rápidamente aprovechable (cm).

CC: capacidad de campo (%)

PMP: punto de marchites permanente (%)

pr: profundidad de suelo de la zona radical (cm)

Dap: densidad aparente (gr/cm^3)

Ph: porcentaje de humedad o área mojada

Ur: umbral de riego. (0.5)

5.7.6 Frecuencia de riego y lámina neta de aplicación de riego

Para el cálculo de la frecuencia de riego se utilizó la siguiente expresión;

$$Fr = LAN_x / Uc \dots \dots \dots Ec. 15.$$

Donde;

Fr: frecuencia de riego (número entero).

Uc: evapotranspiración de diseño en cm/día.

Luego se calculó, la lámina neta de Riego (Ln) tomando en cuenta la frecuencia de riego (Fr) redondeada a un número entero;

$$Ln = Uc * Fr * 10 \dots \dots \dots Ec. 16.$$

Donde:

Ln : lámina neta en mm.

6.7.7 Requerimiento de lavado

Para este paso se utilizó la siguiente formula;

$$RL = (CEar/2(\max CEE) * 100) \dots \dots \dots \text{Ec. 17.}$$

Donde;;

RL: requerimiento de lavado (%)

Cear: conductividad eléctrica del agua de riego (mmhos/cm)

CEe: conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo,

Cuadro 6 (mmhos/cm).

Cuadro 6. Mínimos y máximos valores de CEE (mmhos/cm) para diferentes cultivos.

CULTIVO	Cee		CULTIVO	Cee	
	Min	Max		Min	Max
<i>Anules</i>			Algodón	7.7	27
Cebada	8	28	Trigo	6	20
Yuca	2	12	Sorgo	4	18
Maiz	1.7	10	Frijol	1	6.5
<i>Frutales</i>					
Palma datilera	4	32	olivo	2.7	14
Toronja	1.8	8	Naranja	1.7	8
Limón	1.7	8	Manzana	1.8	8
Pera	1.7	8	Melocotón	1.7	6.5
Vid	1.5	12	Aguacate	1.3	6
Fresa	1	4	Albaricoque	1.6	6
<i>Hortalizas</i>					
Remolacha	4	15	Brócoli	2.8	13.5
Tomate	2.5	12.5	Pepino	2.5	10
Espinaca	2	15	Repollo	1.8	12
Papa	1.7	10	Maíz Dulce	1.7	10
Papa Dulce	1.5	10.5	Lechuga	1.3	9
Cebolla	1.2	7.5	Zanahoria	1	8

Fuente: FAO (16).

5.7.8 Lámina bruta y tiempo de riego

Dependiendo de la relación de transpiración se distinguen dos casos para el cálculo de la lámina bruta (LB);

a. Cuando $Rt \geq 1/(1-RL)$ ó $RL \leq 0.1$

Se considera que:

$$LB = (Ln * Rt) / (Cu/100) \dots \dots \dots \text{Ec. 18.}$$

b. Cuando $R_t < 1/(1-RL)$ y $RL > 0.1$

Se considera que:

$$LB = L_n / ((Cu/100)*(1-RL)) \dots \dots \dots \text{Ec.19.}$$

Donde:

LB: lámina bruta en mm.

R_t : relación de transpiración, Cuadro 7.

RL: requerimiento de lavado

Cu: coeficiente de uniformidad (90 %)

L_n : lámina neta en mm

Cuadro 7. Relación de transpiración estacional.

Clima y profundidad radicular	Textura del Suelo			
	Muy Gruesa	Gruesa	Media	Fina
Arido				
0.75	1.15	1.1	1.05	1.05
0.75-1.5	1.1	1.1	1.05	1
mayor de 1.5	1.05	1.05	1	1
Humedo				
0.75	1.45	1.25	1.15	1.1
0.75-1.5	1.25	1.2	1.1	1.05
mayor de 1.5	1.2	1.1	1.05	1

Fuente: Razuri (36).

Para el cálculo de tiempo de riego fue necesario conocer la precipitación horaria del sistema, apoyándonos en el caudal y el área de influencia del emisor;

$$Phr = qe / (de * dl) \dots \dots \dots \text{Ec. 20.}$$

Donde;

Phr: Precipitación horaria del sistema.

qe: caudal del emisor (m^3/h).

de: distanciamiento entre emisor en (m).

Para el cálculo de tiempo de riego tenemos que:

$$Tr = L_b / Phr \dots \dots \dots \text{Ec. 21.}$$

Donde;

Tr: Tiempo de riego en horas.

Phr: Precipitación horaria del sistema (mm).

5.8 Diseño Hidráulico

5.8.1 Número y diseño de la unidad de riego

Una consideración importante fue el tamaño de la unidad, para ello se calculó el número total de unidades por medio de la siguiente expresión;

$$N = [(H*Fr) / Tr] \dots\dots\dots Ec. 22.$$

Donde;

N: número de unidades

H: tiempo en horas que se tiene dispuesto para regar al día; definido según caudal disponible y preferencias del futuro usuario.

Fr: frecuencia de riego en días

Tr: tiempo de riego en horas

Para determinar el número de turnos por día, se consideró la disponibilidad de horas de riego al día y el tiempo de riego calculado en el diseño agronómico. Para conocer la superficie a regar por turno se dividió el área total designada al riego por el número de unidades de riego. En consenso y con bases técnicas se determinó el área a regar por beneficiario, llamándole a esta, sub-unidad o parcela clásica, las cuales conformaron las unidades de riego. Establecida el área y forma de la parcela clásica, se dispuso de la posición exacta de los laterales, emisores, distribuidora, válvula regulador de presión, filtro, etc., considerando las prácticas del cultivo y la disposición más económica; además el diseño conllevó la determinación del caudal y la presión de entrada de la parcela. El cálculo del caudal depende directamente de la cantidad de los emisores; el cálculo de la presión de entrada depende de la presión de trabajo del emisor, pérdidas por fricción durante la conducción y la topografía (Forma y diferencia de nivel del terreno). La localización de los componentes del sistema de la unidad de riego se plasmó en planos.

Para el cálculo del diámetro de tuberías se tomó como limitante la velocidad recomendada del agua a través de tubería por las normas ASAE, que es de 1.5 a 2.4 m/s; siempre buscando el equilibrio entre menor pérdida por fricción y economía (4).

El cálculo de las pérdidas por fricción de los accesorios pueden ser encontradas en publicaciones hechas por las casas fabricantes o como en el caso por tuberías utilizando la fórmula de *Hazen - Williams* que es la recomendada para las diferentes conducciones que componen el sistema de riego localizado.

Según Streeter y el Manual técnico General de Durman, *La ecuación de Hazen - Williams* para encontrar las pérdidas de presión por fricción en tubería, expresada en metros, se utiliza;

$$H_f = (1.131 * 10^9) * ((Q / C)^{1.852}) * ((D)^{-4.872}) * (L) \dots \text{Ec. 23.}$$

Donde;

H_f: Pérdida de carga debida a fricción (mt.)

Q: Caudal (m³ / hr.)

C: Coeficiente de fricción de la tubería.

D: Diámetro de la tubería. (m.m.)

L: Largo de la tubería (mt.) (43), (15).

A efecto del número de salidas que tenga la conducción se multiplicó por el factor correspondiente de Christianse F, que tiene en cuenta la disminución progresiva del caudal. El valor de F se obtuvo según la expresión siguiente;

$$F = [1 / (1 + m)] + [1 / (2 * n)] + [(m - 1)^{1/2} / (6 * n^2)] \dots \text{Ec. 24.}$$

Donde;

m : exponente de la velocidad que en la fórmula de *Hazen - Williams* es igual a 1.85

n: número de salidas en línea de conducción.

F : Factor de Christianse. (15)

Para el cálculo de la presión necesaria en la entrada a la parcela clásica se utilizó la siguiente expresión;

$$CEPC = H_f + H_{fm} + P_e + Z \dots \text{Ec. 25.}$$

Donde;

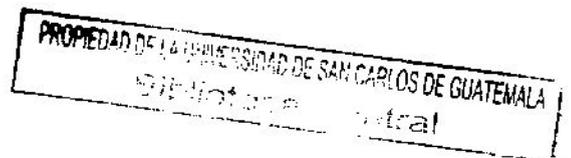
CEPC = carga en la entrada de la parcela clásica en m.c.a.

H_f = pérdidas por fricción desde la válvula de paso hasta el emisor más alejado o el más crítico.

H_{fm} = pérdidas por fricción de los accesorios.

P_e = presión de trabajo del emisor

Z = diferencia de nivel.



5.8.2 Diseño del sistema de conducción

El diseño se hizo tomando en cuenta que las tuberías secundarias, terciarias y las principales tienen como función transportar el caudal necesario a todas las secciones y sub-unidades del proyecto; además la presión requerida para hacer funcionar los equipos en condiciones de máximo consumo. El diseño de éstas consistió en elegir los diámetros de las tuberías con las cuales la operación resultara más económica y funcional, por lo que fue necesario de un análisis de todo el sistema para determinar las necesidades máximas de capacidad y presión. Igualmente se consideró como limitante la velocidad recomendada del agua a través de tubería por las normas ASAE, que es de 1.5 a 2.4 m/s; buscando el equilibrio entre menor pérdida por fricción y economía. Para el diseño de las tuberías terciarias y secundarias (ramales) se determinó el punto óptimo de alimentación (4).

Para el análisis de presiones de la tubería de conducción se realizó el trazo de la línea piezométrica, la cual representa en términos generales la relación entre carga disponible y pérdidas de carga, en cada tramo de una línea de conducción de un fluido. Este trazo nos ayudó a decidir la presión de diseño del tramo analizado; se logro calcular con la siguiente ecuación;

$$CFT = (CIT \pm CA) - (Hf) \dots \dots \dots \text{Ec. 26.}$$

Donde;

CFT= carga al final del tramo en estudio.

CIT= carga al inicio del tramo.

CA = Carga perdida o ganada por efectos altimétricos.

Hf. = Pérdidas de carga por fricción.

Por último se plasmó en planos de planta-perfil las conducciones diseñadas así como la localización de válvulas de compuerta, alivio, aire y limpieza, cajas rompe-presiones y otros componentes protección.

5.8.3 Sistema de bombeo

Como no se dispone de presión, será necesaria la instalación de un equipo que alimente el sistema. En la recomendación de la moto-bomba, determinamos los siguientes cálculos hidráulicos;

Aspiración: el objetivo de este cálculo fue saber la altura desde el espejo de agua que será succionada hasta el eje de la bomba, H_s , para ello se toma en cuenta la carga neta positiva de succión que es la diferencia entre la carga absoluta total en el lapso de la succión de la bomba y la carga de presión de vapor. La carga neta positiva de succión requerida, NPSHr (net positive suction head, por sus siglas en inglés), es la energía en pies o metros de carga de líquido que se necesita en la succión de la bomba por arriba de la succión de vapor del líquido a fin de que la bomba entregue una capacidad dada a una velocidad, tiene que ser menor a la carga neta positiva de succión disponible en la bomba a usar, NPSHd.

La carga neta positiva de succión requerida se calculó a partir de la siguiente ecuación;

$$\text{NPSHr} = \text{Cpat.} - (\text{Hs.} + \text{Hf.s} + \text{Hv}) \dots \text{Ec. 27.}$$

Donde;

Cpat. = Carga por presión atmosférica. (mt.)

Hs = Altura de succión, del espejo de agua al centro de la bomba. (mt)

Hf.s = Pérdidas por fricción en la succión. (mt)

Hv. = Presión de vapor del líquido a la temperatura de succión. (mt)

Conociendo la NPSHr podemos conocer la altura de succión, H_s , que es el dato necesario en este paso.

Impulsión: para el cálculo de la potencia se tomó en cuenta la carga o presión (H) y el caudal (Q) máximo necesario en el sistema, además la eficiencia total del proceso(N).

$$\text{HP} = (\text{Q}(\text{m}^3/\text{h}) \times \text{H}(\text{m.c.a.})) / (274 \times \text{N}(\%)) \dots \text{Ec. 28.}$$

Donde;

H: carga o presión, m.c.a

Q: caudal máximo, m^3/h

N: eficiencia total del proceso.

Para el cálculo de la presión (H) máxima del sistema se utilizó la siguiente expresión:

$$\text{H} = \text{CEUc} + \text{Hfc} + \text{Hfm} + \text{Z} \dots \text{Ec. 29}$$

Donde;

CEUc: carga en la entrada de la unidad crítica de riego en m.c.a.

Hfc: pérdidas de fricción de la conducción.

Hfm: pérdidas de fricción de los accesorios.

Z: diferencias de altura.

5.8.4 Obras civiles y cuantificación

Dentro la construcción de obras civiles contemplaremos las cajas rompe presiones, guarda válvulas, depósito de almacenamiento, pozo, pasos aéreos de tuberías, etc. Como paso final de diseño se cuantificaron los materiales necesarios para la ejecución del proyecto, se definió la calidad y características, así como el costo del equipo a adquirir.

5.9 Estudio Financiero Del Proyecto

En base a lo descrito por Sapag y Grassi los términos de costos de inversión e ingresos esperados se presentaron de la siguiente manera:

- A. Estimación de costos de inversión o gastos conformados en la ejecución del proyecto.
- B. Costos de Administración, operación y mantenimiento a incurrir relacionado por: recursos humanos, materiales, energía y otros.
- C. Costos de producción de los principales cultivos del área y del cultivo propuesto en el proyecto.
- D. Estimación de ingresos esperados por la producción sin proyecto.
- E. Estimación de ingresos esperados por la producción con proyecto.

Todos los datos anteriores se recopilaron en el campo, considerando detalles y recomendaciones hechas por los beneficiarios, constructoras, consultores especialistas, etc.

No considerando gastos implícitos del proyecto de riego, se estableció utilidades que el proyecto genera, creando una comparación de la situación sin proyecto versus con proyecto. Luego se generó un flujo de fondos obteniendo los beneficios netos, tomando en cuenta todos los egresos causados por en la amortización de la deuda, impuesto, ejecución, operación y mantenimiento del proyecto de riego y teniendo como ingreso solamente el beneficio, que representa la diferencia de los ingresos con proyecto y los ingresos sin proyecto. La generación de los beneficios netos tiene como análisis financiero, en base de los siguientes índices:

Valor Actual Neto (VAN): Entendiéndose como la cantidad máxima que debe pagarse por una oportunidad de inversión. Determina lo que vale hoy una cantidad futura.

Tasa Interna de Rentabilidad (TIR): Es la tasa de rendimiento de una inversión; y es la tasa de interés que iguala la corriente actualizada de los beneficios con la sumatoria de los costos actualizados.

Como paso final se realizó una análisis de sensibilidad, ya que es importante considerar, que un proyecto puede ser afectado por cambios en los precios de los productos, producción, servicios, insumos, etc., conociendo si el proyecto resulta rentable ante cambios que no pueden manejarse, por tal motivo se estableció tres diferentes escenarios;

- A. Dejando los beneficios normales y aumentando en un 20% los costos de la mano de obra por los beneficiarios y los asignados a la producción, operación y mantenimiento.
- B. Reducción de los ingresos en un 20% (venta del producto) y dejando los costos originales.
- C. Los costos aumentaron 20% y al mismo tiempo los ingresos disminuyeron en 20% (39, 21).

5.10 Estudio De Mercado

En el análisis de mercado se consideraron los siguientes aspectos de importancia;

A. El producto en el mercado;

Donde por medio de revisión bibliográfica y consulta con expertos se definió:

- a. Definición del producto.
- b. Producto principal y subproductos.
- c. Productos sustitutos o similares.
- d. Productos complementarios.

B. Comportamiento de la demanda y de la oferta;

Se investigó la situación actual por medio de series estadísticas básicas, estimación de la demanda actual, distribución espacial, tipología del consumidor e inventario de los principales proveedores.

C. Comportamiento de los precios:

Se investigó y recopilaron las series históricas y precios actuales para obtener una estimación de la evolución de precios.

D. Análisis de la comercialización:

Se caracterizó la comercialización que existe en el medio.

5.11 Evaluación De Impacto Ambiental (IA)

Leal menciona que Impacto Ambiental (IA) es cualquier alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del medio ambiente, causada por cualquier forma de materia o energía resultante de actividades humanas que directa o indirectamente afecten; Para el presente estudio se considero los siguientes macrofactores;

- A. aire
- B. agua superficial y subterránea
- C. suelo
- D. flora y fauna
- E. paisaje
- F. sociedad (salud y bienestar)

Una evaluación de los impactos ambientales trae beneficios a la sociedad, porque la identificación de esos impactos permite utilizar las tecnologías más adecuadas para la protección de;

- A. Las condiciones estéticas y sanitarias del medio ambiente.
- B. la salud, la seguridad y el bienestar público.
- C. la calidad de los recursos naturales.

El propósito de una evaluación de impacto ambiental es asegurarse que los recursos naturales, los aspectos socioeconómicos y culturales involucrados, aún indirectamente, puedan ser reconocidos antes del inicio de una obra o acción para protegerlos con una buena planificación, tomando las decisiones adecuadas.

Para realizar dicha evaluación fue necesario describir las "Características del Área de Estudio" y luego identificar las "Fuentes generadoras de impacto al ambiente por el proyecto" y los "Factores, características y condiciones del medio ambiente que serán afectados por la implementación del proyecto" (27).

Para el análisis y saber la importancia y magnitud en que es afectado el ambiente, se utilizó la matriz de Leopold, que es una lista vertical de los factores, características o condiciones, afectadas por las actividades del proyecto contra una lista horizontal de tipologías de impacto.

En esta matriz se considera como tipología de impacto como la intensidad, extensión, momento, persistencia, interrelación de las acciones nocivas; así como la variación de la calidad del ambiente como su capacidad de recuperación y la necesidad de aplicación de medidas. Para el uso de la matriz se tiene que tener claro cada una de las tipologías donde se menciona lo siguiente;

A. Variación de la calidad ambiental. Diferencia impacto positivo e impacto negativo, siendo este último, aquel que representa efectos negativos por pérdida de valor paisajístico, estético, de productividad ecológica o aumentos de perjuicios por efectos contaminantes, de erosión, etc.

B. Intensidad o grado de destrucción. La intensidad representa el grado de incidencia que tiene una acción determinada sobre un factor ambiental, pudiendo establecerse tres categorías: Notable o Muy alto, Medio y Alto, Mínimo o Bajo.

C. Extensión. Según la localización de la acción impactante, se definen cinco categorías: puntual, parcial, extremo, total, ubicación crítica. La primera de ellas corresponde a un efecto muy localizado; un impacto total es aquel cuyo efecto se manifiesta de manera generalizada en todo el entorno considerado, y un impacto de ubicación crítica es aquel en que la situación en que se produce el impacto es extrema, dándose normalmente en impactos puntuales.

D. Momento en que se manifiesta. El momento, o plazo de la manifestación del impacto, se refiere al tiempo que transcurre entre la aparición en escena de una acción o intervención humana, y el comienzo de alteraciones o efectos sobre un factor ambiental determinado; pueden ser diferenciados así, tres tipos de impactos: Latente, Inmediato y Momento crítico. El primero es aquel que se manifiesta al cabo de cierto tiempo luego de iniciadas las actividades, y es el caso de la contaminación de suelos a raíz de la acumulación de productos químicos agrícolas, pudiendo manifestarse las consecuencias en el corto, mediano o largo plazo. El impacto Inmediato es aquel en que el tiempo que transcurre entre el inicio de la actividad que genera el impacto y el de manifestación del mismo es nulo;

F. Persistencia. La persistencia corresponde al tiempo que previsiblemente, permanecerá un efecto o impacto desde su aparición, y a partir del cual el medio regresará a sus condiciones iniciales o línea base, bien sea por la introducción de medidas de remediación o por la actuación de los mecanismos propios de recuperación de la naturaleza. Pueden ser diferenciados, con base en su persistencia en el tiempo, dos tipos de impactos: temporal y permanente. En el tipo temporal, se supone una alteración no permanente o constante en el tiempo, y diferencia a su vez en éste tres tipos de impacto según su duración: Impacto Fugaz (duración del efecto inferior a un año), Impacto Temporal como tal, si la duración del impacto está entre uno y tres años, y Pertinaz si dura entre cuatro y diez años. El impacto de tipo Permanente, por su parte, es aquel que permanece en el tiempo por espacio de diez o más años,

G. Capacidad de recuperación. Hace relación a la posibilidad que tiene el medio de volver a su estado anterior. La reversibilidad de un impacto representa la posibilidad que tiene un factor de ser reconstruido o de regresar a su estado original, por los medios naturales, una vez la acción que produjo dicho efecto, deja de actuar. Se diferencian seis tipos de impactos donde llamaremos Irrecuperable, cuando la alteración del medio, es imposible de recuperar tanto por acción humana como natural. Irreversible, donde la dificultad es extrema para retornar por medios naturales a la situación anterior a la acción. Reversible es cuando el medio puede recuperarse gracias a mecanismos de autorregulación ecológica, en el corto, mediano o largo plazo. Se considera reversible, cuando el tiempo de permanencia a partir del cese de la actividad que lo induce, es inferior a 10 años. Mitigable cuando el efecto de la acción puede mitigarse sustancialmente mediante el establecimiento de medidas correctoras; y recuperable, cuando la alteración puede eliminarse por intervención humana mediante establecimiento de medidas correctoras.

H. Interrelación de acciones y/o efectos. Se diferencian tres tipos de impactos según las consecuencias, se manifiesten en uno o varios componentes ambientales, y según se detecten efectos acumulativos así como se generen nuevos impactos. Simples, cuando su efecto se manifiesta sólo en un componente ambiental, sin efectos acumulativos ni de generación de nuevos efectos. Los acumulativos, son aquellos que el efecto aumenta con el tiempo su gravedad en razón de la incapacidad del medio para eliminarlo de manera mínima a la tasa en que éste se produce. Sinérgico, cuando el efecto conjunto de varias acciones conlleva una incidencia ambiental de mayor importancia a la que se tuviera con la suma de las incidencias consideradas cada una por aparte. Se incluyen además, aquellos cuyo modo de acción induce con el tiempo la aparición de otros nuevos.

I. Periodicidad. Tiene relación con el comportamiento funcional y la continuidad que tenga el impacto o efecto a lo largo del tiempo; puede ser de cuatro tipos; continuo si su efecto se manifiesta a través de alteraciones con una permanencia constante en el tiempo. El discontinuo, se diferencia del anterior porque su efecto se manifiesta a través de alteraciones irregulares en su permanencia. Periódico, cuando su efecto se manifiesta en forma intermitente y continua en el tiempo -cíclica o recurrente. Y aparición irregular, si su efecto se manifiesta en forma imprevisible en el tiempo, y es preciso evaluar sus alteraciones en función de una probabilidad de ocurrencia, especialmente cuando revisten gravedad excepcional.

J. Necesidad de aplicación de medidas correctoras. El impacto puede ser crítico, severo y moderado. El primero de ellos es homologo al impacto irrecuperable, su magnitud supera el umbral aceptable, y su corrección es imposible aún con la adopción de medidas correctoras. El impacto severo se homologa al impacto recuperable, y lleva por tanto implícita su recuperación mediante el establecimiento de medidas correctoras, sin embargo la recuperación del medio es lenta y requiere de un período de tiempo considerable. Por su parte, el impacto ambiental moderado no requiere prácticas correctoras intensivas y no precisa de períodos largos de tiempo para tal efecto.

Una vez identificados los impactos ambientales, se establecerá las medidas de mitigación de los impactos negativos y plan de contingencia. (27).

6. RESULTADOS

6.1 Ubicación Del Área De Estudio

El proyecto estará localizado en el área llamado El Plan de los Comunes, el cual pertenece al municipio de Sansare, Departamento del Progreso, como se mencionó anteriormente. El municipio de Sansare se localiza al noreste de la ciudad capital, a una distancia de 71kms. El Plan de los Comunes se localiza a 1 Km. aproximadamente de la cabecera municipal, a 17 Km. de la cabecera municipal de Sanarate. Todas estas vías de comunicación son totalmente asfaltadas.

Para mayor comprensión en la Figura 1, se localiza el departamento de EL Progreso y el Municipio de Sansare.



Figura 1. Mapa de Guatemala y del departamento de El Progreso.

Fuente: MAGA.

EL municipio de Sansare cuenta con una extensión territorial de 118 km², con una altitud de 790 msnm, la población es de 11,124 habitantes. El mencionado municipio está representado en la Figura 2, donde podemos apreciar la localización de “El Plan de los Comunes”.

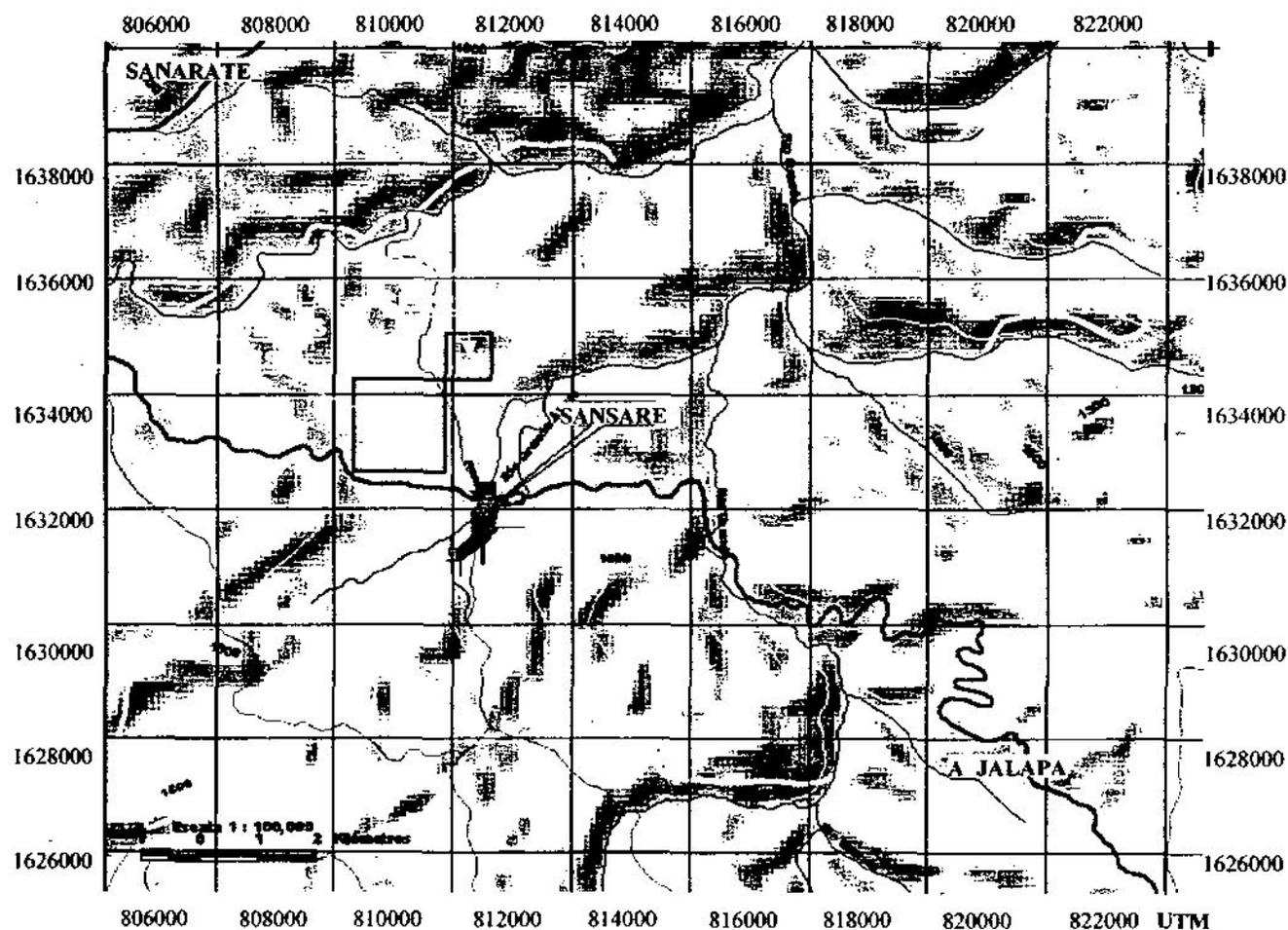


Figura 2. Municipio de Sansare.

Fuente: MAGA.

6.2 Estudio Social

Se realizaron entrevistas con los beneficiados tratando de dar respuesta a lo propuesto en la boleta que se encuentra en el Cuadro 57A.

En base en la información recabada aseveramos que los principales cultivos generadores de ingreso son el frijol, maíz, yuca y frutales como jocote y mango, en los porcentajes que se muestran en la Figura 3.

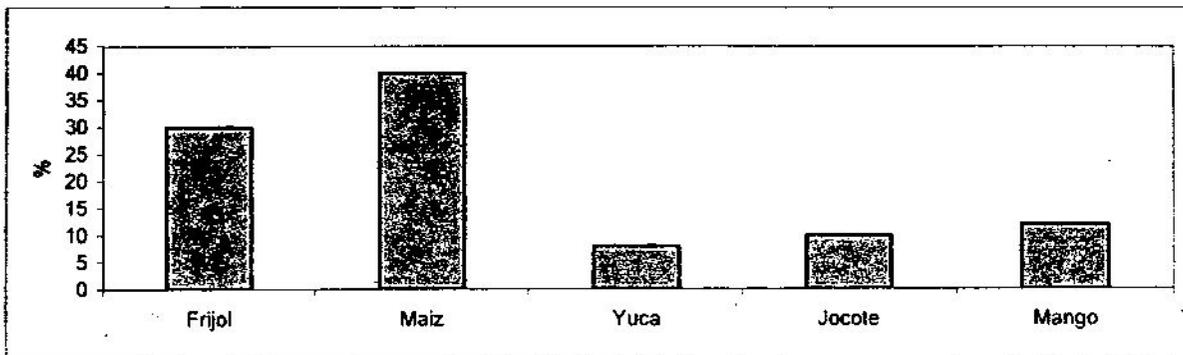


Figura 3. Cultivos generadores de ingreso para el año 2002.

La dieta alimenticia se basa principalmente en el consumo de:

Cereales, Granos y Tubérculos: Maíz, frijol, yuca, papa, pastas, arroz.

Hortalizas: Tomate, cebolla, hierbas, zanahorias y güicoy.

Frutas: Bananos, naranjas.

Huevos. Huevos de gallina

Lácteos: Queso, Incaparina.

Carnes: Res, pollo y pescado seco.

Misceláneos: Azúcar, aceite, café, sal y aguas gaseosas.

El padre de familia es el encargado del trabajo agrícola. La función de la mujer dentro de la región lo constituyen tareas dentro de la casa de habitación, el cuidado de los niños pequeños y los animales domésticos; en algunas ocasiones la mujer participa en actividades agrícolas como la siembra, la limpia y cosecha.

El trabajo agrario es profuso en invierno y decae drásticamente en invierno, razón por la cual existe búsqueda de empleo tanto locales como afuera del municipio en servicio, industria y comercio, en las proporciones que se muestran en la Figura 4.

En el caso de servicio se menciona seguridad pública, doméstico, mensajería, etc.; en el ámbito de industria, la elaboración de juegos pirotécnicos; en el comercio las ventas ambulantes en la ciudad de Guatemala, carreteras etc.

Estos empleos son en su mayoría ocasionales y atraentes de fenómenos sociales como la migración, deserción escolar, desintegración familiar, indigencia, etc.

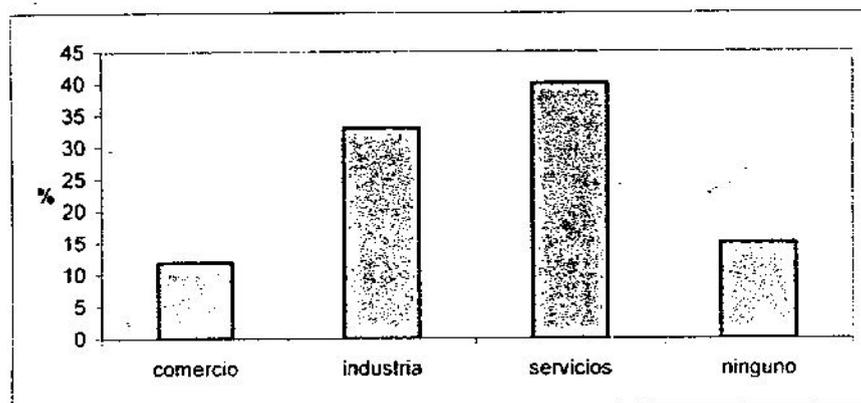


Figura 4. Intención de búsqueda de diferentes empleos.

El rol de los niños en general es estudiar hasta donde sea posible; en la Figura 5, observamos que la mitad de la población infantil para el ciclo 2003 no asistía a clases, aunque existe la pretensión de parte de los padres de apoyarlos en la formación escolar-educativa; los niños ayudan y se dedican a las labores agrícolas cuando la época lo demanda como la siembra y la cosecha; en cuanto a las niñas se dedican a los oficios domésticos. La situación económica de las familias, se hace necesario que los hijos abandonen sus estudios con la finalidad de buscar trabajo, y de tal manera ayudar en el sustento del hogar.

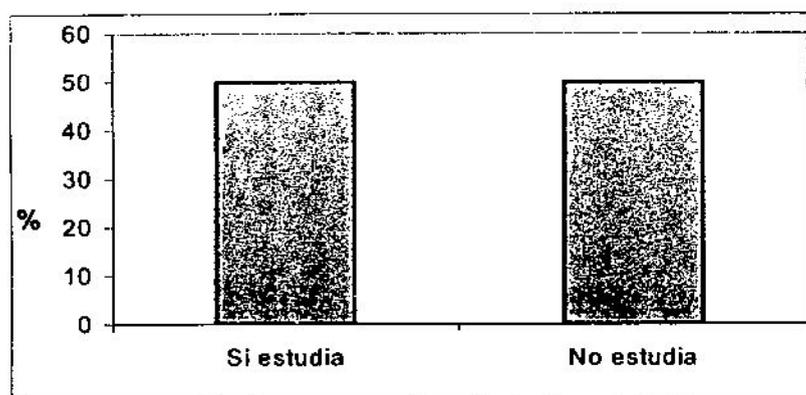


Figura 5. Situación escolar en cuanto a asistencia a centros educativos.

Se llegó a determinar como se muestra en la Figura 6, que el rango en cuanto al número de miembros en la familia es de 4 a 9, esto se puede observar en la gráfica, dado que un 47% tiene de 4 a 6 miembros por familia y otro 47% de 7 a 9 miembros.

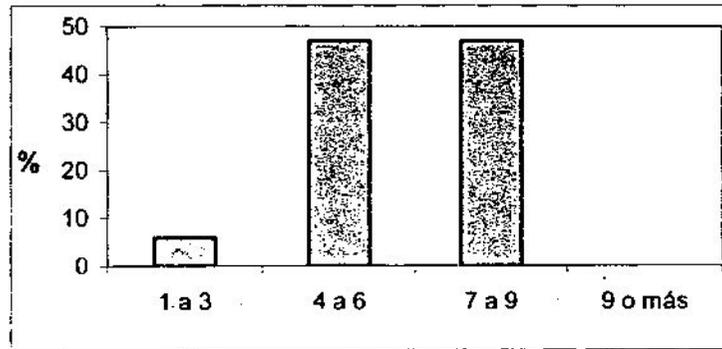


Figura 6. Rango de número de miembros por familia.

Toda la población cuenta con vivienda de tres ambientes o más, generalmente con techo de lámina como se muestra en la Figura 7.

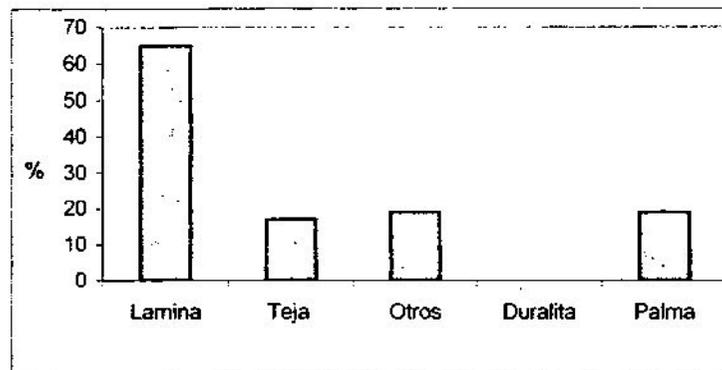


Figura 7. Material del techo de las viviendas.

En cuanto al material de las paredes como se evidencia en la Figura 8, existen de dos tipos, Block y Adobe. Debido al bajo nivel ingreso económico el porcentaje de casas de adobe es de 50% haciéndose notar el escaso recurso económico para construir. Aquellos que poseen casas de block, es debido a que tienen familiares en Estados Unidos, de quienes reciben algún estipendio económico para mejorar sus condiciones de vivienda. Es preciso mencionar que la mayoría de los beneficiados y pobladores de las aldeas Los Cerritos y Buena Vista tienen familiares en los EEUU, dando algún soporte económico para el hogar.

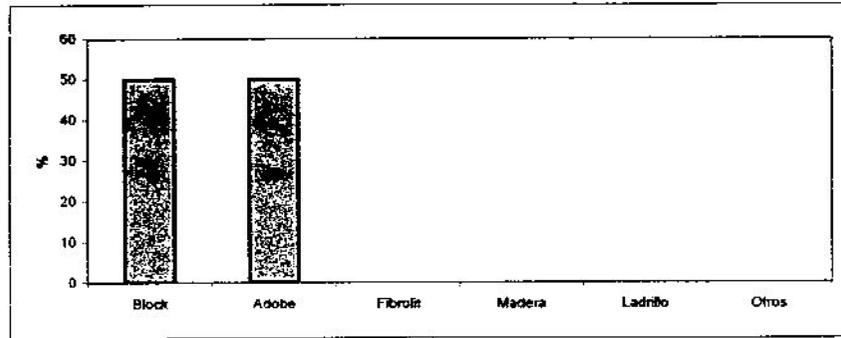


Figura 8. Material de las paredes de las viviendas.

La mitad de los beneficiarios poseen piso de cemento, obteniendo con esto mejores condiciones sanitarias dentro de sus viviendas, sin embargo también un porcentaje de beneficiarios poseen piso de ladrillo, y en mínima parte no existe piso alguno.

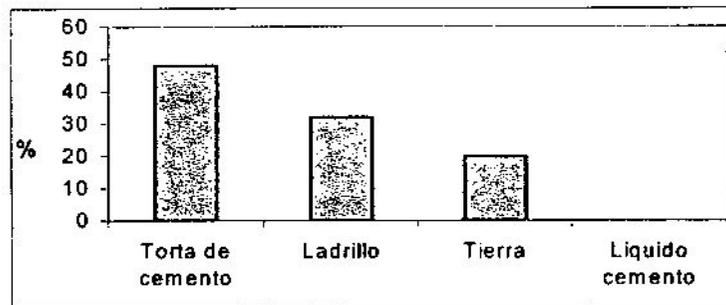


Figura 9. Material del piso de las viviendas.

En referencia a los ambientes dentro de las viviendas, todos los beneficiarios cuentan con un ambiente de dormitorios dentro de sus hogares, un 80% posee cocina, otro 80% cuenta con un comedor y un 30% con sala familiar o sala de visitas, tal y como puede observarse en la Figura 10.

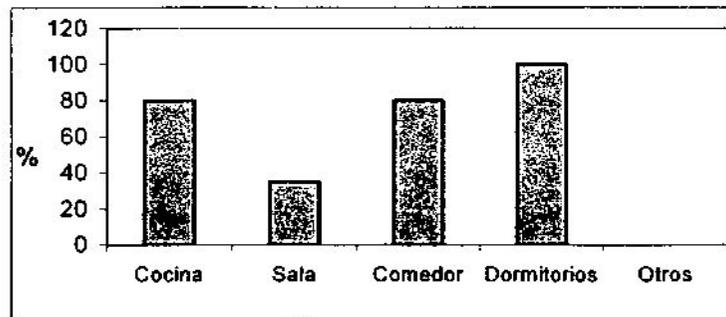


Figura 10. Tipos de ambientes dentro de las viviendas.

Se comprobó que la gran mayoría posee los servicios básicos para vivir, en algunos casos falta uno o dos, lo cual se debe a la situación económica, pues las condiciones de disponibilidad, son adecuadas para la introducción de aquellos servicios que no se encuentran actualmente. Dichos datos se muestran en la Figura 11.

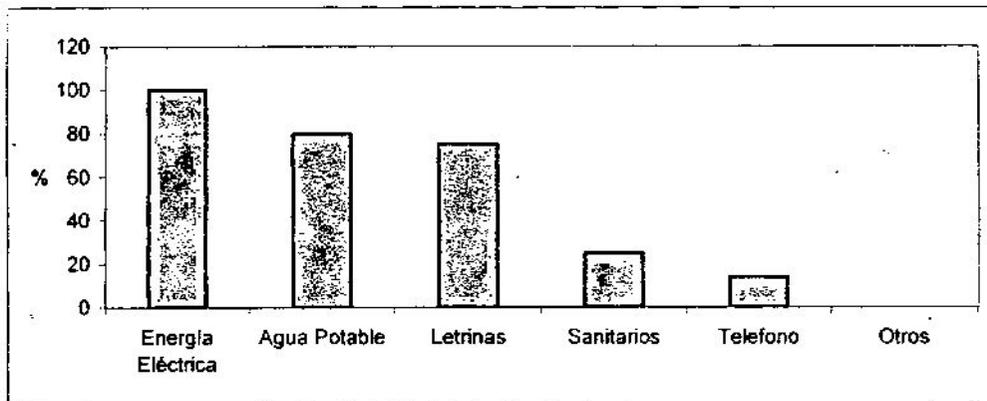


Figura 11. Servicios básicos de las viviendas.

De las personas que cuentan con energía eléctrica, poseen electrodomésticos que son utilizados para entretenimiento, diversión, información, etc., en el porcentaje que puede observarse en la Figura 12.

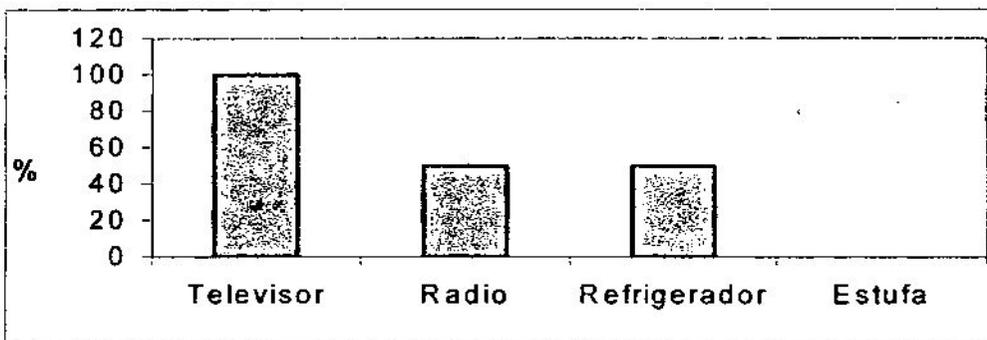


Figura 12. Electrodomésticos existentes en la población que cuenta con energía eléctrica.

Para trasladarse de un lugar a otro, varios son los medios de transporte que se utilizan, desde una caminata, hasta la utilización de vehículo con motor de combustión interna, pero la mayoría de ellos lo hace pagando por un servicio, siendo minoritaria la población que cuenta con transporte propio.

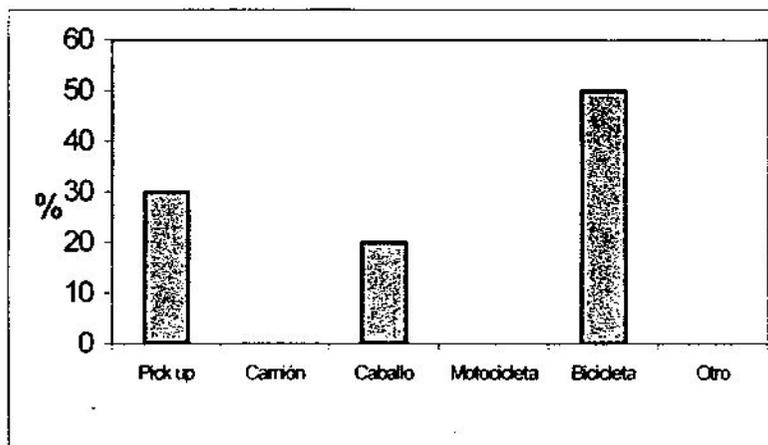


Figura 13. Medio de transporte propio.

Como se muestra en la Figura 14, la gran mayoría de la población, dado que son originarias del lugar, de una y otra forma han adquirido sus terrenos para siembras; otros sin embargo, arrendad únicamente para cultivos en época de lluvia (maíz y frijol).

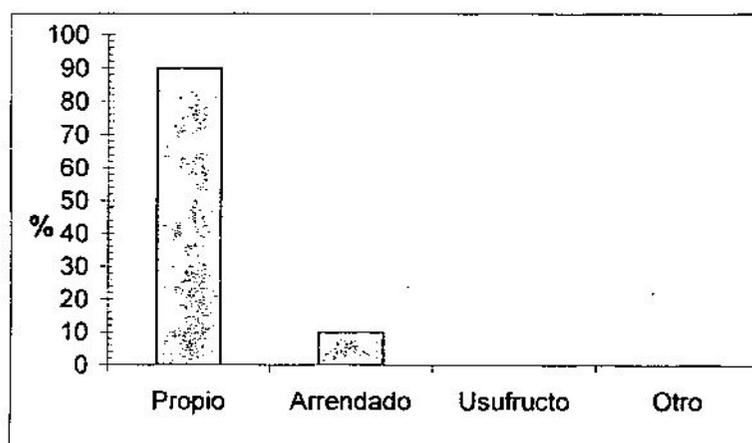


Figura 14. Tenencia de la tierra.

Dado que no existe una infraestructura para riego agrícola, el 90% de los beneficiarios cultiva durante la época lluviosa los cultivos de subsistencia (maíz y frijol), existiendo además algunos árboles frutales (mango y jocote), que no son manejados apropiadamente, sino únicamente obtienen de ellos un mínimo ingreso por la venta de sus frutas. En el verano por la falta de agua las tierras no pueden ser producidas, observándose que únicamente el 10% de los beneficiarios tiene establecido cultivos de yuca.

6.3 Fuente Y Calidad De Agua

En la hoja cartográfica de Sanarate (2160II) se puede observar que dentro del municipio de Sansare se encuentran, dos ríos y doce riachuelos, uno de los principales ríos es conocido en el lugar como río Grande el cual es afluente del río Motagua. Además, el municipio cuenta con otro río llamado San Nicolás, el cual tiene un caudal muy reducido y despreciable en vera Ninguno de estos ríos pueden ser fuente de agua para el sistema por contar con problemas legales. Durante el invierno fluyen varios riachuelos como el Tempisque, Jabillal y Santa Rosa, Cisneros, Agua Salobrega, La Loma, Los Cerritos, Los del Jute, El Cupulín, El Salto, Tío Alejo y Las Cañas, que en la época de verano permanecen totalmente secos, siendo imposible su aprovechamiento en esta época.

Se determinó que es necesario la perforación de un pozo mecánico para abastecer del vital líquido al el proyecto. Por ello se visitó las empresas perforadoras de pozos ya que son la única fuente de información disponible respecto a estadísticas de comportamiento de aguas subterráneas, donde podemos mencionar a Perfosonda y Sondeo de Guatemala S.A., Daho Pozos de Centroamérica y Terratec S.A.; coincidiendo en la construcción de un pozo de 550 pies de profundidad (167.63 mts) y un diámetro de 10 pulgadas. El caudal estimado para dicho pozo es de 23 litros por segundo, teniendo como base los antecedentes del pozo que abastece de agua potable la cabecera departamental. El mencionado pozo se encuentra a 810 msnm, tiene una profundidad de 650 pies, el nivel estático del espejo de agua está a una profundidad de 56 pies y el nivel dinámico a 245 pies. En contra parte de lo mencionado tenemos los parámetros mostrados en el Cuadro 8, los cuales, según Reckmann, son utilizados en Chile para la perforación de pozos profundos. (37).

Cuadro 8. Diámetro de la bomba y tubería en función del caudal de extracción.

Diámetro Máx. Bomba, pulg	Diámetro Mín. Tubería, pulg	Caudal, l/s
5	6	0-10
6	8	7-24
8	10	21-40
10	12	36-80
12	14	72-110
14	16	98-180

Fuente: Reckmann (37).

Para obtener la calidad de agua se tomó una muestra representativa en el pozo que abastece de agua al cabecera municipal de Sansare y luego fue llevada al Laboratorio de Suelo-Planta-Agua de la FAUSAC. Los resultados se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Resultados obtenidos por el laboratorio "Salvador Castillo Orellana" de la muestra tomada en un pozo artesano en el Plan de los Comunes, Sansare.

pH	$\mu\text{s}/\text{m}$ C.E.	Meq/litro					Ppm			
		Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn	
7.4	581	3.36	2.56	0.4	0.07	0	0	0	0	

A partir de estos datos se evalúa el sodio en términos de la relación de absorción (RAS), por medio de la concentración en meq/l de los iones de calcio y magnesio.

$$\text{RAS} = \text{Na}^+ / ((\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) / 2)^{1/2} \dots\dots\dots(\text{Ec. 2})$$

$$\text{RAS} = 0.4 / ((3.36 + 2.56) / 2)^{1/2}$$

$$\text{RAS} = 0.23$$

La concentración total de sales solubles contenidas en el agua se expresa por la conductivita eléctrica (C.E) en microSiems/cm. El análisis reporta 581 uS/cm.

Para definir la calidad de agua, seguimos el diagrama para la clasificación de las aguas para riego que se presenta en la Figura 15.

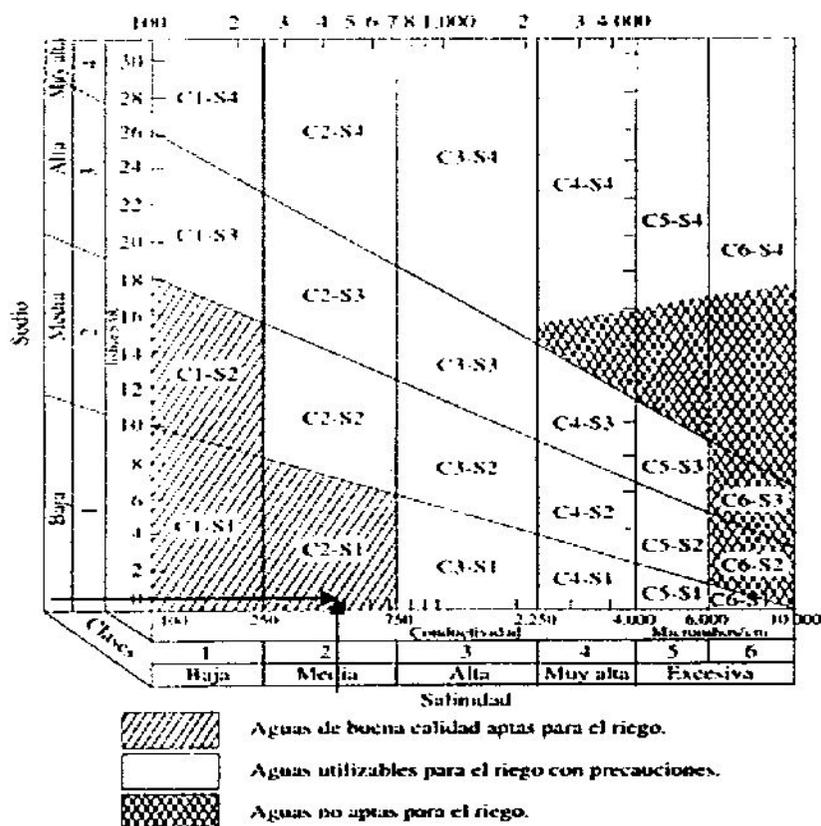


Figura 15. Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego.(U.S. Soil Salinity Laboratory).

Fuente: <http://www.fertiberia.com>

Determinamos que el agua muestreada se clasifica como C2-S1, la cual dentro de estos parámetros el agua es de salinidad media, apta para el riego, en ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad. Respecto al Sodio es bajo en contenido, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles, no así para la yuca.

6.4 Estudio Topográfico

Luego de analizar la hoja cartográfica Sanarate (2160II) y de realizar visitas técnicas, afirmamos que el Plan de los Comunes se encuentra situado en un valle, donde en las cercanías se asienta la cabecera municipal y a su entorno las aldeas Los Cerritos y Buena Vista. Este valle está rodeado al oeste por una cadena de montañas, y al este por profundos barrancos, caracterizados por abundantes y frecuentes hondonadas. El área de interés, como se aprecia en el segmento de la hoja cartográfica en el Figura 36A es plana en relación con su contorno.

Luego del reconocimiento de las parcelas, se realizó el levantamiento topográfico, dicho trazo se hizo con teodolito y aparatos de ingeniería agrícola con el fin de obtener los datos de azimut y distancia horizontal; se incluyeron los terrenos de todos los beneficiarios y puntos necesarios para obtener el perfil y la planta del terreno. Teniendo dicha planta y perfil, se idealizó la disposición más eficiente de las líneas de conducción, distribución, pozo, tanque, etc. Los resultados de esta fase de la metodología fueron fundamentales en el diseño hidráulico y estos resultados puede observarse en los planos respectivos en el apéndice.

6.5 Estudio Climatológico

Para obtener datos climatológicos se consultó los registros del Instituto Nacional de Sismología y Vulcanología, Meteorología e Hidrológica (INSIVUMEH). Los datos fueron consultados de la estación más cercana llamada Morazán, encontrada en latitud norte 14°55'49'' longitud Oeste 90°08'31''. Las diferentes medias de 13 años de lluvia, humedad relativa media, velocidad el viento y temperatura media, máxima, mínima se presentan en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Datos climatológicos promedio de la estación Morazán, El progreso

AÑO	Variable	DIM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1985-2003	LLUVIA	mm	1.9	1.6	8.1	23.3	55.4	160.4	91.4	116.7	171.5	96.4	23.4	11.9	790.3
1990-2003	TMEDIA	°C	26.1	25.1	26.7	30.3	30.1	28.6	28.5	28.5	27.2	27.4	26.3	25.8	27.7
1990-2003	TMINPR	°C	15.9	17.5	19.0	21.6	21.7	22.1	21.5	21.4	21.7	20.9	17.7	19.2	20.2
1990-2003	TMAXPR	°C	33.2	34.4	36.3	37.4	36.4	34.6	34.2	34.4	33.8	33.1	33.0	32.4	36.5
1990-2003	HRMED	%	61.6	55.7	51.0	53.8	58.9	66.5	66.4	65.8	70.3	70.7	67.2	64.8	62.1
1990-2003	VVIENT	Km/h	1.0	1.3	1.3	1.3	0.9	0.5	0.5	0.7	0.3	0.3	0.3	0.7	0.7

Fuente: INSIVUMEH

6.5 Estudio Edafológico

A consideración de Herrera , Los suelos óptimos para la yuca son suelos francos, ricos en potasio, aunque crece bien en suelos de fertilidad media y baja, y con buen drenaje interno, cuyo pH varié entre 5,2 y 7.5 (24).

En el Cuadro 11 se presenta el resultado del análisis de las muestras tomadas en el área de interés, la muestra identificada como "abajo de la quebrada" es la mas significativa de las parcela bajo riego, por lo que se considera como representativa.

Cuadro 11. Resultados de análisis de laboratorio del suelo FAUSAC.

pH	ppm		Meq/100gr		ppm				gr/cc	%	
	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	D.A.	1/3 ATM	15ATM
6.6	2.96	152	4.05	1.13	0.5	1	8.5	10	1.2	15.67	9.1

En evidencia del análisis físico proporcionado por el laboratorio de suelo-planta-agua de la Facultad de Agronomía "Salvador Castillo Orellana", podemos afirmar que la textura del suelo es franca apropiada para el cultivo de yuca (*Manihot esculenta Cratz*). En las diferentes visitas técnicas se constató que las parcelas están proveídas con buenos drenajes.

Del análisis químico mencionamos que el pH, que se reporta en el análisis de 6.6 se considera como excelente en la producción de yuca, ya que éste es ligeramente ácido. Respecto a la presencia de nutrientes podemos decir que es buena respecto a potasio, hierro y manganeso; no así para fósforo magnesio, cobre, zinc.

La utilización de materia orgánica como fuente de nutrientes es recomendada por muchos especialistas y productores; no así, la fertilización completamente con químicos pues interfiere en la calidad, siendo el producto final la raíz. Menezes recomienda utilizar de 30 a 50 qq de materia orgánica por manzana (33). La yuca es considerada como una planta asimiladora de muchos nutrientes (alto rendimiento), pero la extracción del suelo es compensada, porque alrededor del 60% de las cantidades de nutrientes utilizadas, son reincorporadas al suelo por los residuos vegetales luego de la cosecha, considerándose por lo tanto, a la yuca, un cultivo poco agotador de suelos (24).

6.6 Diseño Agronómico

6.6.1 Datos previos al cálculo

La información requerida para el diseño agronómico se muestra en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Información necesaria para el diseño agronómico

DISEÑO AGRONÓMICO		
CULTIVO:	YUCA	
DATOS DE CLIMA:		
ETP (cuadro 3)	mm/día	6.9
DATOS DE PARCELA:		
espaciamento -dp-	m, entre planta en metros	1
espaciamento -ds-	m, entre surco en metros	1
DATOS DEL CULTIVO		
Kc	%/100	0.8
Profundidad radicular -Pr-	en cm	50
Diámetro del área proyectada al medio día.	en metros	0.71
Conductividad eléctrica del suelo (tabla) -CEe-	microsiemes/cm	12000
Umbral de riego -Ur-	%/100	0.5
DATOS DEL SISTEMA DE RIEGO		
Método	Goteo	
Caudal de Emisor	L/hora	2.1
Numero de emisores por planta -e-	unidades	2
Espaciamento entre emisores	metros	0.5
Horas disponibles para el riego	horas	12
Espaciamento entre laterales	metros	1
DATOS DEL SUELO		
Textura		
Capacidad de campo -CC-	%	15.67
Punto de marchites permanente -PMP-	%	9.1
Densidad Aparente -Da-	gr/cc	1.2

6.6.2 Cálculo de la evapotranspiración.

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial -ETP- en mm/mes se basó en los datos de humedad relativa promedio -Hr- y la temperatura media en grados Fahrenheit obtenidos en el estudio climático, necesarios en la metodología propuesta por Hargreaves donde;

$$ETP = 0.0075 * TMF * RSM \dots\dots\dots(Ec. 7)$$

Siendo;

ETP: Evapotranspiración potencial (mm/mes).

TMF: Temperatura media mensual, Grados Fahrenheit.

RSM: Radiación solar incidente mensual.

$$RSM = 0.075 * RMM * S^{1/2} \dots\dots\dots(Ec. 8)$$

Donde;

RMM = radiación mensual extraterrestre, mm/mes.

RMM = $R_s * \text{de días del mes} \dots\dots\dots$ (Cuadro 3)

$$S = 12.5 (100 - Hr)^{1/2} \dots\dots\dots(Ec. 9)$$

Donde;

Hr = humedad relativa en porcentaje.

S: Brillo Solar mensual en % (1 a 100).

El resumen de los cálculos se presenta en el Cuadro 13;

Cuadro 13. Resumen de cálculo de la evapotraspiración metodología propuesta por Hargreaves

CALCULO DE ETP HARGREAVES												
Valores medios mensuales de radiación solar extraterrestre(mm/día)												
Latitud norte	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
10	13.3	14.3	15.3	15.7	15.6	15.4	15.5	15.7	15.5	14.7	13.6	13.0
15	12.3	13.5	14.8	15.8	16.0	16.0	16.0	15.9	15.3	14.1	12.7	11.9
14.74	12.3	13.6	14.9	15.8	16.0	16.0	16.0	15.9	15.3	14.1	12.7	12.0
Días del mes	31.0	28.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
tem. Max	33.2	34.4	36.3	37.4	36.4	34.6	34.2	34.4	33.8	33.1	33.0	32.4
tem. Min	15.9	17.5	19.0	21.6	21.7	22.1	21.5	21.4	21.7	20.9	19.3	19.2
Hr	61.6	55.7	51.0	53.8	58.9	66.5	66.4	65.8	70.3	70.7	67.2	64.8
S	77.4	83.2	87.5	85.0	80.1	72.3	72.4	73.2	68.2	67.7	71.6	74.1
RMM	382.6	379.4	460.4	473.0	496.0	479.1	495.8	493.5	460.2	437.2	381.3	370.9
RSM	252.5	259.6	323.0	327.1	332.9	305.6	316.5	316.6	285.0	269.8	242.0	239.5
TM(fahrenheit)	76.2	78.7	81.8	85.1	84.3	83.0	82.1	82.2	81.9	80.6	79.1	78.5
ETP(mensual)	144.3	153.2	198.2	208.7	210.4	190.2	194.8	195.1	175.1	163.1	143.6	141.0
ETP por día	4.7	5.5	6.4	6.96	6.8	6.3	6.3	6.3	5.8	5.3	4.8	4.5

En el resumen de datos presentados en el Cuadro 13, podemos determinar que el mes de Abril presenta mayor evapotranspiración potencial; consideración para elegir la evapotranspiración de diseño se dividió en el número de días del mes, para obtener la ETP de 6.96 mm por día.

6.6.3 Selección del emisor

Se consideró la utilización de un gotero autocompensado e incorporado al lateral, con un rango de presión de trabajo es de 5 a 40 m.c.a; manteniendo un caudal constante de 2.1 litros por hora. Se sugiere la utilización del emisor *metzerplas* por ser económico, compacto, resistente a la contaminación química y ambiental; la estabilidad de la relación caudal-presión a lo largo del tiempo para el gotero seleccionado está representada en la Figura 16.

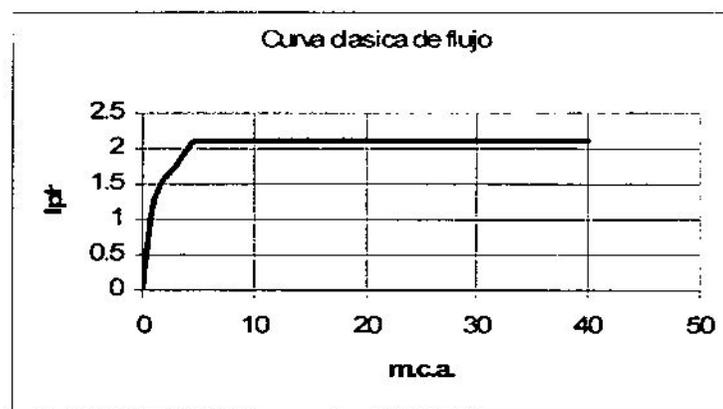


Figura 16: curva del comportamiento del caudal respecto a la presión de trabajo.

Fuente: www.metzerplas.com

La mayoría de raíces de yuca que aprovechan el agua están dispuestas regularmente en una radio de 45 centímetros alrededor del cuello del tallo y 40 a 50 centímetros de profundidad; por lo que es recomendable que el bulbo de mojado tenga esta misma forma, para no afectar la calidad de la producción (8).

Se realizamos mediciones de campo, obteniendo el diámetro y profundidad del bulbo de mojado como se muestra en la Figura 17 para un caudal de 2.1 litros por hora, para determinar el tiempo necesario de obtención de la profundidad adecuada, llegando a la conclusión, que en 2 a 4 horas, se llega a formar un bulbo de mojado favorable al las formación de raíces, dato que se toma en consideración en el diseño.

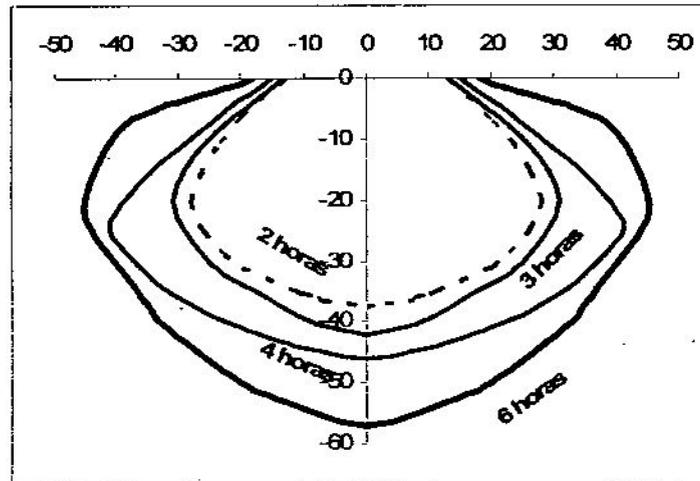


Figura 17. Bulbo de mojado del gotero según el tiempo de riego de 2, 3, 4 y 6 horas en condiciones de El Plan De Los Comunes.

Para el cálculo del porcentaje de suelo mojado del emisor, se inició obteniendo el área mojada por un emisor considerando que;

$$A_{me} = [\Pi - 2\{\alpha - (1 - (S/200) * \text{seno } \alpha)\}] * R_m^2 \dots\dots\dots (\text{Ec. 11}).$$

Donde;

A_{me} : área mojada de un emisor = 0.26 m².

R_m : radio mojado del emisor = 0.3 m

d_e : distanciamiento entre emisores = 0.5 m

Siendo;

$$\alpha = \text{Arctg} \left[\left(\frac{1}{1 - (S/200)^2} \right) - 1 \right]^{1/2}$$

$$\alpha = \underline{\text{Arctg } 0.66 \text{ (radianes)}}$$

$$S = 100 * [2 - (d_e/R_m)] \dots\dots\dots (\text{Ec. 12})$$

$$S: \% \text{ de traslape} = \underline{33.33 \%}.$$

El porcentaje de suelo mojado por los emisores seleccionados, para realizar la comparación con la distribución radicular, se calculó según;

$$Ph \% = [(e * Ame) / (dp * ds)] * 100 \dots \dots \dots (Ec. 10)$$

Donde;

Ph %: porcentaje de suelo mojado por los emisores = 52 %

Ame = 0.26 m².

e: numero de emisores = 2 unidades

dp: distanciamiento entre plantas = 1 m.

ds distanciamiento entre surcos contiguos = 1 m.

Con el traslape de 33.33 % y obteniendo un 52% de mojado del suelo, garantizamos buena cantidad y calidad de formación raíces de yuca.

En contraparte comparamos el porcentaje de mojado calculado con el porcentaje de mojado mostrado en el Cuadro 4 que corresponde a la información realizada y publicada por Karmeli y Kéller, que apoyados en el conocimiento del espaciamento entre emisores y laterales, textura del suelo y descarga del emisor, confirma que 52% de mojado de suelo, es fehaciente.

Para el cálculo de sombreado fue necesario obtener el diámetro promedio de la circunferencia del área de proyección; se midieron 15 plantas maduras, de yuca variedad. Valencia, en época de lluvias. De éstos 15 datos se obtuvo la media de 0.71 metros diámetro, siendo el área de proyección de 0.396 metros cuadrados.

Se calculó el porcentaje de sombreado en base a la ecuación, en el cual;

$$Ps = 100 * (Ap / dp * ds) \dots \dots \dots (Ec. 13)$$

Donde:

Ps: porcentaje de sombreado = 39.6 %

Considerando;

Ap: área de proyección de una planta al medio día = 0.396 m²

dp: distanciamiento entre plantas = 1 m.

ds distanciamiento entre surcos contiguos = 1 m.

6.6.4 Lámina de diseño para goteo

El cálculo de la evapotranspiración de diseño según Keller, la obtenemos de la siguiente manera:

$$U_c = [ETP] [K_c] [(P_s/100) + (0.15 (1-P_s/100))]\dots\dots\dots (Ec.1)$$

Donde;

U_c : evapotranspiración de diseño = 2.7 mm /día.

Considerando;

ETP: evapotranspiración = 6.96 mm/día.

P_s = 39.6 %.

K_c : Coeficiente de cultivo (Cuadro 5) = 0.8

6.6.5 Lámina neta máxima

La lámina máxima correspondiente al umbral de riego, se obtuvo de la siguiente manera:

$$L_{An_x} = ((CC-PMP)/10) * pr * D_{ap} * Ph * U_r\dots\dots\dots (Ec.14)$$

Donde;

L_{An_x} : Lámina máxima rápidamente aprovechable = 10.3 mm

Considerando;

CC : capacidad de campo = 15.67 %

PMP : punto de marchites permanente = 9.1%

pr: profundidad de suelo de la zona radical = 50 cm.

D_{ap} : densidad aparente = 1.2 gr/cm³.

Ph = 52 % (0.5)

U_r = 50 % (0.5)

6.6.6 Frecuencia de riego y lámina neta de aplicación de riego

El cálculo de la frecuencia de riego es el siguiente;

$$Fr = L_{An_x} / U_c\dots\dots\dots (Ec. 15)$$

Donde,

Fr : frecuencia de riego = 3.83, número entero 4 días.

Considerando;

$$LAn_x = 10.3 \text{ cm.}$$

$$Uc = 2.7 \text{ mm/día.}$$

Ahora calculamos la lámina neta de Riego (L_n), según la ecuación;

$$L_n = U_c * F_r * 10 \dots\dots\dots(\text{Ec. 16})$$

$$L_n : \text{lamina neta} = \underline{10.74\text{mm.}}$$

6.6.7 Requerimiento de lavado

Para este paso nos apoyaremos en la siguiente fórmula:

$$RL = [(CEar) / [2(\max CEE)] * 100] \dots\dots\dots(\text{Ec. 17})$$

Donde

$$RL = \underline{2.42 \%}$$

$$CEar = 581 \text{ micromhos/cm. (Cuadro 9).}$$

$$CEE = 12,000 \text{ micromhos/cm (Cuadro 6).}$$

6.6.8 Lámina bruta y tiempo de riego

Del Cuadro 7 sabemos que la relación de transpiración (R_t) es de 1.05 .

Haciendo las comparaciones pertinentes sabemos que;

$$1.05 \geq 1/(1-0.0242) \text{ en el cual } R_t \geq 1/(1-RL) \text{ y}$$

$$2.42 \leq 10 \text{ o sea que } RL \leq 0.1$$

Por lo tanto el cálculo de la lámina bruta es el siguiente:

$$LB = (L_n * R_t) / (Cu/100) \dots\dots\dots(\text{Ec. 18})$$

$$LB = \underline{12.53 \text{ mm}}$$

$$R_t = 1.05$$

$$RL = 2.42 \%$$

$$Cu = 90 \%$$

$$L_n = 10.74 \text{ mm.}$$

Para el cálculo de tiempo de riego es necesario conocer la precipitación horaria del sistema, apoyándonos en la siguiente igualación;

$$Phr = qe / (de \cdot dl) \dots \dots \dots (Ec. 20)$$

Donde;

Phr: precipitación horaria = 4.2 mm/hora.

Considerando;

qe: caudal del emisor 2.1 litros/hora

Para el cálculo de tiempo de riego tenemos que;

$$Tr = LB / Phr \dots \dots \dots (Ec. 21)$$

Donde;

Tr = 3 horas.

Considerando;

LB = 12.53 mm.

Phr = 4.2 mm/hora.

Tomando en cuenta que el tiempo de riego afecta directamente, a la profundidad del bulbo de mojado y éste a las raíces que aprovechan la humedad, 3 horas es un valor apropiado.

El resumen de los cálculos del diseño agronómico se encuentra en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Resumen de Cálculos Agronómicos.

RESUMEN DE CALCULOS		
Diámetro de cobertura del emisor -d-	metros	0.60
porcentaje suelo mojado -Ph- de 30 a 70 %	%	52.05
Porcentaje de sombreado -Ps-	%	39.59
Evapotranspiración de diseño -E _{td} - del cultivo	mm/día	2.69
Lamina Neta Máxima -L _{nx} -	mm	10.26
Frecuencia de riego -Fr-	días	3.82
Frecuencia Ajustada -F _{ra} -	redondeada a números enteros	4.00
Lamina neta de aplicación de riego -L _n -	mm	10.74
Requerimiento de lavado -R _l -	%	2.42
Relación de traspiraron (tabla) -R _T -	relación	1.05
Coefficiente de Uniformidad -C _u -	relación	0.90
R _t < 1/(1-R _l)		no
R _t >= 1/(1-R _l)		si
(R _l /100) <= 0.1		si
Lamina Bruta -L _b -	mm	12.53
Precipitación horaria del sistema -P _{rh} -	mm/h	4.20
Tiempo de riego -Tr-	horas	3

6.7 Diseño Hidráulico

6.7.1 Concepción del funcionamiento del proyecto

El proyecto de riego técnicamente consistirá en un pozo de 550 pies de profundidad, proporcionando un caudal de 340 gpm (77.2 m³/h). En base a los cálculos que se describen en los incisos posteriores, se establece que al día se riegan 12 horas y que cada turno de tres horas considera el riego de 4 parcelas de 0.7 Ha, con un caudal de entrada de 27.82 m³/h. Con lo cual se afirma que por día se necesitará un volumen de 1335.40 m³ de agua. Con el volumen diario de riego se definieron las dimensiones del tanque de almacenamiento y distribución. El tanque será de forma rectangular con dimensiones de 20 por 15 y una altura de 5 metros, con una capacidad de almacenaje para un día de riego; el diseño del mismo se muestra en el apéndice. Durante la temporada de riego, la bomba funcionará diariamente 17 horas con 20 minutos (17.3 horas) con un caudal suministrado al tanque de 77.2 m³/h, totalizando 1335.40 m³, equivalentes al consumo de 12 horas de riego diario con un caudal de 111.28 m³/h. La bomba iniciará el suministro de agua hacia el tanque a las 11:00 AM y finalizará automáticamente cuando el volumen del tanque llegue a ser 1335.4 m³. El funcionamiento respecto al consumo y suministro de volumen de agua se muestra en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Resumen de funcionamiento del sistema en un día.

Turno	Hora	Consumo m3	Suministro (m3)	V. Tanque (m3)
	05:00:00 a.m.			1335.4
	06:00:00 a.m.	111.28		1224.12
	07:00:00 a.m.	111.28		1112.84
1	08:00:00 a.m.	111.28		1001.56
	09:00:00 a.m.	111.28		890.28
	10:00:00 a.m.	111.28		779
2	11:00:00 a.m.	111.28	77.2	744.92
no riego	12:00:00 p.m.	0	77.2	822.12
no riego	01:00:00 p.m.	0	77.2	899.32
	02:00:00 p.m.	0	77.2	976.52
	03:00:00 p.m.	111.28	77.2	942.44
	04:00:00 p.m.	111.28	77.2	908.36
3	05:00:00 p.m.	111.28	77.2	874.28
	06:00:00 p.m.	111.28	77.2	840.2
	07:00:00 p.m.	111.28	77.2	806.12
4	08:00:00 p.m.	111.28	77.2	772.04
no riego	09:00:00 p.m.		77.2	849.24
no riego	10:00:00 p.m.		77.2	926.44
no riego	11:00:00 p.m.		77.2	1003.64
no riego	12:00:00 a.m.		77.2	1080.84
no riego	01:00:00 a.m.		77.2	1158.04
no riego	02:00:00 a.m.		77.2	1235.24
no riego	03:00:00 a.m.		77.2	1312.44
no riego	04:00:00 a.m.		22.96	1335.4

Del Cuadro 15 se analiza el funcionamiento por hora en un día; indicando que el tanque a las 5:00 AM contendrá el volumen necesario para el riego del día (1335.4 m³), posteriormente a las 6:00 AM se contabilizará en el tanque 1224.12 m³, 111.8m³ menos, el cual será el gasto por la aplicación de riego en las 4 parcelas clásicas previstas en un turno; se espera el mismo gasto por hora, en los siguientes turnos de riego. El tanque podrá iniciar su alimentación a las 11:00 AM y se calcula que estará lleno a las 4:18 AM del siguiente día, para iniciar los cuatro turnos de correspondientes a un día de riego (12 horas). Es preciso mencionar que tanto la aplicación de riego por parcela y el llenado del tanque estará automatizado, considerando que es la alternativa más económica y garantizará el éxito del funcionamiento del sistema.

Retomando el diseño hidráulico, aseguramos que la conducción logrará proporcionar el suficiente caudal y presión para las 4 parcelas clásicas (7000 m²). El riego de todas las parcelas se cumplirá en un ciclo de 4 días, cumpliéndose 4 turnos diarios que inician a las 5:00 AM y finalizan a las 20:00 PM, teniendo descanso al medio día por consideración de manejo del cultivo. En el Cuadro 16 se presenta la identificación de dichas parcelas.

Cuadro 16. Identificación de parcelas

Nombre Beneficiario	No de parcela	día de riego	turno	nominación de parcela
Fabio Gudiel	1	1	A	1A1
Edgar Gudiel	2	1	A	1A2
Antonio Cervantes	3	1	B	1B3
Candelario Hernández	4	1	B	1B4
Luis Rojas	5	1	C	1C5
Héctor Morales	6	1	C	1C6
Julio Marroquin	7	1	D	1D7
Venildo Cervantes	8	1	D	1D8
Randulfo Ruano	23	1	D	1D23
Macabeo de la Cruz	26	1	D	1D26
Otilio Cruz	27	1	C	1C27
Walter Cardona	28	1	C	1C28
Rosalinda Gudiel	29	1	B	1B29
Luis de la Cruz	30	1	B	1B30
Eduardo Romero	31	1	A	1A31
Eva Morales	32	1	A	1A32
Hugo Juárez	9	2	A	2A9
Alberto Gudiel	10	2	A	2A10
Vital Rodas	11	2	B	2B11
Gregorio Hernández	12	2	C	2C12
x	13	2	B	2B13
x	14	2	C	2C14
x	16	2	D	2D16
Nan Merlos	18	2	D	2D18
Rodrigo Godoy	21	2	B	2B21
Arcenio Ruano	22	2	B	2B22
Dionisio Cervantes	24	2	A	2A24
Enrique Gudiel	25	2	A	2A25
Macabeo Cruz Gudiel	38	2	D	2D38
Victor Hugo Lima	39	2	C	2C39
Otilio Vásquez	40	2	C	2C40
Francisco Cardona	41	2	D	2D41

Nombre Beneficiario	No de parcela	día de riego	turno	nominación de parcela
Arturo López	15	3	A	3A15
León Merlos	17	3	A	3A17
José Contreras	19	3	A	3A19
Catalino Pérez	20	3	B	3B20
Mario Gudiel	42	3	A	3A42
Nelly Gudiel	43	3	A	3A43
Hugo Arroyo	47	3	D	3D47
Gonzalo Morales	48	3	D	3D48
Luis Ramírez	49	3	C	3C49
Natalio Hernández	50	3	C	3C50
Idail Juárez	51	3	B	3B51
Rigoberto de Paz	52	3	B	3B52
Francisco Gudiel	57	3	D	3D57
Fernando Gudiel	58	3	D	3D58
Carlos Gudiel	59	3	C	3C59
Isabel Hernández	60	3	C	3C60
Blanca de Guerra	61	3	B	3B61
Augusto Solís	33	4	C	4C33
Francisco Solís	34	4	C	4C34
Elvira Juárez	35	4	B	4B35
Blanca de Guerra	36	4	B	4B36
Guadalupe Juárez	37	4	B	4B37
Fernando Cervantes	44	4	C	4C44
Joaquín Marroquin	45	4	A	4A45
Marco tulio Marroquin	46	4	A	4A46
Bayron Estrada	53	4	B	4B53
Catalino Vásquez	54	4	B	4B54
Vitingo Morales	55	4	A	4A55
Concepción Castillo	56	4	A	4A56

El Cuadro 16 y 60A se presenta el día y el turno de riego de la parcela identificada por el nombre de beneficiario y la numeración correlativa; en la columna de "día de riego", se considera que se tiene cuatro días para el ciclo, agrupando e identificando por los números cardinales 1,2,3,4; el número de turnos al día son cuatro, considerándose para su identificación las letras A,B,C,D para el 1ro. 2do. 3ro. y 4to. tur Como ejemplo mencionamos la parcela con nominación 3A15, donde deducimos que el riego se realizará en el tercer día, en el primer turno, además que la parcela 15 pertenece al beneficiario Arturo López. La razón de utilizar esta nomenclatura es la facilidad que se tendrá al momento de ingresar la programación en el panel de control del sistema.

A continuación se describe el diseño y los cálculos hidráulicos del riego parcelario, conducción, conexiones prediales, bombeo, etc.

6.7.2 Número y diseño de la unidad de riego

Como primer paso se calculó el número de unidades de riego, en base a la ecuación;

$$N = [(H*Fr)/ Tr] \dots\dots\dots (Ec. 22)$$

Donde;

N: número de unidades de riego = 16 unidades.

H: horas disponibles para riego = 12 horas.

Fr: frecuencia de riego = 4 días.

Tr: tiempo de riego por turno = 3 horas..

En el presente diseño para determinar el número de turnos por día, considerando la disponibilidad de riego de 12 horas diarias y el tiempo de riego de 3 horas, afirmamos que se pueden desarrollar 4 turnos diarios en los 4 días de frecuencia de riego estimada en el diseño agronómico, para un total de 16 turnos por ciclo.

Como resultado de pláticas y consensos con los agricultores, se llegó a la conclusión que el proyecto considera que cada uno de los beneficiarios tendrá designado una manzana (0.7Ha) con riego. Considerando las 61 parcelas de los beneficiarios y las 16 unidades de riego, afirmamos que por turno se regarán 4 parcelas clásicas (sub-unidades).

La parcela clásica está diseñada con un área de 7000 m² con dimensiones aproximadas de 100 m largo por 70 m de ancho. Como en todo diseño, el aspecto económico es de importancia en la toma de decisiones de la forma en que se disponen los componentes del sistema, como la colocación de la distribuidora (manifull) en la mitad de la dimensión más larga del polígono y a la mitad de ésta colocar la válvula de paso. En el anexo se muestra el diseño de la parcela clásica.

Con lo anterior mencionado y tomando el marco de plantación de yuca de un metro por un metro, se describe que la parcela clásica esta conformada de 69 surcos, 69 pares de laterales de 50 metros, una distribuidora con diámetro de 2 1/2 pulgadas de 70 metros de largo, 13248 emisores incorporados de 2.1 litros por hora, además un equipo de filtración, fertilización y de protección de cambio de presiones. El caudal necesario por manzana es de 27.821 metros cúbicos por hora.

Es imprescindible conocer la presión necesaria en la entrada en la parcela clásica, para ello necesitamos conocer las pérdidas por fricción desde la válvula de paso hasta el emisor más alejado o el más crítico, presión de trabajo del emisor y las diferencia de nivel.

Las pérdidas de fricción en la distribuidora son de 0.25 metros según el Cuadro 17. El diámetro requerido de la distribuidora es de 2 1/2 pulgadas, a causa de las múltiples perforaciones en el ensamble de los laterales.

Cuadro 17. Resumen de cálculos hidráulicos de la distribuidora

Q/emisor m ³ /h	# emisores	D. (mm)	Q 1/2 parcela m ³ /h	Vel m/s	Hf m.	L. m	# salidas	Christiansen F	Hfr
0.0021	6624	68.5	13.9	1.05	0.57	36.3	69.0	0.36	0.25

*incluye 20% por las uniones incrustadas de los laterales

Los cálculos anteriores, están basados en *la ecuación de Hazen - Williams* según la expresión:

$$H_f = (1.131 * 10^9) * ((Q / C)^{1.852}) * ((D)^{-4.872}) * (L) \dots \dots \dots (\text{Ec. 23})$$

Donde:

Hf: Pérdida de carga debida a fricción (mt.)

Q: Caudal (m³ / hr.)

C: Coeficiente de fricción de la tubería, 150 para P.V.C.

D: Diámetro de la tubería. (m.m.)

L: Largo de la tubería (mt.)

A efecto del número de salidas que tenga la conducción será multiplicada por el factor correspondiente de Christianse F que tiene en cuenta la disminución progresiva del caudal. El valor de F se obtiene según la expresión siguiente;

$$F = [1 / (1 + m)] + [1 / (2*n)] + [(m - 1)^{1/2} / (6*n^2)] \dots \dots \dots (\text{Ec. 24})$$

Donde;

F : Factor de Christianse = 0.36

m : exponente de la velocidad de *Hazen - Williams* = 1.85

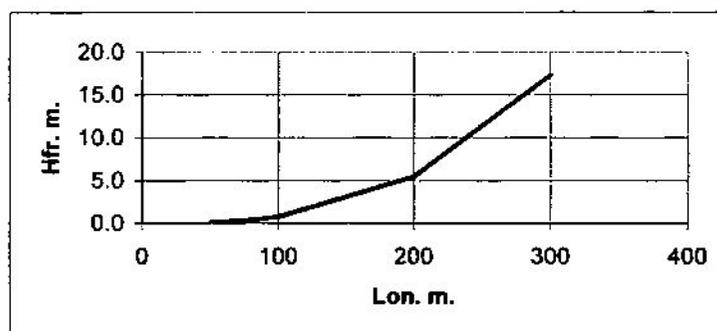
n: numero de salidas en línea de conducción = 69

Respecto a las pérdidas de presión por fricción en los laterales y longitud máxima, nos avocamos a la información publicada por los fabricantes de accesorias de riego por goteo; esta información se muestra en el Cuadro 18 y en la Figura No 18. En el mencionado cuadro, se muestran las longitudes máximas dependiendo del espaciamiento entre gotero incorporado en el lateral. En la figura 18, se muestra las pérdidas de presión por fricción, teniendo en cuenta el número de salidas por espaciamiento de 0.5 metros entre goteros incorporados. La pérdida de fricción del lateral es de 0.1 metros, en base a que la longitud equivale a 50 mt; considerando que el emisor sugerido es metzerplas, autocompensado, con emisión de 2.1 l/h

Cuadro 18: Longitudes máximas para laterales con goteros incorporados metzerplast.

17 mm de diámetro/2.1l/h	espaciamiento entre goteros(m)										
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.3	2
Log. Max	126	178	225	268	308	347	383	418	450	528	600

Fuente: <http://www.metzerplas.com>



Grafica 18. Pérdidas de presión por fricción según longitud de lateral.

Fuente: <http://www.metzerplas.com>.

La válvula juega un papel importante en el sistema, ya que estará encargada de regular el paso del caudal y la presión de entrada. Individualmente se sugiere una válvula hidráulica de 2 pulgadas, marca Dorot, de polietileno de alta densidad, con un piloto en el mecanismo de regulación, el cual será calibrado según las necesidades de presión de entrada a la parcela a regar. Respecto a las pérdidas de presión por la fricción en la válvula nos referimos a información publicada por los fabricantes de la válvula recomendada. Las pérdidas por fricción equivalen a 2 m.c.a. considerando que la parcela clásica necesitará 27.821 metros cúbicos por hora según se muestra en la Figura 19.

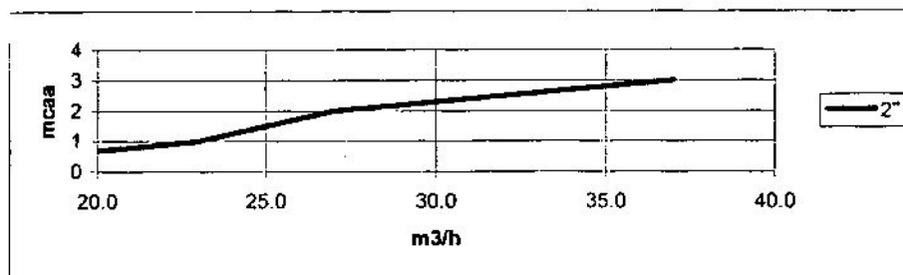


Figura 19. Pérdidas por fricción según válvula hidráulica Dorot, 100 m.c.a.

Fuente: www.dorot.com.

Otro dispositivo necesario en la entrada de la parcela clásica es un equipo de filtración.

Por recomendación del fabricante del gotero seleccionado, se utilizará un filtro de anillos de 120 mesh, para asegurar el buen funcionamiento de gotero y evitar obstrucciones. Las pérdidas de carga del filtro sugerido, Arkal de anillos de dos pulgadas (2") con un caudal requerido de 27.82 m³/h es de 3 m.c.a., como observamos en la Figura 20.

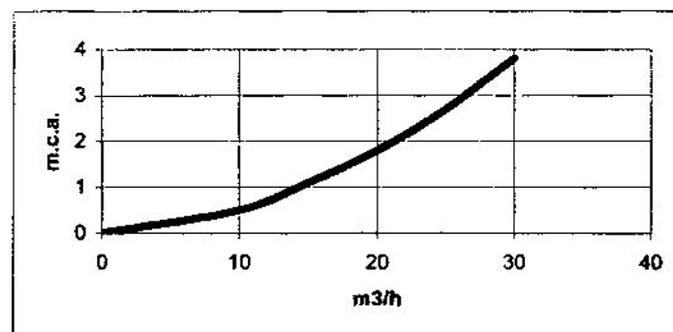


Figura 20. Perdidas de carga por fricción respecto a caudal de un filtro de 2".

Fuente: www.regaber.com.

La sumatoria de las pérdidas dentro de la conducción en la parcela clásica se muestra en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Resumen de pérdidas de fricción en la parcela clásica.

Hf	Válvula 2"	Filtro 2" 120 mesh	Distribuidora 2 1/2 pvc	Lateral P.e.	Menores	Total
m.c.a.	2	3	0.25	0.1	0.55	5.9

La Presión o carga necesaria en la entrada en la parcela a regar debe de encontrarse en un rango de **10.9 hasta 45.5 m.c.a.**, sin tomar en cuenta la pendiente (Z) dentro del área de riego; dicha presión se calculó de la siguiente manera;

$$CEPC = H_f + P_e \pm Z \dots\dots\dots (Ec. 25)$$

Donde;

CEPC: carga necesaria en la entrada de la parcela = de 10.9 hasta 45.9 m.c.a. $\pm Z$.

Hf: pérdidas por fricción = 5.9 m.c.a. (Cuadro 19.)

Pe: presión de trabajo del emisor sugerido = 5 hasta 40 m.c.a.

Z = dato de cada parcela.

Antes de conocer la presión de cada parcela fue necesario realizar el diseño del sistema de conducción, obteniéndose la presión disponible dentro del sistema; Con esta información se logró saber la presión de entrada de cada una de las parcelas de riego. La presión necesaria en la entrada de cada parcela se muestra en el Cuadro 27.

6.7.3 Diseño del sistema de conducción

Para su diseño y fácil entendimiento del funcionamiento de la conducción, se dividió en ramal Principal, en ramal A, ramal B, ramal C, ramal D y el ramal de alimentación, los cuales podemos ver en detalle en la planta general del sistema y en los planos planta perfil que se muestran en los anexos. Los ramales A,B,C,D y Principal junto a las derivaciones son los encargados de conducir el flujo hasta la entrada de la parcela de riego, la cual estará regulada por la válvula. El ramal de alimentación tiene como función abastecer el tanque de distribución, el cual se analiza en el inciso de cálculo hidráulico del bombeo.

El material de la tubería de conducción es de Policloruro de vinilo (P.V.C.), ya que es una material ligero, químicamente inerte, completamente inocuo, etc.

En la determinación del diámetro de tubería se apoyo en las normas ASAE (4), donde determina que la velocidad de conducción no debe ser mayor a 2.4 m/s. Para el análisis de presiones de la tubería de conducción se apoyo en el trazo de la línea piezométrica, teniendo ésta como referencia el nivel cero sobre el nivel del mar; es necesario encontrar la diferencia entre la carga por tramo en la línea piezométrica; para ello nos apoyamos en la siguiente ecuación;

$$CFT = (CIT \pm CA) - (Hf) \dots \dots \dots (Ec. 26)$$

Donde:

CFT= carga al final del tramo en estudio.

CIT= carga al inicio del tramo (o al final del anterior).

CA = Carga perdida o ganada por efectos altimétricos, (Z).

Hf. = Pérdidas de carga por fricción del tramo en estudio.

En los Cuadros 21 al 25, se muestra el resumen de los cálculos, donde se determina el diámetro (D), en mm de la tubería en base a la velocidad, (Vel); paralelamente se tiene el cálculo de las pérdidas de fricción, Hf, por la fórmula de *Hazen - Williams*. El caudal está calculado por el número de emisores máximo (E.) que se deberá alimentar la conducción.

El análisis inicia restando a la carga al final del tramo en estudio (CFT) la cota del terreno correspondiente, obteniendo la presión dinámica (P.D.). Esta nos indica la carga que tenemos en determinado punto, cuando el sistema está en funcionamiento. Cuando el sistema no está en funcionamiento, la carga o presión en la tubería se calculará, por la diferencia de la cota mayor que se encuentra en el tanque de distribución y la cota en donde se quiere calcular la presión; al resultado de este cálculo se le llama presión estática, la cual fue necesaria en la decisión de que tubería utilizar respecto a la presión que ésta soporta. El fin de analizar cada tramo de tubería, es determinar el diámetro y presión de trabajo de la misma, tomando en consideración la velocidad y la presión estática. Los valores de la presión dinámica, P.D., nos indican la presión de funcionamiento, mientras la presión estática, P.E. establece los calibres de tuberías a utilizar. Comercialmente las tuberías en relación a su presión de trabajo se mencionan en psi (libra sobre pulgada cuadrada), pero en el presente diseño se menciona la presión como m.c.a. (Metros columna de agua); 100 psi equivalen a 71 m.c.a., 125 psi a 89 m.c.a. y 160 equivalen a 114 m.c.a.

Para comprender los resúmenes de cálculo hidráulico de los ramales se presenta en el Cuadro 20 la equivalencia de los diámetros reales y diámetros nominales.

Cuadro 20. Diámetros reales y nominales de tubería p.v.c.

Diámetro real	Diámetro nominal y presión de trabajo
68.5	2 1/2" 125 psi
83.4	3" 125 psi
107.3	4" 125 psi
108.7	4" 100 psi
155.3	6" 160 psi
157.9	6" 125 psi
160.1	6" 100 psi
205.6	8" 125 psi
208.4	8" 100psi

El análisis principia como se muestra en el Cuadro 21, en la fuente de agua (tanque), correspondiente a la estación Op, siguiendo la ruta de la tubería hasta la estación 16p; correspondiendo al ramal principal.

Cuadro 21. Resumen de cálculos hidráulicos del ramal principal.

RAMAL PRINCIPAL														
EST.	P.O.	D.H.	X	Y	Z	E.	D(mm)	Q(m ³ /h)	Vel(m/s)	Hf(mt)	Dr(mt)	Piez.	P.D.(mt)	P.E.(mt)
	0	0.00	-36.31	887.36	826.40		208.40	0.00	0.00	0.00	0.00	826.40	0.00	0.00
Op	1p	48.24	6.62	865.38	800.00	52992	208.40	111.28	0.91	0.18	54.99	826.22	26.22	26.40
1p	2p	232.66	191.07	723.56	762.00	52992	208.40	111.28	0.91	0.77	235.75	825.45	63.44	64.40
2p	3p	149.48	326.47	786.90	753.17	52992	208.40	111.28	0.91	0.49	149.74	824.96	71.79	73.23
3p	4p	106.82	418.79	840.64	749.63	52992	205.60	111.28	0.93	0.37	106.88	824.58	74.95	76.77
4p	5p	150.80	564.82	878.27	738.54	52992	205.60	111.28	0.93	0.53	151.21	824.05	85.51	87.86
5p	6p	99.96	660.08	908.59	737.86	52992	205.60	111.28	0.93	0.35	99.97	823.70	85.84	88.54
6p	7p	69.64	694.30	847.59	739.60	52992	205.60	111.28	0.93	0.24	69.67	823.46	83.86	86.80
7p	8p	103.97	757.51	765.38	741.24	52992	205.60	111.28	0.93	0.36	103.98	823.09	81.85	85.16
8p	9p	128.97	820.75	652.98	743.10	52992	205.60	111.28	0.93	0.45	128.98	822.64	79.54	83.30
9p	10p	114.95	890.01	561.25	745.52	52992	205.60	111.28	0.93	0.40	114.97	822.24	76.72	80.88
10p	11p	80.78	937.41	495.84	761.57	52992	205.60	111.28	0.93	0.29	82.36	821.95	60.38	64.83
11p	12p	131.99	1052.01	561.32	759.59	52992	208.40	111.28	0.91	0.43	132.01	821.52	61.93	66.81
12p	13p	74.90	1120.56	591.49	762.01	26496	160.10	55.64	0.77	0.25	74.93	821.27	59.26	64.39
13p	14p	150.99	1250.04	513.78	761.81	26496	160.10	55.64	0.77	0.50	150.99	820.78	58.97	64.59
14p	15p	49.41	1287.71	481.83	755.89	26496	157.90	55.64	0.79	0.17	49.76	820.60	64.71	70.51
15p	16p	73.46	1342.63	433.03	746.13	26496	157.90	55.64	0.79	0.26	74.11	820.34	74.21	80.27

El ramal principal es análogo a la columna vertebral del sistema, ya que de éste se derivarán los caudales necesarios en los ramales A,B,C, y D; de ello que el punto reconocido como 2p está localizado la derivación para el ramal secundario A (Cuadro 22), del punto 7p se deriva ramal secundario B(Cuadro 23), del punto 11p hacia el ramal secundario C (Cuadro 24) y del punto 16p para el ramal secundario D(Cuadro 25).

Cuadro 22. Resumen de cálculos hidráulicos para el ramal secundario A.

RAMAL SECUNDARIO A														
EST.	P.O.	D.H.	X	Y	Z	E.	D(mm)	Q(m ³ /h)	Vel(m/s)	Hf(mt)	Dr(mt)	Piez.	P.D.(mt)	P.E.(mt)
	2p		191.07	723.56	762.00		208.40					825.45	63.44	64.40
2p	18	71.00	142.63	671.66	762.38	26496	108.70	55.64	1.67	1.54	71.00	823.91	61.53	64.02
	18	44.87	175.15	640.75	760.22	26496	108.70	55.64	1.67	0.97	44.92	822.94	62.57	66.18
	17	67.97	189.03	574.22	758.82	26496	108.70	55.64	1.67	1.47	67.98	821.47	62.65	67.58
	16	168.87	78.19	446.81	763.08	26496	108.70	55.64	1.67	3.66	168.93	817.81	54.73	63.32
	15	134.92	61.05	312.98	766.14	26496	108.70	55.64	1.67	2.92	134.96	814.89	48.75	60.26
	14	22.90	38.44	309.41	768.00	26496	108.70	55.64	1.67	0.50	22.98	814.39	46.40	58.40
	13	77.79	21.34	233.52	772.19	26496	108.70	55.64	1.67	1.69	77.90	812.71	40.52	54.21
	12	78.89	27.73	154.89	775.23	26496	108.70	55.64	1.67	1.71	78.95	811.00	35.77	51.17
	11	51.06	34.11	104.21	778.43	26496	108.70	55.64	1.67	1.11	51.16	809.89	31.46	47.97

Cuadro 23. Resumen de cálculos hidráulicos para el ramal secundario B.

RAMAL SECUNDARIO B															
EST.	P.O.	D.H.	X	Y	Z	E.	D(mm)	Q(m ³ /h)	Vel(m/s)	Hf(mt)	Dr(mt)	Piez.	P.D.(mt)	P.E.(mt)	
	7p		694.30	847.59	739.60		205.60					823.46	83.86	86.80	
7p	36	127.71	587.15	778.44	748.72	26496	107.30	55.64	1.71	2.95	128.08	820.51	71.79	77.68	
	36	43.94	592.41	734.82	748.80	26496	107.30	55.64	1.71	1.01	43.94	819.49	70.70	77.60	
	35	144.00	718.93	666.07	749.15	26496	107.30	55.64	1.71	3.32	144.00	816.17	67.03	77.25	
	34	61.94	692.96	609.84	751.30	26496	107.30	55.64	1.71	1.43	61.97	814.74	63.45	75.10	
	33	113.87	698.75	496.12	754.27	26496	108.70	55.64	1.67	2.63	113.91	812.12	57.85	72.13	
	31	46.97	710.58	450.66	755.63	26496	108.70	55.64	1.67	1.02	46.99	811.10	55.47	70.77	
	30	80.91	647.40	400.10	758.28	26496	108.70	55.64	1.67	1.75	80.96	809.35	51.07	68.12	
	29	91.91	572.32	347.09	761.40	26496	108.70	55.64	1.67	1.99	91.96	807.36	45.96	65.00	
	28	142.85	469.88	247.53	765.71	26496	108.70	55.64	1.67	3.09	142.92	804.27	38.56	60.69	
	27	39	177.34	638.38	192.24	769.70	26496	108.70	55.64	1.67	3.84	177.38	800.43	30.73	56.70
	29a	0.00	613.43	376.16	758.90	0		0.00				808.30		67.50	
29a	41	151.56	750.26	310.88	764.12	26496	108.70	55.64	1.67	3.28	151.65	805.02	40.90	62.28	

Cuadro 24. Resumen de cálculos hidráulicos para el ramal secundario C.

RAMAL SECUNDARIO C															
EST.	P.O.	D.H.	X	Y	Z	E.	D(mm)	Q(m ³ /h)	Vel(m/s)	Hf(mt)	Dr(mt)	Piez.	P.D.(mt)	P.E.(mt)	
	11p		937.41	495.84	761.57		205.60					821.95	60.38	64.83	
11p	44	144.99	1016.92	374.59	762.02	26496	108.70	55.64	1.67	3.14	144.99	818.81	56.80	64.38	
	44	68.95	1060.23	320.94	763.68	26496	108.70	55.64	1.67	1.49	68.97	817.32	53.64	62.72	
	45	57a	271.91	1210.53	94.34	753.06	26496	108.70	55.64	1.67	5.89	272.12	811.43	58.37	73.34
	57a	57	66.65	1152.49	61.57	761.57	26496	108.70	55.64	1.67	1.45	67.19	809.98	48.40	64.83
	57	56	42.94	1113.90	42.74	764.18	26496	108.70	55.64	1.67	0.93	43.02	809.05	44.86	62.22
	56	55	180.83	965.23	-60.20	770.23	26496	108.70	55.64	1.67	3.92	180.93	805.13	34.90	56.17
	55	54	132.96	1036.82	-172.24	768.00	26496	108.70	55.64	1.67	2.88	132.98	802.25	34.25	58.40

Cuadro 25. Resumen de cálculos hidráulicos para el ramal secundario D.

RAMAL SECUNDARIO D															
EST.	P.O.	D.H.	X	Y	Z	E.	D(mm)	Q(m ³ /h)	Vel(m/s)	Hf(mt)	Dr(mt)	Piez.	P.D.(mt)	P.E.(mt)	
	16p		1342.63	433.03	746.13		157.90					820.34	74.21	80.27	
16p	48	58.20	1382.57	390.70	757.45	26496	107.3	55.64	1.71	1.37	59.29	818.98	61.52	68.95	
	48	49	73.56	1364.73	319.33	767.61	26496	108.7	55.64	1.67	1.61	74.26	817.37	49.76	58.79
	49	50	79.93	1358.65	239.63	769.83	26496	108.7	55.64	1.67	1.73	79.96	815.64	45.80	56.57
	50	51	84.94	1438.31	210.14	771.49	26496	108.7	55.64	1.67	1.84	84.96	813.80	42.31	54.91
	51	52	59.97	1496.71	196.49	768.98	26496	108.7	55.64	1.67	1.30	60.03	812.50	43.52	57.42
	52	63	134.88	1629.67	219.16	764.98	26496	108.7	55.64	1.67	2.92	134.94	809.58	44.60	61.42
	63	64	60.97	1658.68	272.78	763.35	26496	108.7	55.64	1.67	1.32	60.99	808.26	44.91	63.05
	64	65	177.00	1676.66	448.87	762.61	26496	108.7	55.64	1.67	3.83	177.00	804.43	41.82	63.79
	65	66	57.95	1675.39	506.81	764.05	26496	108.7	55.64	1.67	1.25	57.97	803.17	39.12	62.35
	66	67	46.54	1635.79	531.25	758.69	13248	108.7	27.82	0.83	0.28	46.85	802.89	44.21	67.71
	67	68	67.76	1681.92	580.87	762.56	13248	108.7	27.82	0.83	0.41	67.87	802.49	39.93	63.84

En el Cuadro 26 y 27 se resumen los datos y cálculos necesarios para encontrar la presión en la entrada de las parcelas clásicas en base a la tubería a utilizar en las derivaciones, topografía, pérdidas por fricción, etc.

En el Cuadro 26, encontraremos el nombre del beneficiado, la Estación (EST) que identifica el punto exacto del ramal donde parte la derivación que alimenta a la parcela clásica (derivación predial), el punto de llegada que definitivamente es la válvula hidráulica reguladora, que se identifica en la columna de los puntos observados (P.O.), la distancia horizontal (DH) del punto de derivación hasta la válvula, el área exacta de cada parcela, así como el número de emisores de la misma; conociendo el número de emisores (# E) se logra calcular el caudal necesario (Q). En este mismo cuadro se enlista la presión en el punto de derivación (P.I.D.), el cual es el inicio de la conducción que finaliza en la entrada de la válvula hidráulica de 2". La presión en el punto de derivación (P.I.D.) equivale a la presión dinámica calculada en el recorrido de la conducción tanto en los ramales A, B, C, y D como el la principal. Como ejemplo se menciona la parcela del beneficiario Fabio Gudiel, donde la derivación inicia en el punto 11f y finaliza en el punto 1 (cuadro No 26), con un distancia horizontal (D.H.) de 66.2 m; además requiriendo de 27.8 m³/h (Q) para alimentar los 13248 emisores (E). La presión en el punto de derivación 11f (Cuadro 22) equivale a la presión dinámica sumando la cota Z de terreno correspondiente.

El Cuadro 27 consiste en la evaluación individual de cada parcela diseñada, teniendo como primer paso la determinación de la presión estática (PE), donde afirmamos que tanto la tubería de 125 psi. y la válvula hidráulica de 150 psi., están abajo del rango de presión de trabajo. Es necesaria la regulación de las presiones dinámicas, "como presiones de funcionamiento del sistema", por medio de la válvula hidráulica, a causa de la topografía irregular. La presión regulada (PDV) en función del piloto calibrado en la válvula, en la mayoría de parcelas es de 26.9 m.c.a., garantizando así que los emisores dentro de la parcela se encuentren en el rango de trabajo; esta presión es un valor intermedio en la presión de trabajo del emisor (5 y 40 m.c.a.) agregando las pérdidas de presión por fricción después de la válvula, basándose en el diseño y cálculo de perdidas por fricción dentro de la parcela clásica, mostradas en el Cuadro 19; las pérdidas dentro de la parcela hasta el emisor más alejado equivalen a 3.9 m.c.a., sin considerar la provocada por la válvula que equivale a 2 m.c.a. La presión dinámica (P.D.) corresponde a la presión antes del estrangulamiento. La presión estrangulada se muestra en la columna identificada como P.ETG.

Cuadro 26. Resumen de datos necesarios en el calculo de presión y diámetros de la derivaciones.

Nombre	EST.	P.O.	D.H. mt	X	Y	Z	Area m ²	E	P.I.D. (mca)	Q (m ³ /h)
Fabio Gudiel	11f	1	66.2	60.3	43.5	780.0	7000	13248	809.9	27.8
Edgar Gudiel	11f	2	66.5	-22.7	69.6	784.0	7000	13248	809.9	27.8
Antonio Cervantes	11,12	3	13.7	9.1	193.9	775.0	7000	13248	811.9	27.8
Candelario Hernández	12,13	4	12.7	17.1	272.7	771.0	7000	13248	813.6	27.8
Luis Rojas	14,15	5	51.0	111.8	351.2	765.0	7000	13248	816.4	27.8
Hector Morales	15,16	6	72.0	101.3	574.1	763.0	6198	11730	820.8	24.6
Julio Marroquín	15,16	7	9.7	174.1	543.6	757.0	7000	13248	820.8	27.8
Venildo Cervantes	16,17	8	28.0	206.7	594.3	756.0	4246	8036	822.2	16.9
Hugo Juárez	18	9	26.5	117.2	678.7	765.0	6445	12198	823.9	25.6
Alberto Gudiel	18	10	66.0	208.5	667.1	759.0	7000	13248	823.9	27.8
Vital Rodas	6p	11	88.0	572.8	918.7	740.0	6960	13172	823.7	27.7
Gregorio Hernández	36	12	57.2	594.0	835.3	742.0	7000	13248	820.5	27.8
x	6p	13	78.8	655.3	986.9	741.0	7000	13248	823.7	27.8
x	35	14	30.0	620.5	727.2	747.5	7000	13248	819.5	27.8
Arturo	34	15	35.5	718.4	701.4	748.5	5577	10555	816.2	22.2
x	33,31	16	137.0	583.9	631.9	753.0	6559	12413	813.4	26.1
León	34	17	29.0	700.9	644.0	750.0	2857	5407	816.2	11.4
Nan Merlos	33,31	18	136.2	564.2	588.0	757.0	4334	8202	813.4	17.2
José Contreras	33	19	16.5	678.4	616.4	752.0	2861	5415	814.7	11.4
Catalino Pérez	33	20	54.4	743.3	589.4	750.0	4337	8208	814.7	17.2
Rodrigo Godoy	30	21	69.3	643.0	465.7	757.0	4083	7727	811.1	16.2
Arcenio Ruano	30	22	78.6	785.2	425.9	756.0	6376	12067	811.1	25.3
Randulfo Ruano	29a	23	44.6	583.1	408.8	759.0	7000	13248	808.3	27.8
Dionisio Cervantes	29,30	24	25.0	682.6	395.9	757.0	7000	13248	809.8	27.8
Enrique Gudiel	29,30	25	87.7	739.8	367.4	759.0	7000	13248	809.8	27.8
Macabeo de la Cruz	29a	26	63.0	647.9	323.4	760.0	7000	13248	808.3	27.8
Otilio Cruz	27,39	27	48.7	578.9	259.5	764.0	7000	13248	802.3	27.8
Walter Cardona	27,39	28	96.9	485.7	147.6	769.0	7000	13248	802.3	27.8
Rosalinda Gudiel	39	29	192.2	520.6	39.8	772.0	7000	13248	800.4	27.8
Luis de la Cruz	39	30	83.0	583.4	130.6	771.0	7000	13248	800.4	27.8
Eduardo Romero	39	31	89.9	644.2	102.0	772.0	7000	13248	800.4	27.8
Eva Morales	39	32	60.4	698.4	198.5	771.0	7000	13248	800.4	27.8
Agusto Solís	41	33	98.2	777.0	216.4	769.0	5392	10205	805.0	21.4
Francisco Solís	41	34	87.7	806.9	243.8	768.0	6427	12164	805.0	25.5
Elvira Juárez	41	35	106.0	843.9	260.6	767.0	4469	8458	805.0	17.8
Bianca de Guerra	41	36	115.0	860.4	278.8	766.0	4899	9272	805.0	19.5
Guadalupe Juárez	41	37	132.0	881.3	301.5	765.0	4285	8110	805.0	17.0
Macaveo Cruz Gudiel	11p,44	38	79.6	907.1	397.5	761.0	7000	13248	820.3	27.8
Victor Hugo Lima	12p	39	101.0	1000.8	647.3	749.0	7000	13248	821.5	27.8
Otilio Vásquez	13p	40	115.5	1130.6	706.2	753.0	7000	13248	821.3	27.8
Francisco Cardona	45,57a	41	45.0	1127.8	300.0	760.0	7000	13248	816.2	27.8
Mario Gudiel	45	42	146.4	964.0	208.8	764.0	7000	13248	817.3	27.8
Nelly Gudiel	45	43	242.6	885.1	153.8	766.0	7000	13248	817.3	27.8
Fernando Cervantes	50	44	102.7	1262.0	205.2	760.0	7000	13248	815.6	27.8
Joaquín Marroquín	57	45	63.0	1111.5	107.4	760.0	7000	13248	810.0	27.8
Marco tulio Marroquín	55,56	46	55.0	991.2	18.1	766.0	7000	13248	807.0	27.8
Hugo Arroyo	55	47	65.4	901.3	-45.4	769.0	7000	13248	805.1	27.8
Gonzalo Morales	55	48	52.0	996.9	-101.2	769.0	7000	13248	805.1	27.8
Luis Ramírez	54	49	266.5	770.2	-192.3	778.0	7000	13248	802.2	27.8
Natalio Hernández	54	50	80.0	1052.7	-251.0	770.0	7000	13248	802.2	27.8
Idaíl Juárez	54	51	173.9	1210.1	-174.6	768.0	7000	13248	802.2	27.8
Rigoverto de Paz	54	52	323.5	1337.0	-291.5	769.0	7000	13248	802.2	27.8
Bayron Estrada	50	53	122.3	1382.3	119.1	769.0	7000	13248	815.6	27.8
Catalino Vásquez	51	54	60.4	1424.0	267.9	771.0	7000	13248	813.8	27.8
Vitingo Morales	63	55	91.0	1722.2	216.0	771.0	6957	13167	809.6	27.6
Concepción Castillo	64	56	89.0	1746.6	269.3	770.0	7000	13248	808.3	27.8
Francisco Gudiel	64	57	99.8	1735.7	336.3	765.0	7000	13248	808.3	27.8
Fernando Gudiel	65	58	75.0	1733.3	399.4	765.0	7000	13248	804.4	27.8
Carlos Gudiel	65	59	61.0	1732.7	473.3	766.0	7000	13248	804.4	27.8
Isabel Hernández	67	60	40.0	1599.5	547.9	750.0	4292	8123	802.9	17.1
Bianca de Guerra	68	61	83.7	1728	651.4	765	7000	13248	802.5	27.8

Cuadro 27. Resumen de cálculos hidráulicos para las derivaciones para cada parcela de riego.

EST.	P.O.	D.(mm)	Vel m/s	Hf mt	Piezo.	PD	PE	CM	C.m	Zab	Zar	P.ESG.	PDV	PSZ	Pca	PCA
11f	1A1	83.4	1.4	1.4	808.4	28.4	46.4	789	775	5	-9	2.5	25.9	22	27	13
11f	1A2	83.4	1.4	1.4	808.4	24.4	42.4	789	780	4	-5	2.5	21.9	18	22	13
11,12	1B3	83.4	1.4	0.3	811.6	36.6	51.4	780	771	4	-5	9.7	26.9	23	27	18
12,13	1B4	83.4	1.4	0.3	813.3	42.3	55.4	775	770	1	-4	15.4	26.9	23	24	19
14,15	1C5	83.4	1.4	1.1	815.3	50.3	61.4	774	760	5	-9	23.4	26.9	23	28	14
15,16	1C6	83.4	1.3	1.3	819.6	56.6	63.4	765	760	3	-2	29.7	26.9	23	26	21
15,16	1D7	83.4	1.4	0.2	820.6	63.6	69.4	760	757	0	-3	36.7	26.9	23	23	20
16,17	1D8	68.5	1.3	0.6	821.6	65.6	70.4	760	760	-4	-4	38.7	26.9	23	19	19
18	1E9	83.4	1.3	0.5	823.4	58.4	61.4	765	760	5	0	31.5	26.9	23	28	23
18	1E10	83.4	1.4	1.4	822.5	63.5	67.4	765	756	3	-6	36.6	26.9	23	26	17
6p	1F11	83.4	1.4	1.9	821.8	81.8	86.4	743	740	0	-3	54.9	26.9	23	23	20
36	1G12	83.4	1.4	1.2	819.2	77.2	84.4	743	740	2	-1	50.3	26.9	23	25	22
6p	1F13	83.4	1.4	1.7	822	81	85.4	750	741	0	-9	54.1	26.9	23	23	14
35	1G14	83.4	1.4	0.7	818.8	71.3	78.9	750	744	4	-3	44.4	26.9	23	27	21
34	2A15	83.4	1.1	0.5	815.6	67.1	77.9	749	745	4	-1	40.2	26.9	23	27	23
33,31	1H16	83.4	1.3	2.6	810.8	57.8	73.4	755	750	3	-2	30.9	26.9	23	26	21
34	2A17	68.5	0.9	0.3	815.8	65.8	76.4	751	750	0	-1	38.9	26.9	23	23	22
33,31	1H18	83.4	0.9	1.2	812.2	55.2	69.4	757	755	2	0	28.3	26.9	23	25	23
33	2B19	68.5	0.9	0.2	814.5	62.5	74.4	752	750	2	0	35.6	26.9	23	25	23
33	2B20	68.5	1.3	1.3	813.4	63.4	76.4	751	749	1	-1	36.5	26.9	23	24	22
30	2C21	68.5	1.2	1.5	809.5	52.5	69.4	765	750	7	-8	25.6	26.9	23	30	15
30	2C22	83.4	1.3	1.4	809.6	53.6	70.4	760	753	3	-4	26.7	26.9	23	26	19
29a	2E23	83.4	1.4	1	807.3	48.3	67.4	769	757	2	-10	20.4	27.9	24	26	14
29,30	2D24	83.4	1.4	0.5	809.3	52.3	69.4	760	756	1	-3	25.4	26.9	23	24	20
29,30	2D25	83.4	1.4	1.9	807.9	48.9	67.4	761	756	3	-2	22	26.9	23	26	21
29a	2E26	83.4	1.4	1.4	806.9	46.9	66.4	767	759	1	-7	20	26.9	23	24	16
27,39	2F27	83.4	1.4	1.1	801.2	37.2	62.4	768	762	2	-4	10.3	26.9	23	25	19
27,39	2F28	83.4	1.4	2.1	800.2	31.2	57.4	770	769	0	-1	4.3	26.9	23	23	22
39	2G29	83.4	1.4	4.2	796.2	24.2	54.4	772	770	2	0	2.3	21.9	18	20	18
39	2G30	83.4	1.4	1.8	798.6	27.6	55.4	771	770	1	0	2.7	24.9	21	22	21
39	2H31	83.4	1.4	2	798.4	26.4	54.4	772	771	1	0	2	24.4	21	22	21
39	2H32	83.4	1.4	1.3	799.1	28.1	55.4	772	769	2	-1	2.2	25.9	22	24	21
41	3A33	83.4	1.1	1.3	803.7	34.7	57.4	769	765	4	0	7.8	26.9	23	27	23
41	3A34	83.4	1.3	1.6	803.4	35.4	58.4	768	765	3	0	8.5	26.9	23	26	23
41	3B35	83.4	0.9	1	804	37	59.4	767	763	4	0	10.1	26.9	23	27	23
41	3B36	83.4	1	1.3	803.7	37.7	60.4	766	763	3	0	10.8	26.9	23	26	23
41	3B37	68.5	1.3	3	802	37	61.4	765	763	2	0	10.1	26.9	23	25	23
11p,44	3D38	83.4	1.4	1.7	818.6	57.6	65.4	761	759	2	0	30.7	26.9	23	25	23
12p	3C39	83.4	1.4	2.2	819.3	70.3	77.4	755	745	4	-6	43.4	26.9	23	27	17
13p	3C40	83.4	1.4	2.5	818.7	65.7	73.4	768	753	0	-15	28.8	36.9	33	33	18
45,57a	3D41	83.4	1.4	1	815.2	55.2	66.4	760	743	17	0	28.3	26.9	23	40	23
45	3E42	83.4	1.4	3.2	814	50	62.4	765	763	1	-1	23.1	26.9	23	24	22
45	3E43	83.4	1.4	5.3	811.9	45.9	60.4	767	765	1	-1	19	26.9	23	24	22
50	3F44	83.4	1.4	2.2	813.4	53.4	66.4	764	747	13	-4	24.5	28.9	25	38	21
57	3F45	83.4	1.4	1.4	808.6	48.6	66.4	762	750	10	-2	19.7	28.9	25	35	23
55,56	3G46	83.4	1.4	1.2	805.8	39.8	60.4	768	764	2	-2	12.9	26.9	23	25	21
55	3G47	83.4	1.4	1.4	803.6	34.6	57.4	771	768	1	-2	7.7	26.9	23	24	21
55	3H48	83.4	1.4	1.1	803.9	34.9	57.4	771	768	1	-2	8	26.9	23	24	21
54	3H49	83.4	1.4	5.8	796.4	18.4	48.4	778	776	2	0	2	16.4	13	15	13
54	4A50	83.4	1.4	1.7	800.5	30.5	56.4	773	769	1	-3	3.6	26.9	23	24	20
54	4A51	83.4	1.4	3.8	798.4	30.4	58.4	768	766	2	0	3.5	26.9	23	25	23
54	4B52	83.4	1.4	7.1	795.1	26.1	57.4	771	768	1	-2	3.2	22.9	19	20	17
50	4B53	83.4	1.4	2.7	812.9	43.9	57.4	770	765	4	-1	17	26.9	23	27	22
51	4C54	83.4	1.4	1.3	812.4	41.4	55.4	771	770	1	0	14.5	26.9	23	24	23
63	4C55	83.4	1.4	2	807.6	36.6	55.4	771	766	5	0	9.7	26.9	23	28	23
64	4D56	83.4	1.4	1.9	806.3	36.3	56.4	770	762	8	0	9.4	26.9	23	31	23
64	4D57	83.4	1.4	2.2	806	41	61.4	769	760	5	-4	14.1	26.9	23	28	19
65	4E58	83.4	1.4	1.6	802.8	37.8	61.4	770	760	5	-5	10.9	26.9	23	28	18
65	4E59	83.4	1.4	1.3	803.1	37.1	60.4	770	764	2	-4	10.2	26.9	23	25	19
67	4F60	68.5	1.3	0.9	801.9	51.9	76.4	759	740	10	-9	25	26.9	23	33	14
68	4F61	83.4	1.4	1.8	800.6	35.6	61.4	765	763	2	0	8.7	26.9	23	25	23

La presión del emisor más alejado en cada parcela se presenta en la columna denominada PSZ, calculada en base a la presión regulada y la pérdida por fricción dentro de la parcela que equivale a 3.9 m.c.a. Es preciso afirmar que la PSZ, no considera las pérdidas o ganancias de presión causadas por la altura Z. Para calcular las presiones totales, dentro del área de riego, determinamos la cota mayor (CM) y la cota menor (Cm) dentro de la parcela, que al restar a la cota de la válvula presentada como Z en el Cuadro 26, se obtiene la diferencia de altura que pueden disipar carga en la cota mayor (-Zar) o sumar carga en cota menor (+Zab). La presión total en la cota menor dentro de la parcela (Pca) es calculada por la sumatoria de +Zab y PSZ y en la cota mayor (PCA), consiste en la sumatoria de PSZ y -Zar. Se considera la premisa que Pca tiene que ser mayor a 5 m.c.a y PCA tiene que ser menor a 40 m.c.a, garantizando un riego uniforme dentro de la parcela.

6.7.4 Sistema de bombeo

Para el suministro de agua se considera la perforación de un pozo, teniendo como referencia el que abastece de agua potable la cabecera departamental se Sansare; dicho pozo proporciona un caudal estimado de 23 litros por segundo, teniendo una profundidad de 650 pies, el nivel estático del espejo de agua está a una profundidad de 56 pies, el nivel dinámico a 275 pies y el brocal se encuentra 810 msnm.

Fue necesario calcular un sistema de bombeo que proporcione la energía necesaria para conducir el agua desde el pozo hasta el tanque de distribución, considerando apropiado instalar únicamente una estación de bombeo, por la economía que representa en este caso. El pozo estará localizado en la zona mas baja de El Plan de los Comunes, este punto corresponde a la "estación 6p" a 738 msnm como se muestra en la planta general en el apéndice; el tanque de distribución se encuentra en la "estación 0p" siendo este punto de cota de 826.4 metros, las mayor en altitud en referencia a las demás.

El Cuadro 28 resume el cálculo hidráulico de la conducción que alimenta el tanque de distribución; el caudal estimado es de 21.5 l/s (340 GPM ó 77.22 m³/h), con diámetro de tubería de 6" con diferentes calibres y la cota en la estación 0p es 4.96 metros mayor por la altura de la pared del tanque de almacenamiento.

Cuadro 28. Resumen de cálculos hidráulicos de la conducción del pozo al tanque.

CONDUCCION POZO-TANQUE													
EST.	P.O.	D.H.	X	Y	Z	D(mm)	Q(m ³ /h)	Vel(m/s)	Hf(mt)	Dr(mt)	Piez.	P.D.(mt)	P.E.(mt)
	6p		660.08	908.59	737.86						836.53	98.67	93.5
6p	5p	99.96	564.82	878.27	738.54	155.3	77.22	1.13	0.7	99.97	835.83	97.29	92.82
5p	4p	150.8	418.79	840.64	749.63	155.3	77.22	1.13	1.06	151.21	834.78	85.15	81.73
4p	3p	106.82	326.47	786.9	753.17	157.9	77.22	1.1	0.69	106.88	834.09	80.92	78.19
3p	2p	149.48	191.07	723.56	762	157.9	77.22	1.1	0.96	149.74	833.13	71.12	69.36
2p	1p	232.66	6.62	865.38	800	160.1	77.22	1.07	1.42	235.75	831.71	31.71	31.36
1p	0p	48.24	-36.31	887.36	831.4	160.1	77.22	1.07	0.35	57.54	831.4	0	0
									Total Hf	5.18			

En el Cuadro 29 se presenta el resumen del cálculo de pérdidas de presión a causa de la fricción dentro de la tubería de hierro galvanizado (Hg) de 6" de diámetro, que se encuentra dentro del pozo.

Cuadro 29. Resumen de cálculos de pérdidas de fricción en la conducción vertical del pozo en base a la ecuación de *Hazen - Williams*, (Ec 23) ($C = 110$).

D(mm)	Q(m ³ /h)	Vel(m/s)	Hf(mt)	Conducción (mt)
165	77.22	1	1.48	160

Para conocer la carga total (H) que necesita vencer la bomba que logra transportar el agua del pozo al tanque se calculó, sabiendo que;

$$H = H_{fc} + H_{fm} + H_{fp} + Z \dots \dots \dots \text{(Ec. 29)}$$

Donde;

H_{fc} = pérdidas de fricción de la conducción, 5.18 m. (Cuadro 28)

H_{fcp} = pérdidas de fricción de la conducción del pozo, 1.48 m. (Cuadro 29)

H_{fm} = pérdidas de fricción de los accesorios, 0.84 m.

Z = diferencias de altura, 93.5 mt de la estación de pozo y el tanque de distribución y 84 m. desde el nivel dinámico hacia la "estación 0p" verticalmente.

Por lo tanto;

$$H = 185 \text{ m.c.a.}$$

Ya conociendo el caudal de 77.22 m³/h ó 340 GPM y la carga a vencer de 185 m.c.a. ó 606.8 pies, se realizó la búsqueda de una bomba, en base a curvas características, que proporcionan las casas distribuidoras, empleando el criterio de capacidad, calidad, costo de mantenimiento y costo de la misma. La bomba elegida se caracteriza por ser sumergible (pozo profundo), potencia nominal de 75 caballos de fuerza (Hp), accionada por un motor eléctrico trifásico de 440 Voltios (Grundfos). La curva característica, capacidad-carga, se muestra en la Figura 21.

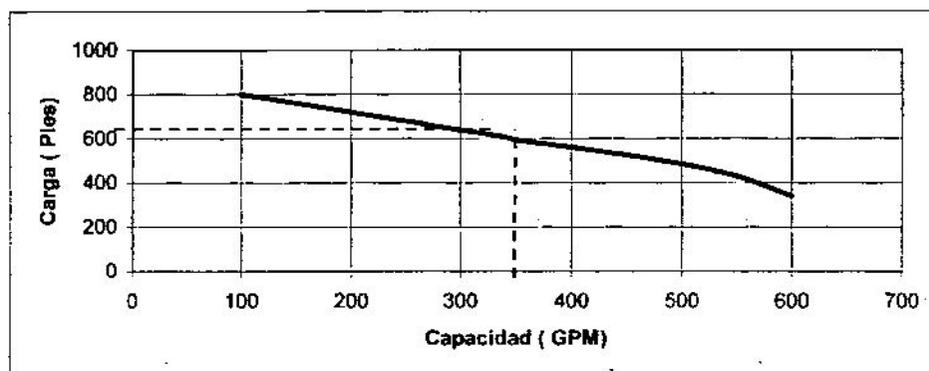
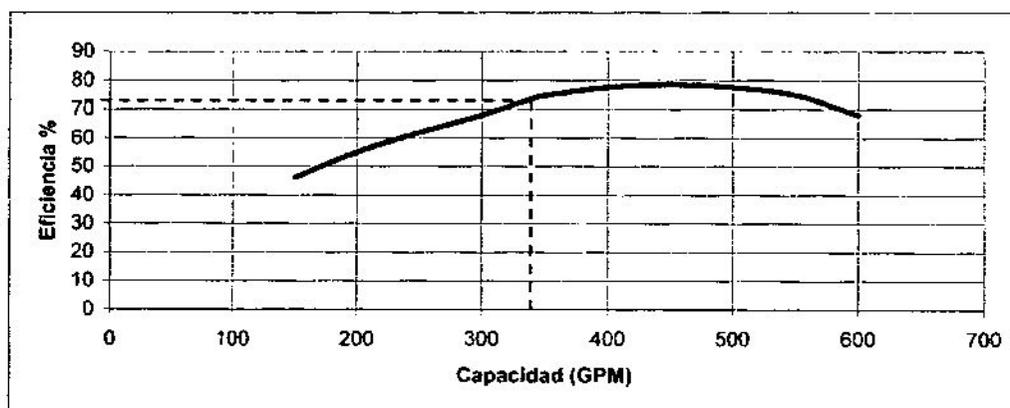


Figura 21. Curva característica de la Bomba Sumergible de 8 fases, Grundfos, 75Hp.

Fuente: www.regaber.com.

Bajo las condiciones de funcionamiento de la bomba que muestra la Figura 21, en la Figura 22 la eficiencia (N) llega a ser del 74 %, lo cual se considera muy bueno para las condiciones bajo las cuales operará la misma.



Grafica 21. Eficiencia de Operación de la bomba Sumergible de 8 fases, Grundfos, 75Hp.

Fuente: www.regaber.com.

La potencia nominal de la bomba según el fabricante es de 75 Hp, (caballos de fuerza), pero para el cálculo de consumo energético es necesario el la potencia real. Este cálculo se realizó por la siguiente ecuación;

$$HP = Q \text{ (m}^3\text{/h)} \times H \text{ (m.c.a.)} / (274 \times N \text{ (%))} \dots\dots\dots (\text{Ec. 28})$$

Donde ;

H = Carga (185 m.c.a).

Q = Caudal (77.22 m³/h).

N = Eficienci (74%).

Por lo tanto;

$$\underline{HP = \text{Potencia } 71 \text{ Hp.}}$$

Aparte de las curvas de potencia y eficiencia de la bomba, también se podría analizar la curva del NPSHR (Carga neta de succión positiva requerida), la cual consiste en la altura máxima de succión a la cual la bomba puede funcionar sin ningún problema, ésto se da siempre y cuando la bomba se encuentre por arriba del nivel del agua, para éste caso en particular, no existe tal situación, pues la bomba estará sumergida bajo el agua, evitando de tal manera problemas de cavitación.

6.8 Estudio Financiero.

6.8.1 Costos del proyecto

Para el análisis financiero fue necesario obtener los costos del proyecto los cuales se presentan en los Cuadros 30 al 39. Se enlistan los materiales, servicios, mano de obra etc., para la construcción del proyecto, así como cantidad, el precio aproximado actual y el total de cada descripción.

El costo total para la construcción del pozo es de Q380,000.00 considerando la unidad de bombeo (Cuadro 31) y la perforación (Cuadro 30). El costo por beneficiario es Q6,229.51.

Cuadro 30. Costo Para La Perforación Del Pozo.

Descripción	Cantidad	Unitario (Quetzales)	Total (Quetzales)
Movilización y transporte de materiales	Global	Q1.00	Q10,000.00
Montaje y desmontaje de maquinaria	Global	Q1.00	Q3,000.00
Perforación *pie	550	Q118.00	Q64,900.00
Tubería de Acero 10 "	550	Q122.00	Q67,100.00
Entubación	525	Q28.00	Q14,700.00
Ranuración de Pichachas	325	Q41.00	Q13,325.00
Filtro de graba	Global	Q28.75	Q6,075.00
Sello Sanitario de cemento	Global	Q1.00	Q1,400.00
Desarrollo y limpieza del pozo	Global	Q1.00	Q6,000.00
Prueba de Bombeo (por Hora)	12	Q575.00	Q6,900.00
Perfilaje y control de muestra	Global	Q1.00	Q500.00
Acarreo de agua por día	4	Q390.00	Q1,560.00
Acarreo de lodos de perforación	4	Q735.00	Q2,940.00
Energía y supervisión	Global	1	Q1,600.00
Total Perforación del Pozo			Q200,000.00

Cuadro 31. Costo Del Sistema De Bombeo Del Pozo Al Tanque.

Descripción	Cantidad	Unitario (Quetzales)	Total (Quetzales)
Bomba sumergible 75 Hp, 8 fases	1.00	Q25,266.00	Q25,266.00
Motor 75 Hp Trifásico, 460 V	1.00	Q30,250.00	Q30,250.00
Panel completo de control de arranque, control de nivel, pararrayos, gabinete metálico y automatización de funcionamiento.	1.00	Q16,832.15	Q16,832.15
Pies de cable sumergible	525.00	Q35.40	Q18,585.00
Pies de cable sumergible 14*3	525.00	Q1.70	Q892.50
Tubos de Hg 6"	30.00	Q1,435.00	Q43,050.00
Tee H.G. 6"	1.00	Q200.00	Q200.00
Tapón Macho 6"	1.00	Q60.00	Q60.00
Válvula de check vertical 6"	1.00	Q2,000.00	Q2,000.00
Set de materiales conduit y accs. Pvc.	1.00	Q450.00	Q450.00
Válvula de compuerta 6"	1.00	Q611.00	Q611.00
Unión Universal H.G.	1.00	Q400.00	Q400.00
Funda de Enfriamiento	1.00	Q350.00	Q350.00
Niple H. G. 6"	5.00	Q100.00	Q500.00
Servicio de instalación (plomería), incluye servicio de grúa, empalme y amarre, instalación del panel de control y pruebas de equipo	1.00	Q21,221.00	Q21,221.00
Instalación de cabezal de bombeo (plomaría), flange, válvula de alivio, válvula check horizontal, plomería, accesorios de instalación.	1.00	Q19,332.35	Q19,332.35
TOTAL			Q180,000.00

En los Cuadros 32 y 33 se muestran los costos por materiales e instalación de la conducción;

Cuadro 32. Costo por Conducción Principal y Ramales.

Descripción	Cantidad	Unitario (Quetzales)	Total (Quetzales)
Tubo pvc 8" 125 psi	146	Q529.32	Q77,280.72
Tubo pvc 8" 100 psi	98	Q376.80	Q36,926.40
Tubo pvc 6" 160 psi	43	Q355.69	Q15,294.67
Tubo pvc 6" 125 psi	64	Q286.56	Q18,339.84
Tubo pvc 6" 100 psi	88	Q228.95	Q20,147.60
Tubo pvc 4" 125 psi	75	Q132.40	Q9,930.00
Tubo pvc 4" 100 psi	556	Q105.68	Q58,758.08
Tubo pvc 3" 125 psi	825	Q80.14	Q66,115.50
Tubo pvc 2 1/2" 125 psi	65	Q54.02	Q3,511.30
Tee pvc 8"	5	Q410.15	Q2,050.75
Tee pvc 6"	5	Q353.30	Q1,766.50
Tee pvc 4"	30	Q66.07	Q1,982.10
Tee pvc 3"	26	Q93.15	Q2,421.90
Cruz pvc 4"	15	Q125.40	Q1,881.00
Codo pvc 90o 6"	4	Q201.79	Q807.16
Codo pvc 90o 4"	8	Q38.15	Q305.20
Codo pvc 90o 3"	11	Q23.26	Q255.86
Codo pvc 45o 4"	15	Q45.20	Q678.00
Codo pvc 45o 3"	20	Q30.63	Q612.60
Codo pvc 45o 2 1/2"	4	Q25.23	Q100.92
Reductor Bushing pvc 8*6	1	Q111.97	Q111.97
Reductor Bushing pvc 8*4	8	Q111.97	Q895.76
Reductor Bushing pvc 6*4	5	Q111.97	Q559.85
Reductor Bushing pvc 6*3	7	Q111.97	Q783.79
Reductor Bushing pvc 4*3	55	Q38.37	Q2,110.35
Reductor Bushing pvc 4*2 1/2	8	Q38.37	Q306.96
Reductor Bushing pvc 4*2	10	Q38.37	Q383.70
Válvula de lavado (completa)	2	Q500.00	Q1,000.00
Válvula de aire 2"	4	Q175.32	Q701.28
Acc. de automatización	Global		Q28,750.00
Acc de instalación	Global		Q15,230.24
Total			Q370,000.00

Cuadro 33. Costo mano de obra considerada en la conducción principal y ramales.

Distinción	Recurso Humano	Sueldo/Mensual	Viáticos/mensual	Total Meses	Total
Plomero A	1	Q4,000.00	2750	1	Q6,750.00
Plomero B	1	Q3,500.00	2750	1.8	Q8,450.00
Ayudantes B	2	Q2,000.00	2200	1.8	Q9,920.00
Ayudantes A	1	Q2,500.00	2200	1	Q4,700.00
Total de mano de obra					Q29,820.00

*Los meses están considerados en un plan 22

El plomero y ayudantes identificados como B, en Cuadro 33, tendrán como labor y objetivo el ensamble de tubería para formar los 15.84 kilómetros de conducción (Conducción principal, ramales, derivaciones), con un tiempo estimando de ejecución de 1.8 meses (39 días), a razón que diariamente se instalan 70 tubos. Se considera un plomero y un ayudante con distinción A, para la instalación de los accesorios de automatización del sistema realizándolo en un tiempo estimado de un mes.

El costo total por instalación de la conducción principal y ramales, haciende a Q399,820.00, considerando el total por los materiales de Q370,000.00 en cuadro 32, y los Q29,800.00 por mano de obra que se presenta en el Cuadro 33. Se estima que el costo por el kilómetro es de Q25, 250.00 y Q6,554.43 por beneficiario.

En los Cuadros 34 y 35 se muestran los costos por materiales e instalación dentro de la parcela de riego;

Cuadro 34. Costos necesarios dentro de la parcela de riego.

Descripción	Cantidad	Unitario (Quetzales)	Total (Quetzales)
Tubo pvc 2 1/2" 125 psi	732	Q54.02	Q39,542.64
Codo pvc 2 1/2" 45o	122	Q25.23	Q3,078.06
Adaptador hembra pvc 2 1/2"	122	Q7.00	Q854.00
Adaptador hembra pvc 2	244	Q4.72	Q1,151.68
Tapón macho 2 1/2"	122	Q6.00	Q732.00
Tee pvc 2 1/2	61	Q10.00	Q610.00
Cruz pvc 2 "	122	Q25.00	Q3,050.00
Codo pvc 2 1/2 " 90o	7	Q23.26	Q162.82
Codo pvc 3 " 90o	54	Q19.06	Q1,029.24
Reductor Buching pvc 2 1/2*2	68	Q10.75	Q731.00
Reductor Buching pvc 2*1	244	Q4.25	Q1,037.00
Reductor Buching pvc 3*2	61	Q20.10	Q1,226.10
Adaptador hebra pvc 1"	122	Q2.37	Q289.14
Válvula de aire 1"	122	Q88.32	Q10,775.04
Kit de inyector de Fertilizante 1"	61	Q1,323.00	Q80,703.00
Manguera de p.e. (20 mm), gotero incorporado 2.1 lps	404064	Q2.08	Q840,453.12
final de manguera	5856	Q1.18	Q6,910.08
Conector con 1 ajuste giratorio	5856	Q1.86	Q10,892.16
Conector con 2 ajuste giratorio	5856	Q2.04	Q11,946.24
Filtro de anillos 2" 120 mesh	61	Q806.20	Q49,178.20
Válvula Hidráulica 2"	61	Q796.30	Q48,574.30
Accesorios de instalación	Global		Q22,074.18
Total Equipo De Riego			1,135,000.00

Cuadro 35. Costo de mano obra dentro la parcela de riego.

Distinción	Recurso Humano	Sueldo/Mensual	Viáticos/mensual	Total Meses	Total
Plomero A	1	Q4,000.00	Q2,750.00	2.5	Q16,875.00
Ayudantes	2	Q2,000.00	Q2,200.00	2.5	Q21,000.00
Total de mano de obra					Q37,875.00

El recuso humano que se presenta en el Cuadro 35 tendrán como labor y objetivo la instalación de tubería, equipo y accesorios dentro de la parcela de riego, desempeñando su labor en un tiempo estimando 2.5 meses (55 días), a razón que diariamente se instalarán 0.71 Ha.

Por instalación y adquisición de tubería, equipo y accesorios dentro de la parcela de riego, el monto haciende a Q1,172,875.00., considerando el total por los materiales de Q1,135,000.00 en Cuadro 34, y los Q37,875.00 por mano de obra que se presenta en el Cuadro 35. Se estima que el costo por manzana (0.7 Ha) es de Q20,944.20.

El costo total por mano de obra no calificada, haciende a Q76,242.57 y Q1,249.8 por beneficiario, considerando el total de zanjeo por Q49,152.57 del Cuadro 36 , y los Q27,090.00 del Cuadro 37, concernientes a la mano de obra no calificada complementaria .

Cuadro 36. Costo de zanjeo (15.84 Km).

Dimensión Tubería	Dimensión Zanja cm*cm	Longitud m	metros hombre/día	días
8"	75*55	1440	7	206
6"	65*45	1151	9	128
4"	60*40	3723	11	338
3"	55*30	4868	13	374
2 1/2"	55*30	4654	13	358
Total de días				1404
Jornal (pago diario)				Q35.00
Total				Q49,152.57

Cuadro 37. Costo de mano de obra no calificada complementaria del proyecto.

Duración proyecto (días)	Hombres por día	Jornal (pago diario)	Total
129	6	Q35.00	Q27,090.00

En el Cuadro 38, se presentan los costos necesarios para la construcción del tanque de almacenamiento con una capacidad de 1400 m³.

Cuadro 38. Costos necesarios por la construcción del tanque de almacenamiento.

TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE 1400 M3				
CIMENTACION + FONDO				
DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
MATERIALES LOCALES				
Arena de río	38.00	M³	70.00	2,660.00
Piedra y piedrín	38.00	M³	125.00	4,750.00
MATERIALES NO LOCALES				
Cemento	190.00	saco	36.00	6,840.00
Malla Electrosoldada 3/8"	22.00	14.10 M2	325.70	7,165.40
Hierro de 1/2"	10.00	qq	260.00	2,600.00
TOTAL RENGLON				24,015.40
MURO PERIMETRAL				
DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
MATERIALES LOCALES				
Arena de río	42.00	M³	70.00	2,940.00
Piedra y piedrín	42.00	M³	125.00	5,250.00
MATERIALES NO LOCALES				
Cemento	210.00	saco	36.00	7,560.00
Malla Electrosoldada 3/8"	30.00	14.10 M2	325.70	9,771.00
Columnas Armásemos 0.2*0.15*6	67.00	unidad	110.00	7,370.00
TOTAL RENGLON				32,891.00
PILARES DE CONTENCIÓN + MUROS INTERNOS				
DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
MATERIALES LOCALES				
Arena de río	18.00	M³	70.00	1,260.00
Piedra y piedrín	18.00	M³	125.00	2,250.00
MATERIALES NO LOCALES				
Cemento	92.00	saco	36.00	3,312.00
Malla Electrosoldada 3/8"	15.00	14.10 M2	325.70	4,885.50
Columnas Armáceros 0.2*0.15*6	60.00	unidad	110.00	6,600.00
TOTAL RENGLON				18,307.50
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	Recuso Humano (diario)		Precio Unitario (mes)	Total
Albañiles	4		3,000.00	12,000.00
Mano de obra no calificada	18		770.00	13,860.00
Supervisión y Administración General	1		14,000.00	38,261.10
TOTAL RENGLON				64,121.10
OTROS				
DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
Alambre de amarre	300.00	libra	2.35	705.00
Alquiler de Formaleta	840.00	12 M³	20.00	16,800.00
Hierro de 1/4"	12.00	qq	230.00	2,760.00
Retroexcavadora	40.00	horas	500.00	20,000.00
Camión	60.00	horas	450.00	27,000.00
Camión Pipa con motobomba	16.00	horas	475.00	7,600.00
Imprevistos				Q10,800.00
TOTAL				Q225,000.00

El monto total considerado para la construcción del tanque de almacenamiento, como se muestra en el Cuadro 38 es de Q225,000.00. El costo por beneficiario es de Q3,688.53

La integración de los costos del proyecto se presentan en el Cuadro 39;

Cuadro 39. Integración de costos del proyecto.

	DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL
1	Sistema de bombeo	U	1	Q180,000.00	Q180,000.00
2	Perforación de pozo	U	1	Q200,000.00	Q200,000.00
10	Tanque de Distribución	U	1	Q225,000.00	Q225,000.00
11	Distribución	U	1	Q399,820.00	Q399,820.00
12	Equipo de Riego	U	61	Q19,227.46	Q1,172,875.00
15	Caseta de Bombeo	U	1	Q8,000.00	Q8,000.00
16	Fletes(dentro de la obra)	Global	1	Q5,000.00	Q5,000.00
17	SUB TOTAL				Q2,190,695.00
21	Mano de Obra No Calificada	Global		Q76,242.57	Q76,242.57
22	Dirección Técnica de Campo	%	18	Q0.18	Q394,325.10
23	Administración y Supervisión	%	15	Q0.15	Q328,604.25
25	Capacitación y Asistencia Técnica	Global		Q75,006.38	Q75,006.38
26	Mitigación Impacto Ambiental	%	10		Q219,069.50
27	Otros	%	6	Q0.06	Q131,441.70
28	TOTALES				Q3,415,384.50

Basado en la integración de costos del proyecto, se llegó a determinar que la inversión total necesaria para la ejecución del proyecto, asciende a un monto de **Q3,415,384.50** correspondiendo **Q55989.91** por beneficiado.

Es necesario también obtener los costos de mantenimiento y operación, definiendo que según las condiciones del área de estudio, la operación del proyecto se ejecutará en un lapso de 9 meses al año. El pago de energía eléctrica durante el tiempo de trabajo de la bomba sumergible se resume en el Cuadro 40.

Cuadro 40. Costo del consumo de energía de la motobomba sumergible.

Meses al año de funcionamiento	Días al año de funcionamiento	Horas diarias	Horas al Año	KW de consumo de la bomba/hora	Consumo anual KW	*Consumo anual
9	270	17.33	4679.1	55.9275	261690.3653	Q107,293.05

*Tasa Q0.41 KW/hora
1 Hp = 0.7457 KW

Se establecen el pago de un supervisor del sistema con Q11, 700.00 anuales (Q1,300.00 mensuales); En complemento se añaden mantenimiento reparaciones a la bomba sumergibles con Q15,000.00 y algunas anomalías que pudieren causarse al sistema de riego, contemplándose en Q20,000.95. Con los datos anteriores, como se muestra en el Cuadro 41, el costo total de operación y mantenimiento asciende a **Q153,994.00.**

Cuadro 41. Integración de costos por operación y mantenimiento del sistema

Destino	Monto En Q.
Operario y Supervisor	Q11,700.00
Consumo de energía	Q107,293.05
Mantenimiento de la bomba	Q15,000.00
Imprevistos	Q20,000.95
Total	Q153,994.00

6.8.2 Costos de producción de los cultivos del área.

Es necesario también calcular los costos de producción, en este caso para maíz, frijol y yuca, los 3 cultivos principales que se destacan en la comunidad y para los cuales se realiza el estudio financiero. En los Cuadros 42 al 44, se presentan los componentes de los costos de producción de los mencionados cultivos.

Cuadro 42. Costos de producción por manzana para el cultivo de maíz en la región de Sansare, El Progreso.

Concepto	Unidad de Medida	Cantidad	Precio unitario (Q)	Total
I. COSTO DIRECTO				Q1,988.25
I. Mano de Obra				
Preparación de la tierra	Mz	1	350	Q350.00
Siembra	Jornal	2	23	Q46.00
Fertilización	Jornal	2	23	Q46.00
Limpías y aporque	Jornal	14	23	Q322.00
Control de plagas	Jornal	4	23	Q92.00
Aplicación de riego	Jornal	0	23	Q0.00
Cosecha				Q0.00
- Doble	Jornal	1	23	Q23.00
- Tapisca	Jornal	8	23	Q184.00
- Desgrane	qq	32	4	Q128.00
Desototado, llenado y acarreo	Jornal	5	23	Q115.00
2. Insumos				Q0.00
Semilla	lbs	25	4.25	Q106.25
Insecticidas				Q0.00
Semevin	Its	0.25	200	Q50.00
Tarnaron	Its	1	60	Q60.00
Volaton 1.5G.	lbs	10	3.7	Q37.00
Fertilizantes				Q0.00
Completo (15-15-15)	qq	3	75	Q225.00
Nitrogenados (46%)	qq	3	68	Q204.00
II. COSTOS INDIRECTOS				Q598.83
Administración		5%		Q99.41
Renta de tierra	Mz	1	400	Q400.00
Imprevistos		5%		Q99.41
III. COSTOS TOTALES (Mz)	qq	32		Q2,587.08
IV. COSTO UNITARIO				Q80.85
V. INGRESO VENTA DE PRODUCCION	qq	32	80	Q2,560.00
VI. INGRESO NETO				-Q27.07
VII. RENTABILIDAD				-1.05%

El cálculo de costos por Mz., en la producción de maíz suman Q2,587.08, equivalentes a Q 3695.82 por Hectárea. En las presentes condiciones no es un cultivo rentable.

Cuadro 43. Costos de producción por manzana para el cultivo de frijol en la región de Sansare, El Progreso.

Concepto	Unidad de Medida	Cantidad	Precio unitario (Q)	Total
I. COSTO DIRECTO				Q2,853.00
I. Mano de Obra				
Preparación de la tierra	Mz	1	350	Q350.00
Siembra	Jornal	10	23	Q230.00
Fertilización	Jornal	10	23	Q230.00
Limpias	Jornal	20	23	Q460.00
Control de plagas	Jornal	8	23	Q184.00
Aplicación de riego	Jornal	0	23	Q0.00
Cosecha				
Arranque	Jornal	14	23	Q322.00
Trillado	qq	20	5	Q100.00
2. Insumos				Q0.00
Semilla	lbs	60	5.6	Q336.00
Insecticidas				
Tamaron	lts	2	60	Q120.00
Fungicidas				
Tirmiltox forte	kg	1	60	Q60.00
Antracol	kg	1	48	Q48.00
Vondozeb	kg	1	38	Q38.00
Fertilizantes				
Completo (15-15-15)	qq	5	75	Q375.00
II. COSTOS INDIRECTOS				Q685.30
Administración		5%		Q142.65
Renta de tierra	Mz	1	400	Q400.00
Imprevistos		5%		Q142.65
III. COSTOS TOTALES (Mz)	qq	20		Q3,538.30
IV. COSTO UNITARIO				Q176.92
V. INGRESO VENTA DE PRODUCCION	qq	20	185	Q3,700.00
VI. INGRESO NETO				Q161.70
VII. RENTABILIDAD				4.57%

El cálculo de costos totales, en la producción de frijol como se muestra en el Cuadro 43 suman Q3,538.30, equivalentes a Q 5054.714286 por Hectárea. La rentabilidad es de 4.57%.

En el Cuadro 44 se muestra el costo de producción para el cultivo de yuca var. Valencia, para el área de Sansare. El ingreso de venta obedece a la producción bajo riego esperada por manzana (0.7 Ha.) que equivale a 420 quintales y el precio por quintal en fresco, ofrecido por la agroexportadora SOITGAR, S.A. de Ecuador. La diferencia fundamental en el costo de producción de yuca con y sin proyecto se fundamenta en el ciclo de producción, ya que sin riego la yuca se cosecha cada dos años y por tal motivo los costos se distribuyen en tal ciclo; en el cultivo de yuca bajo riego se reduce a 8 meses, obteniendo en teoría 1.5 cosechas al año.

Cuadro 44. Costos de producción por manzana para el cultivo de yuca en la región de Sansare, El Progreso.

Concepto	Unidad de Medida	Cantidad	Precio unitario (Q)	Total
I. COSTO DIRECTO				Q5,807.00
1. Mano de Obra				
Preparación de la tierra	Mz	1	400	Q400.00
Siembra	Jornal	12	23	Q276.00
Fertilización	Jornal	4	23	Q92.00
Limpias	Jornal	16	23	Q368.00
Control de plagas	Jornal	6	23	Q138.00
Aplicación de riego	Jornal	0	23	Q0.00
Cosecha				
Desenterrado de raíz	Jornal	21	23	Q483.00
2. Insumos				Q0.00
Semilla	esqueje	7000	0.1	Q700.00
Insecticidas				Q600.00
Fungicidas				Q600.00
Fertilizantes				Q600.00
Completo (15-15-15)	qq	6	75	Q450.00
Gallinaza	qq	50	22	Q1,100.00
II. COSTOS INDIRECTOS				Q980.70
Administración		5%		Q290.35
Renta de tierra	Mz	1	400	Q400.00
Imprevistos		5%		Q290.35
III. COSTOS TOTALES (Mz)	qq	420		Q6,787.70
IV. COSTO UNITARIO				Q16.16
V. INGRESO VENTA DE PRODUCCION	qq	420	95	Q39,900.00
VI. INGRESO NETO				Q33,112.30
VII. RENTABILIDAD				487.83%

El cálculo de costos totales, en la producción de yuca suman Q6,787.70, equivalentes a Q9696.71 por Hectárea.

6.8.3 Utilidades

Para establecer las utilidades que el proyecto genera, se realizó una comparación de la situación sin proyecto versus con proyecto. Se estableció la situación sin proyecto como una aproximación a la realidad futura sin la operación del sistema de riego; el Cuadro 45 indica tal situación.

Cuadro 45. Estructura de la producción, precios, rendimientos por cultivos, costos e ingresos totales por año en una situación sin proyecto

SITUACION SIN PROYECTO									
Cultivo	Cosechas	Precio (qq)	Area Ha	Producción qq/Ha	Producción Anual (qq)	Ingresos	Costos por Ha	Costos Totales	Ingreso Neto
Yuca	0.5	95	1.1	500	275	26125	9696.71	5333.1905	Q20,791.81
Maíz	1.00	80.00	5.60	45.70	255.92	20,473.60	3,695.86	20,696.82	-Q223.22
Frijol	1.00	185.00	4.20	28.57	119.99	22,198.89	5,054.71	21,229.78	Q969.11
Totales			10.90			68,797.49		47,259.79	Q21,537.70

Observaciones: Los datos de producción son en quintales

Posteriormente se analizó la situación con proyecto, como se ve en el Cuadro 46, al cual hace referencia a que toda el área esta sembrada de Yuca. Es preciso recalcar que el ciclo de producción sin riego de yuca es de dos años, y el cultivo bajo riego se reduce a 8 meses, obtenido en teoría 1.5 cosechas al año. Los ingresos que se representan, podrían ser obtenidos con la venta del producto a la empresa SOITGAR S.A.

Cuadro 46. Estructura de la producción, precios, rendimientos por cultivo, costos e ingresos totales por año en una situación con proyecto.

SITUACION CON PROYECTO									
Estructura De La Producción, Precios, Rendimientos Por Cultivo, Costos E Ingresos Totales Por Año									
Cultivo	Cosechas	Precio (qq)	Area Ha	Producción qq/Ha	Producción Anual (qq)	Ingresos	Costos por Ha	Costos Totales	Ingreso Neto
YUCA	1.50	95.00	39.20	600.00	35,280.00	3,351,600.00	9,696.71	570,166.55	Q2,781,433.45
TOTAL			39.20			3,351,600.00		570,166.55	Q2,781,433.45

Observaciones: El área total de proyecto es 56 manzanas.

Tal como se muestra en los cuadros anteriores, los beneficios que los agricultores obtienen mediante la incorporación de riego es grande, dado que se refleja una cifra Q21,537.70 sin proyecto, comparando los Q2,781,433.45 al año en una situación con proyecto. Por beneficiario el ingreso promedio anual en el caso sin proyecto, es de Q353.08 y en el caso con proyecto el ingreso promedio por la actividad agrícola es de Q45,597.2. La ganancia anual por la implementación del proyecto es de Q2,759,895.75 representando los beneficios anuales adquiridos.

6.8.4 Flujo de fondos

En el Cuadro 47, se representa el flujo de fondos del proyecto, teniendo como beneficios del proyecto (Ingresos), el resultado de la diferencia entre los beneficios con proyecto y los beneficios sin proyecto; los costos son generados por los costos de operación y mantenimiento del proyecto durante 9 meses que funcionará el sistema de riego durante el año. Aparte de ello se ingresan también los costos por amortización de la deuda, la cual inicia durante el año 3, teniendo el proyecto dos años de gracia. La utilidad obtenida es una relación de los ingresos menos los egresos (costos), se incluye el impuesto I.S.R. del 31%, luego de la cual se manifiestan los ingresos netos del proyecto.

Finalmente se establece los flujos netos descontados con una tasa del 20%; dicha tasa se estableció considerando un margen de inflación del 6%, costo de oportunidad del capital 6% y el riesgo de inversión 8%. Es preciso mencionar que el presente proyecto tiene una tasa de 0% de interés respecto al préstamo del capital a causa de las políticas de PLAMAR cuando se trata de grupos organizados como en este caso.

Cuadro 47. Flujo de Fondos del proyecto en quetzales.

DESCRIPCION	TIEMPO EN AÑOS							
	0	1	2	3	4	5	6	7
INGRESOS								
beneficio del proyecto		2,759,895.75	2,759,895.75	2,759,895.75	2,759,895.75	2,759,895.75	2,759,895.75	2,759,895.75
EGRESOS								
Costo Operación y Mantenimiento		153,94.00	153,994.00	153,994.00	153,994.00	153,994.00	153,994.00	153,994.00
Amortización de la Deuda				652,827.11	652,827.11	652,827.11	652,827.11	652,827.11
Costo Total		153,994.00	153,994.00	806,821.11	806,821.11	806,821.11	806,821.11	806,821.11
UTILIDAD								
Utilidad antes de impuesto		2,605,901.75	2,605,901.75	1,953,074.64	1,953,074.64	1,953,074.64	1,953,074.64	1,953,074.64
Impuesto		807,829.54	807,829.54	605,453.14	605,453.14	605,453.14	605,453.14	605,453.14
Utilidad Neta		1,798,072.21	1,798,072.21	1,347,621.50	1,347,621.50	1,347,621.50	1,347,621.50	1,347,621.50
INVERSIONES								
Inversión	3,045,066.05							
Mano de obra de los beneficiarios	76,242.57							
Acciones de Mitigación IA	219,069.50							
Capacitación	75,006.38							
Beneficios netos	3,415,384.50	1,798,072.21	1,798,072.21	1,347,621.50	1,347,621.50	1,347,621.50	1,347,621.50	1,347,621.50
Factor de descuento		0.83	0.69	0.58	0.48	0.40	0.33	0.28
Flujos Netos Descontados	-3,415,384.50	1,498,393.51	1,248,661.26	779,873.55	649,894.63	541,578.86	451,315.71	376,096.43
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	2,130,429.45							
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	43%							

Los indicadores financieros del proyecto de riego en mención, calculados a una tasa del 20%; indican un Valor Actual Neto (VAN) de Q2,130,429.45 y la Tasa Interna de Retorno (TIR) del 43%. El valor del VAN, indica que el proyecto de riego es rentable, pues el mismo valor el mayor que cero, sin embargo, en el futuro dicho valor puede decrecer por aspectos como aumento en los precios de los materiales, inflación, tasa de interés, etc., lo cual establece que si el proyecto se construye a un corto plazo, será rentable para la comunidad, no así, si llegase a realizarse en años futuros. En dado caso deberá realizarse otro estudio para actualizar los datos. La TIR, indica que a una tasa del 20%, el proyecto es rentable hoy día, pues el valor obtenido en el cálculo es mayor.

El valor de la TIR es también usado con otro criterio, dado que podemos conocer si vale o no la pena invertir en el proyecto, o de otra manera, buscar otra mejor alternativa (costo de oportunidad) donde pueda obtenerse mejores resultados.

6.8.5 Análisis de sensibilidad

Es importante considerar, que un proyecto puede ser afectado por cambios en los precios de los productos, servicios, insumos, etc., por lo cual se realizó un análisis de sensibilidad que conlleva a tres situaciones diferentes. La finalidad de un análisis de sensibilidad es conocer si el proyecto resulta rentable ante cambios que no pueden manejarse, por tal motivo se estableció un primer análisis de sensibilidad, dejando los beneficios normales y aumentando en un 20% los costos de la mano de obra por los beneficiarios y los asignados a la producción, operación y mantenimiento. En segundo caso, se redujeron los ingresos en un 20% (venta del producto) y los costos quedaron como se calcularon originalmente. En el caso extremo, se realizó un análisis cuando los costos aumentaron 20% y al mismo tiempo cuando los ingresos disminuyeron también en 20%. Los indicadores financieros del proyecto de riego son calculados a una tasa del 20%; los resultados se presentan en los Cuadros 48 al 50.

Cuadro 48. Análisis de sensibilidad, aumento 20 % en los costos del proyecto.

DESCRIPCION	TIEMPO EN AÑOS							
	0	1	2	3	4	5	6	7
INGRESOS								
Beneficio del proyecto		3,330,062.30	3,330,062.30	3,330,062.30	3,330,062.30	3,330,062.30	3,330,062.30	3,330,062.30
EGRESOS								
Costo de Producción		684,199.86	684,199.86	684,199.86	684,199.86	684,199.86	684,199.86	684,199.86
Costo Operación y Mantenimiento		<u>184,792.80</u>	184,792.80	184,792.80	184,792.80	184,792.80	184,792.80	184,792.80
Amortización de la Deuda				652,827.11	652,827.11	652,827.11	652,827.11	652,827.11
Costo Total		868,992.66	868,992.66	1,521,819.77	1,521,819.77	1,521,819.77	1,521,819.77	1,521,819.77
UTILIDAD								
Utilidad antes de impuesto		2,461,069.64	2,461,069.64	1,808,242.53	1,808,242.53	1,808,242.53	1,808,242.53	1,808,242.53
Impuesto		762,931.59	762,931.59	560,555.18	560,555.18	560,555.18	560,555.18	560,555.18
Utilidad Neta		1,698,138.05	1,698,138.05	1,247,687.35	1,247,687.35	1,247,687.35	1,247,687.35	1,247,687.35
INVERSIONES								
Inversión	3,045,066.05							
Mano de obra de los beneficiarios	91,491.08							
Acciones de Mitigación IA	219,069.50							
Capacitación	75,006.38							
Beneficio neto	3,430,633.01	1,698,138.05	1,698,138.05	1,247,687.35	1,247,687.35	1,247,687.35	1,247,687.35	1,247,687.35
Factor de descuento		0.83	0.69	0.58	0.48	0.40	0.33	0.28
Flujos Netos Descontados	-3,430,633.01	1,415,115.04	1,179,262.54	722,041.29	601,701.07	501,417.56	417,847.97	348,206.64
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	1,754,989.10							
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	39%							

El escenario anterior (Cuadro 48), muestra que ante un aumento del 20% en todos los costos del proyecto, el mismo es rentable, lo cual puede observarse en el VAN y en la TIR, pues para este caso, ambos criterios de decisión son aceptados.

Cuadro 49. Análisis de sensibilidad, decremento de 20% de los beneficios del proyecto.

DESCRIPCION	TIEMPO EN AÑOS							
	0	1	2	3	4	5	6	7
INGRESOS								
beneficio del proyecto		2,664,049.84	2,664,049.84	2,664,049.84	2,664,049.84	2,664,049.84	2,664,049.84	2,664,049.84
EGRESOS								
Costo de Producción		570,166.55	570,166.55	570,166.55	570,166.55	570,166.55	570,166.55	570,166.55
Costo Operación y Mantenimiento		153,994	153,994.00	153,994.00	153,994.00	153,994.00	153,994.00	153,994.00
Amortización de la Deuda				652,827.11	652,827.11	652,827.11	652,827.11	652,827.11
Costo Total		724,160.55	724,160.55	1,376,987.66	1,376,987.66	1,376,987.66	1,376,987.66	1,376,987.66
UTILIDAD								
Utilidad antes de impuesto		1,939,889.29	1,939,889.29	1,287,062.18	1,287,062.18	1,287,062.18	1,287,062.18	1,287,062.18
Impuesto		601,365.68	601,365.68	398,989.28	398,989.28	398,989.28	398,989.28	398,989.28
Utilidad Neta		1,338,523.61	1,338,523.61	888,072.90	888,072.90	888,072.90	888,072.90	888,072.90
INVERSIONES								
Inversión	3,045,066.05							
Mazo de obra de los beneficiarios	76,242.57							
Acciones de Mitigación IA	219,069.50							
Donación	75,006.38							
Beneficio neto	3,415,384.50	1,338,523.61	1,338,523.61	888,072.90	888,072.90	888,072.90	888,072.90	888,072.90
Factor de descuento		0.83	0.69	0.58	0.48	0.40	0.33	0.28
Flujos Netos Descontados	-3,415,384.50	1,115,436.34	929,530.29	513,931.08	428,275.90	356,896.58	297,413.82	247,844.85
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	473,944.36							
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	26%							

El cuadro anterior (Cuadro 49), es reflejo del segundo escenario realizado en cuanto al análisis de sensibilidad, en el cual se marca que ante costos sin variar, y con un decremento de un 20% en los ingresos, el proyecto sigue siendo rentable, prueba de ello son los indicadores financieros, VAN y TIR, los cuales pueden observarse en dicho cuadro.

Cuadro 50. Análisis de sensibilidad, aumento en los costos y reducción de los ingresos.

DESCRIPCION	TIEMPO EN AÑOS							
	0	1	2	3	4	5	6	7
INGRESOS								
beneficio del proyecto (SCP)		2,664,049.84	2,664,049.84	2,664,049.84	2,664,049.84	2,664,049.84	2,664,049.84	2,664,049.84
EGRESOS								
Costo de Producción		684,199.86	684,199.86	684,199.86	684,199.86	684,199.86	684,199.86	684,199.86
Costo Operación y Mantenimiento		184,792.80	184,792.80	184,792.80	184,792.80	184,792.80	184,792.80	184,792.80
Amortización de la Deuda				652,827.11	652,827.11	652,827.11	652,827.11	652,827.11
Costo Total		868,992.66	868,992.66	1,521,819.77	1,521,819.77	1,521,819.77	1,521,819.77	1,521,819.77
UTILIDAD								
Utilidad antes de impuesto		1,795,057.18	1,795,057.18	1,142,230.07	1,142,230.07	1,142,230.07	1,142,230.07	1,142,230.07
Impuesto		556,467.73	556,467.73	354,091.32	354,091.32	354,091.32	354,091.32	354,091.32
Utilidad Neta		1,238,589.46	1,238,589.46	788,138.75	788,138.75	788,138.75	788,138.75	788,138.75
INVERSIONES								
Inversión	3,045,066.05							
Mazo de obra de los beneficiarios	91,491.08							
Acciones de Mitigación IA	219,069.50							
Donación	75,006.38							
Beneficio neto	3,430,633.01	1,238,589.46	1,238,589.46	788,138.75	788,138.75	788,138.75	788,138.75	788,138.75
Factor de descuento		0.83	0.69	0.58	0.48	0.40	0.33	0.28
Flujos Netos Descontados	-3,430,633.01	1,032,157.88	860,131.57	456,098.81	380,082.34	316,735.29	263,946.07	219,955.06
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	98,474.01							
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	20.021%							

El peor escenario es el que se muestra en el cuadro anterior, en el cual se aumentaron los costos en un 20% y los ingresos disminuyeron en un 20%. Según los indicadores financieros, puede establecerse que el proyecto es una buena opción para invertir, pues el valor que muestra está muy por encima de cero y la TIR muestra una situación donde el valor calculado es de 21%, el cual es mayor al 20% que se utilizó como tasa. Y además haciendo referencia a lo que establece el PLAMAR donde se destaca que para grupos organizados no existe tasa de interés para proyectos de riego, y conociendo que el área tiene un potencial agrícola muy bueno y aunado a una oportunidad de mercado, se concluye que el proyecto puede desarrollarse, aún considerando un aumento en costos y una baja en los ingresos.

7.9 Estudio de Mercado

7.9.1 El producto

La yuca (*Manihot sculenta* Crantz.), es un tubérculo importante en la alimentación humana, catalogada como una fuente de almidón y vitamina C. Se caracteriza por cosecharse durante todo el año, siendo además tolerante a la sequía, plagas y enfermedades. Su uso no se restringe como alimento humano, también es utilizado como suplemento animal y como materia prima en la industria textil, en la fabricación de papeles, adhesivos etc.

Herrera menciona que como alimento humano, debe ser complementado con cualquier otro producto vegetal o animal comestible, por el escaso contenido de proteína y vitamina A. que posee. Entre los sustitutos encontramos las hortalizas cuyo producto son las raíces (tubérculos), como ejemplo se menciona: papa (*Solanum tuberosum*), camote (*Hipomoea batata*), malanga (*Colocasia esculenta*) entre otras (24).

En la nutrición animal, la yuca se complementa con semillas oleaginosas, especialmente de soya. Esta mezcla, en opinión de algunos especialistas en nutrición animal, presenta cierto sinergismo muy favorable en el desarrollo de algunas especies.

En la industria de cerveza, atoles y panificación, es muy utilizada la harina de yuca para dar consistencia y sabor; en referencia a la consistencia actualmente existen productos artificiales que logran ser sustitutos, no así con el sabor.

La yuca producida para consumo humano bajo las condiciones de El Plan De Los Comunes, según afirmaciones hechas por los representantes de la agroexportadora SOITGAR S.A., se clasifica como apta para los mercados internacionales, ya que la presencia de ácido cianhídrico (HCN) es inferior a 40 ppm, lo cual ratifica su sabor dulce encontrado en las pruebas culinarias, donde su textura fue calificada como semiblanda.

6.9.2 Análisis de la demanda

En términos mundiales la demanda de yuca y subproductos es real y consistente, determinándose a Asia como el principal importador de yuca a nivel mundial, seguido muy de cerca por Europa, con participaciones del 57% y el 30%, respectivamente. En la Figura 23 y 24 se muestra según la red colombiana Agrocadenas, los principales países importadores de yuca y subproductos, en base a volumen (TM) y capital (US \$) (2).

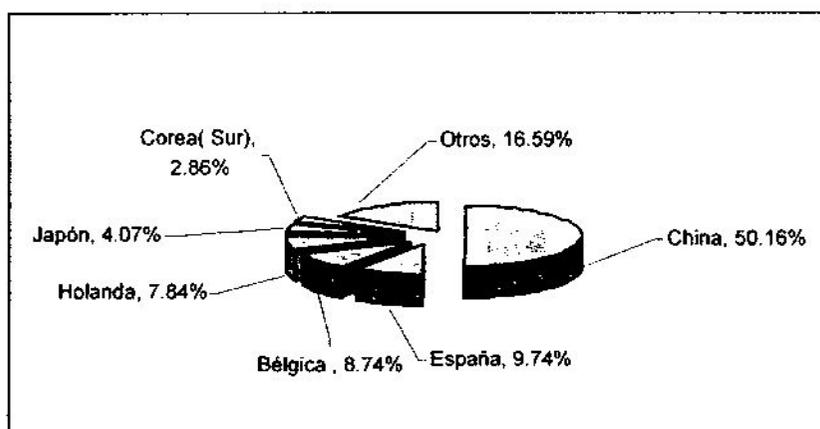


Figura 23. Principales países importadores de yuca y subproductos en TM para el año 2002.

Fuente: Agrocadenas (2).

Los volúmenes de importaciones para el año 2002 fueron de 15.3 millones de toneladas métricas, siendo China con 50.16% de participación, el mayor importador del mundo, con 7.67 millones de toneladas métricas, seguido por España con 9.74% y 1.5 millones de toneladas. En base a importaciones en US\$ de yuca y subproductos, como se muestra en la Figura 24, China es el mayor participante con \$265,482,000.00 representado el 46.46% de las importaciones; otros países importantes son España, Holanda y Bélgica participando con 8.28%, 7.22%, 7.17%, respectivamente.

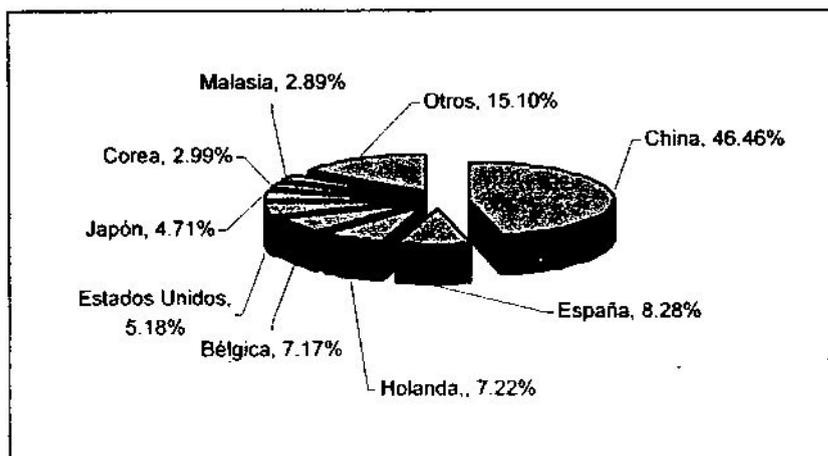


Figura 24. Países con mayor participación porcentual en importación de yuca y subproductos en base a US\$ para el año 2002.

Fuente: Agrocadenas (2).

Como observamos en la Figura 25, las importaciones mundiales de yuca y subproductos de 964 millones de US\$ en el año 1993 decrecieron a 571.4 millones US\$ en el año 2002, representando una baja de precios de 46%; en la figura 26 observamos que para el año 1993 las importaciones rebasaron las 19 millones de TM. y para el año 2002 fueron un poco más de 15 millones de TM., representado para dicho año una baja de 18% en términos de volúmenes importados en referencia a 1993. Con lo anterior planteado se aprecia que en el mercado internacional de yuca y subproductos, los precios han tenido una caída considerable, mucho mayor que el volumen. Alvarado hace mención que el fenómeno descrito, es causado por la existencia de materias primas artificiales sustitutas del almidón que son más baratas, usadas especialmente en la industria textil, fabricación de adhesivos, papel, pinturas etc. (3)

Este mismo fenómeno imposibilitó desde la década de los 90's la rentabilidad de la producción de yuca y subproductos en las condiciones actuales del área de estudio; encontrando actualmente dicha área en barbecho y subutilizado el recurso suelo. La mayor parte de la producción de yuca en las décadas anteriores en El Plan De Los Comunes, se transformaba en harina, la cual se lograba comercializar a nivel nacional, en la industria cervecera y de atoles.

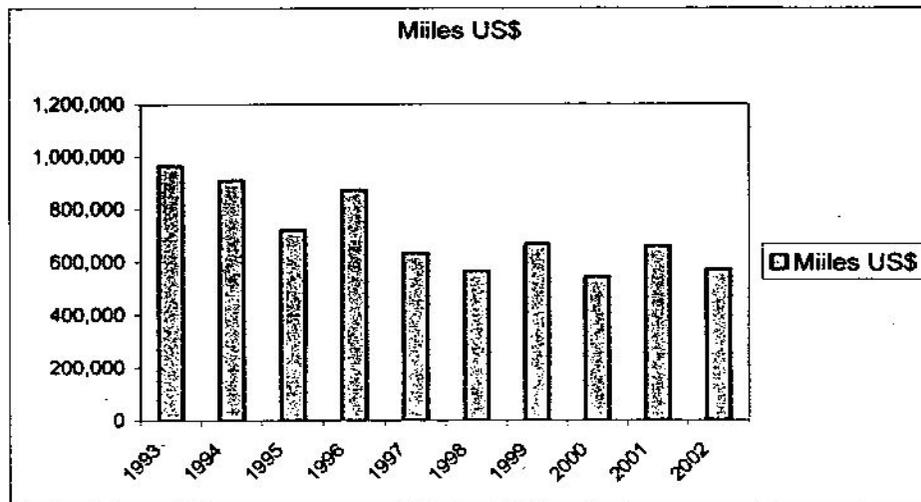


Figura 25. Comportamiento del mercado internacional de yuca y subproductos en base de US\$.

Fuente: Agrocadenas (2).

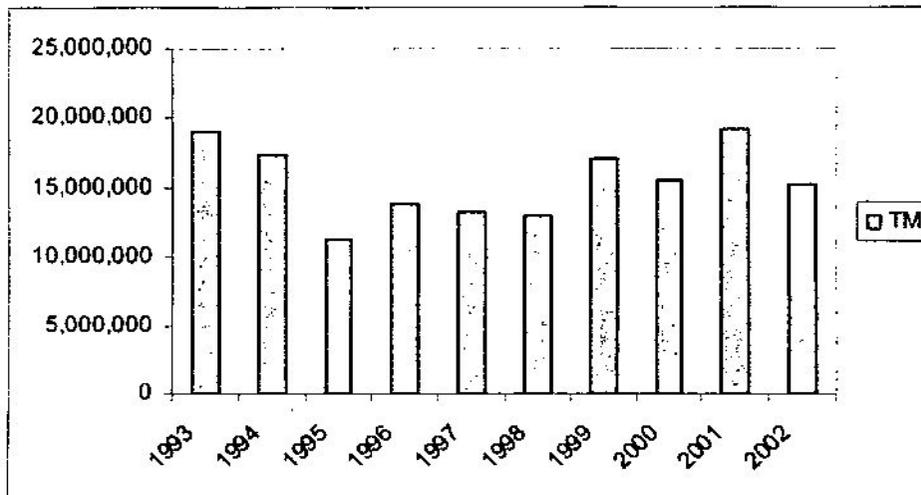


Figura 26. Comportamiento del mercado internacional de yuca y subproductos en base de toneladas métricas (TM).

Fuente: Agrocadenas (2).

Hoy en día el mercado de yuca en fresca apunta a un futuro prometedor por la creciente demanda en la población étnica de los países desarrollados, principalmente en EEUU como se muestra en la Figura 27 donde dicha población es significativa.

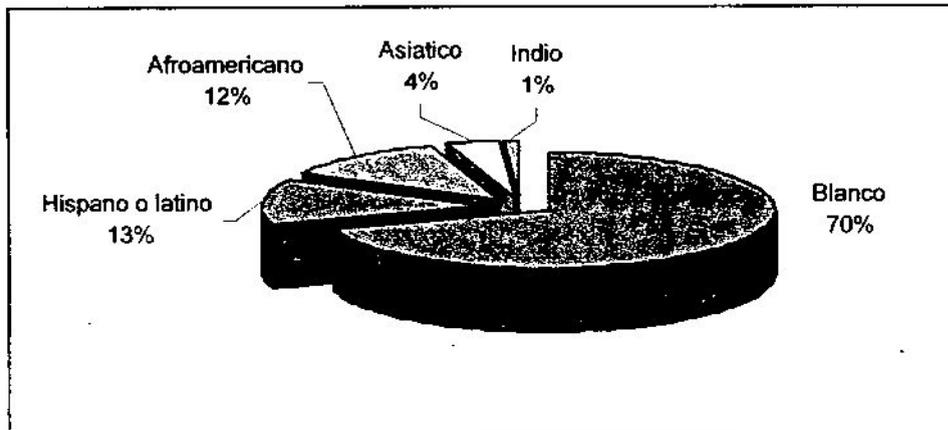


Figura 27. Distribución de los grupos étnicos en EE.UU.

Fuente: Agrocadenas (2).

Agrocadenas registra que las importaciones de yuca de los Estados Unidos han mostrado una evolución interesante entre 1990 y 2000, pasando de 17,9 mil a 39,7 mil TM, con un crecimiento anual promedio de 11%, como se muestra en la Figura 28 (2).

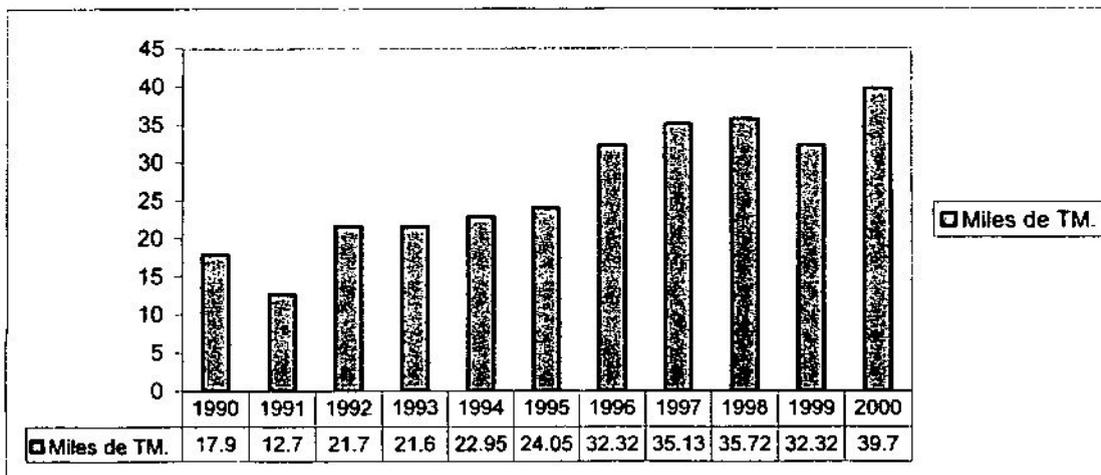


Figura 28. Importaciones de yuca de los Estados Unidos.

Fuente: Agrocadenas (2).

Para el año 1999 se registró una caída en la demanda, pero para el año 2000 se observó un aumento llegando a 39,658 Toneladas. La demanda de yuca en este mercado se concentra en consumidores de origen africano, latinoamericano y asiático.

En el mercado de Estados Unidos, según la Corporación Colombiana Internacional la demanda por hortalizas de origen latino y demás productos étnicos se concentra en las principales ciudades, tales como Chicago, Miami, Los Ángeles y Nueva York. Para atender estas necesidades, la mayoría de las grandes cadenas de supermercados están acudiendo a comercializadores especializados (Broker), quienes se abastecen de pequeños productores en los países de América Latina y el Caribe. En Estados Unidos, el 100 % de la yuca fresca, es importada de Latinoamérica (13).

El volumen de importaciones de yuca fresca de la Unión Europea ha crecido a una tasa de 10.2% promedio anual, al pasar de 2,161 toneladas en 1990 a 4.994 toneladas en 1998. Los principales países receptores de yuca fresca importada por la Unión Europea son Holanda, Bélgica, Luxemburgo, Francia, España, Portugal y Reino Unido. Entre 1990 y 1998 el mercado de yuca fresca en Francia adquirió mayor importancia al presentar un crecimiento promedio anual de 22%, si sigue esta tendencia es probable colocarlo como el principal demandante a mediano plazo. La demanda de yuca fresca, en este mercado se concentra en consumidores de origen africano y asiático (13).

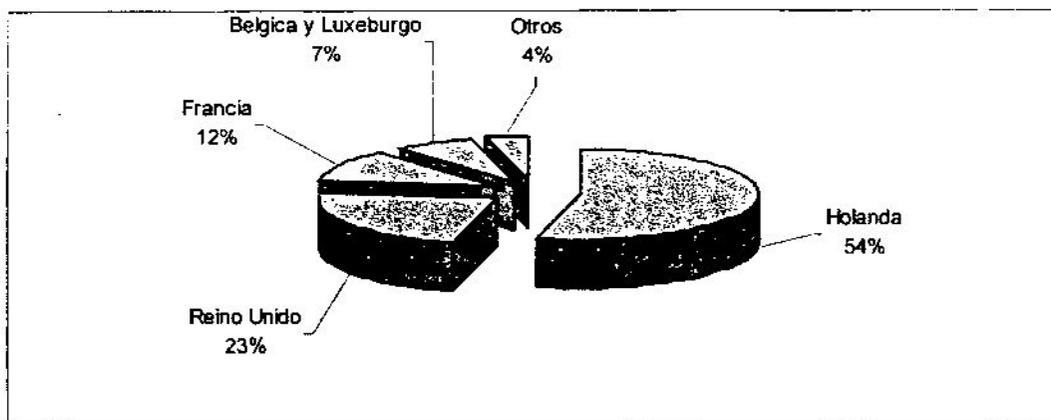


Figura 29. Principales países europeos importadores de yuca fresca

Fuente: Corporación Colombiana Internacional (13).

El presente proyecto tiene como base de mercado, los acercamientos con agroexportadoras que incursionan en el mercado de Estados Unidos y la Unión Europea, para la comercialización de yuca fresca. La agroexportadora SOITGAR S.A. ha sostenido pláticas con los agricultores de El Plan De Los Comunes y espera la ejecución del proyecto, con el propósito de abastecerse de yuca durante gran parte del año. SOITGAR S.A. es una empresa ecuatoriana que procesa y comercializa frutas y vegetales congelados a nivel mundial. La empresa tiene como visión ofrecer una calidad superior y consistente de yuca, lo que resulta en mejor textura, color, aroma; usando las mejores materias primas, procedimientos y controles de calidad. En base a lo anterior, la mencionada empresa en repetidas ocasiones, evidencia el interés de adquirir yuca producida en Sansare debido a características que ellos clasifican como buenas.

6.9.3 Análisis de la oferta

El continente asiático, es el mayor exportador de yuca y subproductos, seguido por Europa y América con una mínima proporción; Tailandia, país asiático y cercano a China, se clasifica como principal exportador para el año 2002, con un 82.5 % de participación en volumen exportado (12.6 millones de TM) y 71.52% en base al capital (408.7 millones de de US\$) (2).

En la Figura 30 se muestra a Costa Rica con una participación de 1.28 % y con un volumen total de 195.7 millones de TM. del volumen total exportado; gran parte de dicho volumen se clasifica como yuca en fresco y dado que es mejor cotizado en el mercado, en el Figura 31 se muestra a Costa Rica como segundo país en participación con 32.9 millones de US\$.

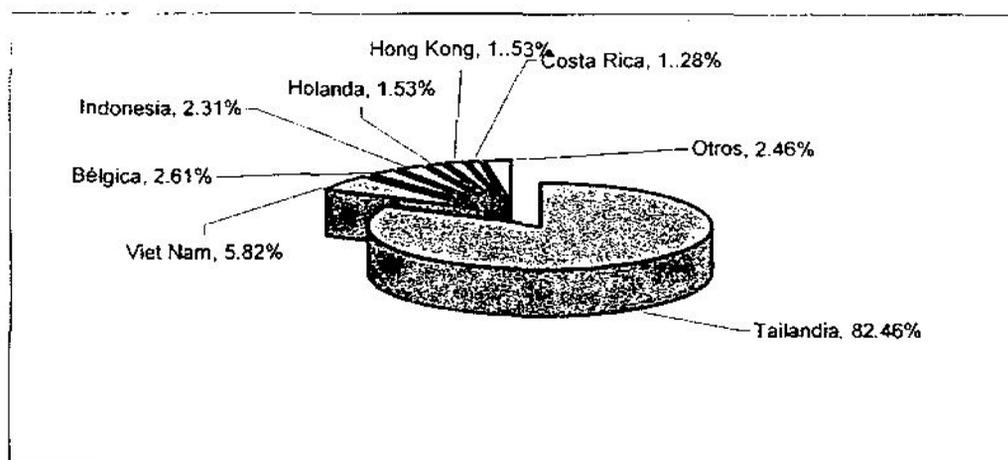


Figura 30. Participación en TM de los principales países exportadores de yuca para el año 2002.

Fuente: Agrocadenas (2).

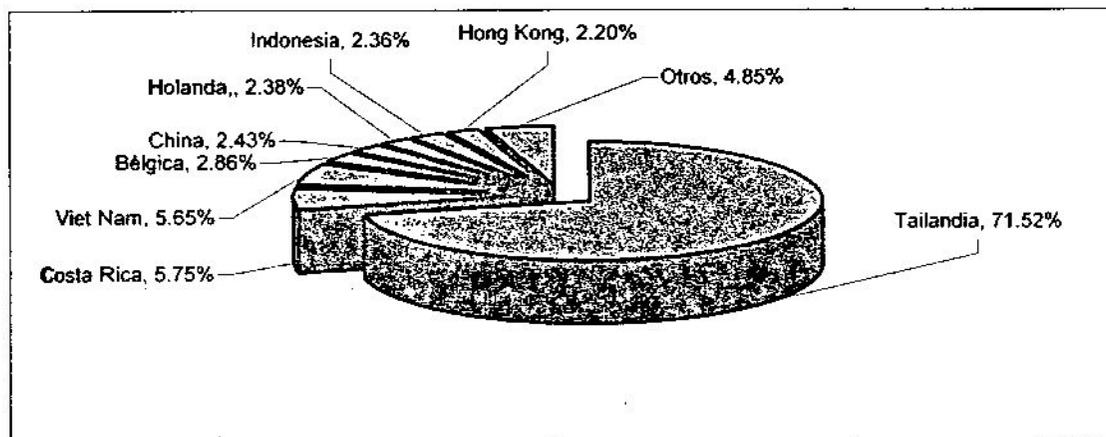


Figura 31. Participación En US \$. de los principales países exportadores de yuca para el año 2002

Fuente: Agrocadenas (2).

El mercado de la yuca fresca teniendo como base las importaciones de Estados Unidos, está prácticamente dominado por Costa Rica con 39,750 TM en el año 1999., según el Cuadro 51.

Cuadro 51. Oferta de los países latinoamericanos a EEUU en TM.

Año	1996	1997	1998
Costa Rica	31744.00	33604.00	33312.00
Ecuador	31.00	391.00	994.00
Panamá	-	116.00	338.00
Rep. Dominicana	78.00	158.00	384.00
Nicaragua	-	17.00	243.00
Otros	470.00	848.00	450.00
Total	32,323.00	35,134.00	35,721.00

Fuente: Agrocadenas (2).

El Manual del Exportador de Frutas, Hortalizas y Tubérculos de Colombia, menciona que a pesar que Costa Rica concentra el abastecimiento de yuca en Estados Unidos, el mercado da muestras de estar en capacidad de recibir más producto y de diferentes orígenes, debido a la importancia y al crecimiento de la población étnica de ese país, donde se concentra el mayor consumo de este producto. Ecuador, por ejemplo, ha logrado incrementar sus envíos en forma sostenida durante los últimos años a tasas promedio anuales del 30%. También hay indicios de nuevos proyectos con fines de exportación al mercado estadounidense en países como Honduras, Panamá, Nicaragua, Venezuela y México (32).

Costa Rica también destaca en el mercado de yuca fresca en Europa teniendo un porcentaje de 89 % de producto colocado en diferentes países de la Unión Europea en el año 2000. La Corporación Colombia Internacional en base a datos de la EUROSTAT, menciona que países como Ecuador, Brasil y Ghana también son representativos en el mercado de yuca fresca en la Unión Europea. (32)

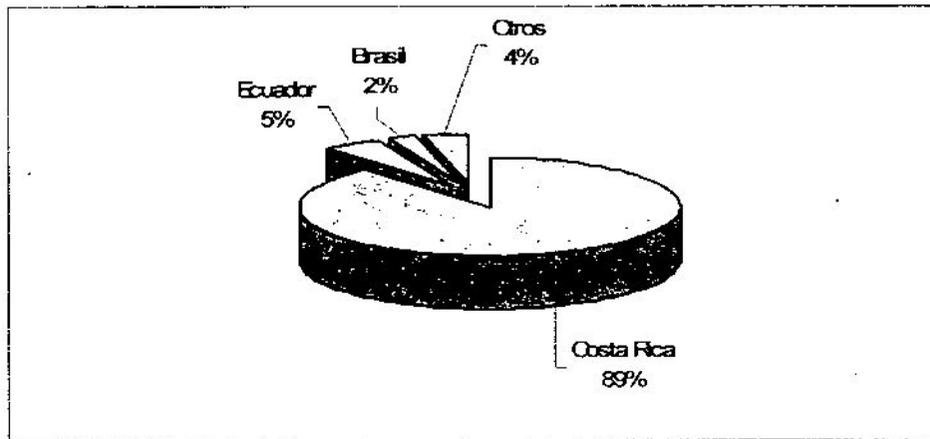


Figura 32. Participación en el mercado de yuca fresca en La Unión Europea para el año 2001.

Fuente: El Manual del Exportador de Frutas, Hortalizas y Tubérculos de Colombia (32).

6.9.4 Análisis de precios.

Para el análisis de precios observamos que el Cuadro 52, presenta los precios promedio de importación de yuca fresca por kilogramo, a nivel de mercado mayorista en Europa, teniendo como mayor proveedor a Costa Rica. El precio de importación más alto se registra en Dinamarca con 2.06 USD/kg.

Cuadro 52. Precios de importaciones en mercados europeos para el año 2002.

Precios de importación en mercados europeos	
DESTINO	PROVEEDOR COSTA RICA USD/kg
Bélgica	0.87
Dinamarca	2.06
Francia	0.87
Suiza	1.7

Fuente: Alvarado (3).

En el Cuadro 53, se detallan los rangos de precio por kilogramo de yuca fresca importada en los diferentes puertos de Estados Unidos para el año 2003. El precio más alto se registra en St. Louis con 0.99 USD/kg.

Cuadro 53. Precio de importaciones de yuca en EEUU para el año 2003.

Precios de importación de yuca en Estados Unidos (USD/Kg)	
PUERTO	RANGO
Boston (cajas de 18.2 kg)	0.65 - 0.71
Dallas (Cajas 22.7 kg)	0.64 - 0.70
Los Ángeles (Cajas de 22.7 kg)	0.57 - 0.66
Miami (cajas de 18.2 kg)	0.60 - 0.66
St. Louis (MO) (cajas de 18.2 kg)	0.96 - 0.99

Fuentes: Alvarado (3).

Se afirma que el precio de la yuca fresca, del año 1998 al 2001 experimentó bajas significativas como observamos en la Figura 33 y 34. En la actualidad se menciona que existe una estabilidad de precio del producto en los países Europeos y una tasa negativa muy pequeña para los mercados de EEUU.

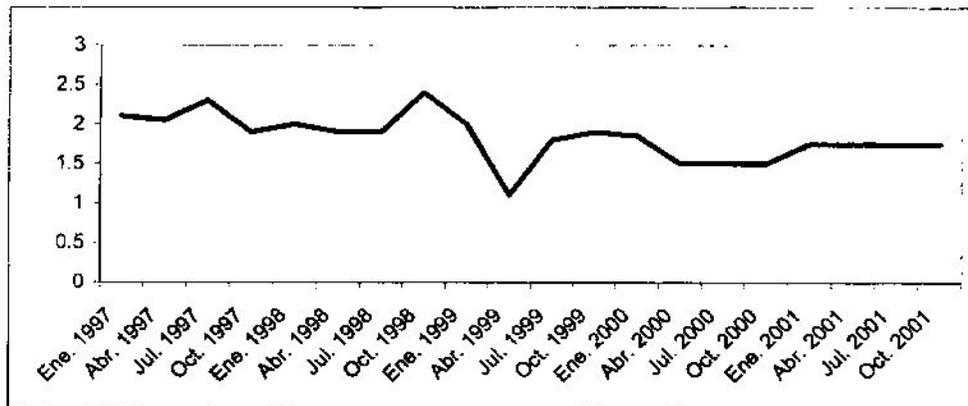


Figura 33. Serie histórica de precios (Broker) de la Unión Europea en US\$

Fuente: Manual del exportador de frutas, hortalizas y tubérculos de Colombia (32).

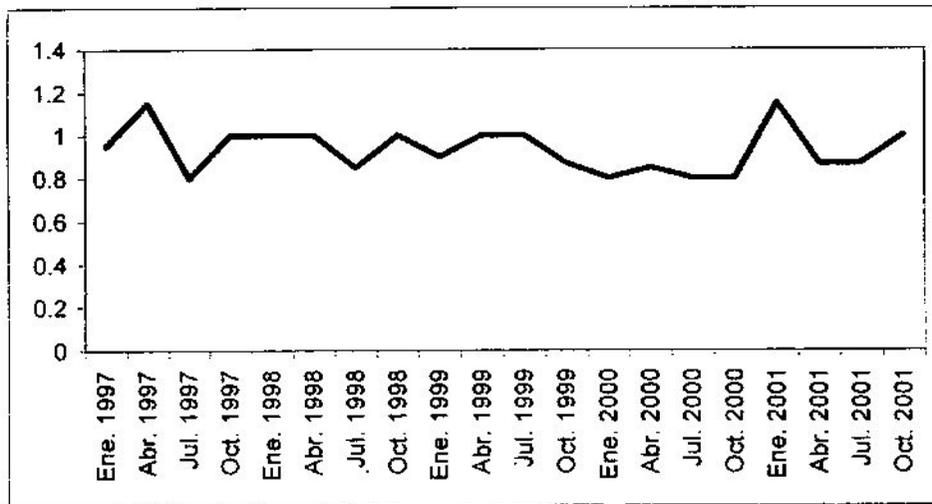


Figura 34. Serie histórica de precios (Broker) de los EEUU en US\$

Fuente: Manual del exportador de frutas, hortalizas y tubérculos de Colombia (32).

Para el año 2003 las agroexportadoras costarricenses y ecuatorianas afirmaban una tendencia a la baja de precios y aumento en la demanda de yuca fresca. Para el año 2004 se califica a la demanda de yuca fresca creciente y con un comportamiento de precios favorable, logrando precios de US \$ 0.90 por kilogramo en el mes de agosto, comparables con los precios alcanzados en el año 2001, como muestra la Figura 35 (3).

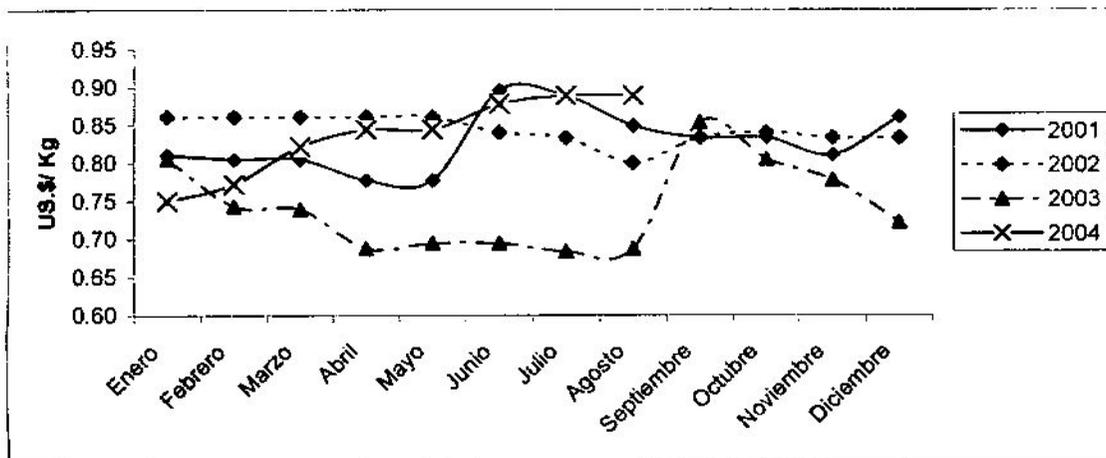


Figura 35. Precios promedios mensuales US \$ /Kg. de yuca originaria de Costa Rica.

(Broker en Miami, Florida).

Fuente: Alvarado (2).

La empresa SOITGAR S.A. de Ecuador que evidencia interés en la adquisición del producto de El Plan de los Comunes, luego de realizar pruebas de calidad en el año 2003, afirma mantener el ofrecimiento de pagar Q95.00 por 45 Kg. de yuca fresca. De manera positiva menciona que está posicionada en el mercado holandés y estadounidenses, proponiendo solvencia de negociar la compra de producción y pago del mismo.

6.9.5 Proceso y comercialización

Bajo las condiciones del presente proyecto, cada planta de yuca debe llegar a los 8 meses para ser cosechada, sin embargo, con una siembra escalonada puede existir cosecha durante todo el año. Con SOITGAR S.A. se tiene entendido la entrega semanal de la producción de una hectárea, equivalente a 600 qq.

Cumpléndose con el propósito de exportar directamente desde Guatemala, el proceso tendría como características;

- A. Por cada quintal cosechado se logra un 75% de yuca limpia y procesada.
- B. Los contenedores tienen una capacidad de 450 quintales, afirmando que se necesita una hectárea para llenarlos.
- C. La meta es que la pequeña procesadora exporte un contenedor de yuca semanalmente.
- D. Existirían 9 a 10 meses de cosecha, y el resto del año por manejo del cultivo sería inadecuado aprovechar la raíz

El proceso de preparar la yuca para la exportación implica que luego de ser cosechada, se lave en tinas para quitarle la tierra. Luego se pasa a las mesas para pelarla y ponerla después en un tanque de agua, donde su color ya es claro. Se selecciona la yuca por su porte y consistencia y luego se introduce en agua con cloro para liberarla de microorganismos. Luego de colocarla en una mesa de secado es empacada, obteniendo la presentación en fresco, la cual se desea manejar en la comercialización.

Por tratarse de un vegetal perecedero, existen tratamientos para protegerlo, tales como la parafinación, congelación y conservación en bolsas; entre otros. A continuación se describen brevemente estos procedimientos;

- A. **Parafinación:** consiste en orear la yuca después del lavado y pasarla por parafina derretida
- B. **Congelación:** luego de colorarla y empacarla, se la somete a congelación
- C. **Conservación en bolsas:** la raíz se pela y se corta (picada), se trata con thiabendazole y se coloca en bolsas para conservación.

Después de la presentación en fresco, los métodos de parafinación y congelación son los preferidos en el mercado por ser completamente naturales, mientras que la conservación en bolsas implica el uso de químicos.

Para el transporte se recomienda el siguiente manejo;

- A. **Pre enfriamiento:** hidrogenenfriamiento, aire forzado
- B. **Temperatura:** 0 – 5° C (32° – 41° F)
- C. **Humedad relativa:** 85 – 90%
- D. **Sensibilidad:** magullamiento

Para la comercialización de la yuca a nivel internacional es necesario tener en consideración los siguientes puntos;

- A. **Presentación:** Si la yuca presenta señales de resquebrajamiento de la piel y amarillamiento de la pulpa, se revela que es un producto viejo. Asimismo, manchas en la piel o pulpa señalan pobreza de calidad.
- B. **Índice de madurez:** Esta raíz no tiene un período específico de maduración y tiene un amplio rango de etapas de cosecha (entre 5 y 18 meses) según la zona de cultivo.
- C. **Tamaño y peso por unidad:** El rango de tamaño apreciado en el mercado internacional es de 3.8 a 10 cm de diámetro y hasta 25 cm de largo, mientras que el peso debe oscilar entre 1.5 a 3 lb. por unidad.
- D. **Características del embalaje:** Se utilizan cajas de cartón parafinadas con relleno de papel para evitar la fricción de las raíces entre sí y con las paredes de la caja. Se puede cubrir cada unidad con mallas de licopor o papel de seda para presentaciones con valor agregado. El peso total de la cajas es de aproximadamente 23 kg.

Dentro de los Requisitos de exportación podemos mencionar;

- A. Fitosanitarios: Las regulaciones específicas de Estados Unidos para productos alimenticios sin procesamiento, plantas o animales debe consultarse a Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS) dirigiéndose a <http://www.aphis.usda.gov/is/html> Para productos alimenticios que tienen algún grado de procesamiento se debe consultar a Food and Drug Administration (FDA) dirigiéndose a : <http://www.fda.gov>
- B. Especiales: Luego de 24 horas, el deterioro fisiológico se evidencia con el estriado vascular y a los pocos días se puede presentar el deterioro microbia En consecuencia, la yuca se debe comercializar fresca o procesar inmediatamente después de la cosecha. Cuando la exportación se realiza vía aérea no requiere de refrigeración o atmósfera controlada; por vía marítima se debe enviar en contenedores refrigerados entre 0 - 5°C (32).

6.10 Estudio de Impacto Ambiental (EIA)

6.10.1. Características del área de estudio

El Plan de los Comunes, se encuentra influenciado por los núcleos urbanos cercanos y vías de comunicación. El sitio donde se encuentra ubicado el proyecto, reúne las siguientes características:

- A. Posee áreas que requieren plan de manejo y conservación de suelos.
- B. No constituye un área de reserva protegida.
- C. Provocan la destrucción de vegetación natural en pequeño grado.
- D. La disponibilidad de agua superficial es crítica.
- E. Existe organización entre los beneficiados.
- F. Actualmente no existe educación ambiental
- G. Históricamente esta caracterizada por ser área de producción agrícola.

6.10.2 Identificación de las fuentes generadoras de impacto al ambiente por el proyecto

Durante la construcción del proyecto se prevé las siguientes fuentes de contaminación;

- A. Movimiento de tierras durante la perforación del pozo, zanjeo para la instalación de la conducción del vital líquido, construcción del tanque de almacenamiento.
- B. Acceso e instalación de maquinaria para la construcción del tanque, perforación del pozo, transporte de agua y materiales de construcción.
- C. Contaminación auditiva durante la perforación del pozo, construcción del tanque y pruebas de funcionamiento del sistema.
- D. Acopio de materiales, implementos, herramientas de construcción, tuberías, accesorios de riego, bomba sumergible etc.
- E. Efecto sobre el paisaje por la construcción del tanque y perforación del pozo.
- F. Presencia antropogénica.

En la etapa productiva del proyecto se estima las siguientes;

- A. Contaminación auditiva por el funcionamiento de la bomba.
- B. Contaminación atmosférica a causa de los agroquímicos.
- C. Erosión cuando el suelo esté desprotegido o accidentalmente se rompa un tubería.
- D. Contaminación del suelo por agroquímicos y fertilizantes orgánicos, modificando poblaciones de microorganismos.
- E. Cambios microclimáticos a causa del riego localizado, modificando la microflora y microfauna. Cambio en el régimen térmico del suelo.
- F. Efectos sobre la calidad del agua del acuífero por percolación de agroquímicos, sales en solución etc.
- G. Efectos sobre otros acuíferos.
- H. Efectos sobre los niveles dinámico y estático del acuífero por el aprovechamiento por medio del pozo.
- I. Efectos sobre la vegetación silvestre por la implementación del cultivo de yuca en el mismo espacio y a causa de agroquímicos.
- J. Efectos sobre la fauna principalmente por la eliminación parcial de la vegetación silvestre.
- K. Cambio del paisaje por la reducción de la biodiversidad y efectos de presencia antropogénica.

El uso excesivo e indiscriminado de insecticidas, herbicidas, fungicidas, fertilizantes, etc., es el principal causante de los problemas ambientales en las zonas agrícolas del país; ya que no solamente elimina las especies nocivas al cultivo, sino también destruye insectos y organismos benéficos; además promueven la proliferación de individuos resistentes en las especies dañinas.

Los factores, características y condiciones del medio ambiente, que pueden ser perturbados por las fuentes de contaminación consideradas en la construcción y etapa de producción del proyecto, se muestran en el Cuadro 54.

Cuadro 54. Factores que pueden ser afectados por la ejecución del proyecto en el presente EIA.

Tierra	Suelos	Uso del suelo	Bosques
	Forma del terreno		Pastoreo
Agua	Superficial	Aspectos estéticos	Agricultura
	Subterránea		Paisajes y panoramas
Proceso Físico	Calidad	Niveles de Vida	Estilo de vida
	Inundaciones		Salud y seguridad
	Erosión		Empleo
	Sedimentación precipitación		Densidad poblacional
Flora	Compactación	Relaciones ecológicas	Salinización de rec. Hídricos
	Árboles		Efectos sobre el aire y clima
	Arbustos		Cadenas alimenticias
	Pastos	Otros	Salinización del suelo
	Cultivos		Ruido y vibración
	Microflora		Uso de pesticidas
Fauna	Cosechas		
	Pájaros (aves)		
	Insectos		
	Microfauna		

6.10.3 Matriz de Leopold

Se realizó un análisis mediante la matriz de Leopold, teniendo una lista vertical de factores que se pueden afectar el ambiente, contra una lista horizontal de tipologías de impactos. En esta matriz se asignaron puntuaciones según tipologías de impacto a diferentes características y condiciones o factores del medio ambiente, como se observa a continuación en el Cuadro 55;

Cuadro 55. Valoración según topología de impacto en EIA

A. Variación de la calidad ambiental:		B. Intensidad (grado de destrucción):	
Positivo	0	Total	3
Negativo	1	Notable	2
		Media	1
		Mínimo	0
C. Extensión (alcance):		D. Momento en que se manifiesta:	
Ubicación crítica	4	Inmediato	0
Total	3	Latente	
Extremo	2	Corto plazo	1
Parcial	1	Mediano plazo	2
Puntual	0	Largo plazo	3
		Momento crítico	4
E. Persistencia:		F. Capacidad de recuperación:	
Temporalidad		Irrecuperable	4
Fugaz	0	Irreversible	3
Temporal	1	Reversible	2
Pertinaz	2	Mitigable	1
Permanente	3	Recuperable	0
G. Interrelación de acciones y/o efectos:		H. Periodicidad:	
Simple	0	Continuo	3
Acumulativo	1	Discontinuo	1
Sinérgico	2	Periódico	2
I. Necesidad de aplicación de medidas correctivas:		Aparición irregular	3
Crítico	2		
Severo	1		

6.10.4 Análisis de la valoración de los factores más afectados

Como análisis, mencionamos que la matriz de Leopold es una herramienta que nos ayudó a identificar las características del área mayormente afectadas, identificándolas por obtener mayor puntaje en la sumatoria horizontal de la matriz. Estas sumatorias igual que la matriz se muestran el Cuadro 56. El uso de pesticidas (18), agua superficial (14), erosión (14), destrucción del paisaje (13), salinización del suelo (13), cosecha (12), bosques (12), daño a la microflora y microfauna (12) el ruido y vibración (11), y suelo (11), son las afecciones identificadas como las que más alteran al medio.

La destrucción del paisaje y bosques, está vinculada a la fase de construcción del proyecto caracterizado por tener necesidad de aplicación de medidas correctivas mógicas. Las demás afecciones mencionadas suceden principalmente en la fase productiva, cuando se hace uso de productos fitosanitarios, fertilizantes o se rompe el ciclo hidrológico.

Respecto al uso de plaguicidas, se determina que no solo actúan sobre las plagas, sino que afectan indiscriminadamente a todos los organismos. El efecto es una esterilización parcial del suelo, que tarda meses o años en recobrar el nivel de equilibrio en las poblaciones de microorganismos. Muchas veces, incluso, puede producirse la proliferación de plagas por eliminación de sus competidores naturales. También se considera contaminación de acuíferos (agua superficial, subterránea) derivada de la contaminación previa del suelo.

Acercas de la aplicación de agua al suelo, seguramente es una abierta transgresión del ciclo hidrológico natural del suelo en su entorno agro-ecológico, aparece como uno de los principales elementos que le confieren a esta práctica una potencialidad de daño ambiental; esta alteración del ciclo hidrológico produce efectos directos en el suelo, como son la salinización, erosión del suelo, drenaje, lixiviación de nutrientes.

La salinización se define como el aumento paulatino de la concentración de sales presentes en la solución del suelo. Se produce debido a que el agua de riego transporta sales, las cuales, debido a la evaporación y transpiración, se concentran en el suelo cuando las condiciones ambientales así lo permiten.

En términos del diseño de los equipos de riego, si éste ha sido subdimensionado, es decir, para aplicar una lámina de agua inferior o muy ajustada (para cubrir sólo las necesidades de evapotranspiración de los cultivos), la salinización del suelo se hará evidente con mayor rapidez.

Si el sistema de riego es operado inadecuadamente, con presiones de operación inferiores a la óptima de funcionamiento del emisor, la fertirrigación es más concentrada, disminuyendo la uniformidad del riego, encontrando sectores del campo con mayor abundancia de nutrientes que en otros. Esto determina una oferta mayor de nutrientes, susceptibles de lixiviación que contaminaran el acuífero.

La erosión que ocurre en suelos bajo producción agrícola se acentúa cuando los suelos están desprotegidos luego de la cosecha. En condiciones de riego, la erosión del suelo (fundamentalmente desprendimiento de las partículas del suelo, su transporte y posterior depositación) puede verse acelerada, específicamente por riego superficial, por aspersión y en menor grado riego localizado.

6.10.5 Medidas de mitigación y plan de contingencia

Los estudios de impacto ambiental, no deben de ser usados como una herramienta para justificar el desarrollo de un proyecto, al contrario deben de preservar la calidad y disponibilidad de los recursos naturales, para con ello lograr un desarrollo que tienda a la sustentabilidad en El Plan De Los Comunes. Se considera el objetivo de eliminar o reducir los impactos ambientales a niveles aceptables para lograr dicha sustentabilidad.

En la construcción del proyecto se propone lo siguiente;

- A. Utilización de accesos establecidos.
- B. Retiro de sobrantes y residuos.
- C. Realizar edificaciones auxiliares para almacenar material de construcción.
- D. Restauración de los terrenos y de vegetación, en su caso.
- E. Instalación de letrinas.
- F. Taller de Educación ambiental a trabajadores.

Posterior a la construcción y en la fase de producción del proyecto se plantea;

- A. Evitar la contaminación de la fuente de agua (tanque) a través de químicos para mantener la calidad del agua proveniente del pozo mecánico.
- B. Realizar un manejo integrado de plagas, evitando el uso de plaguicidas caracterizados por alta persistencia en suelos, producir de metabolitos tóxicos, dañar a la microflora del suelo, influenciar sobre las propiedades del suelo y poseer alto riesgo de contaminar de aguas subterráneas.
- C. Fomentar prácticas de agricultura orgánica para disminuir el impacto negativo originado por el uso y manejo de pesticidas.
- D. Utilizar materia orgánica libre de contaminantes (hormonas) para fines de fertilización.
- E. En el caso de fertirrigación, siendo muy localizada, debe estar muy ajustada a la demanda nutricional del cultivo y a las condiciones locales (muestreo de suelos).
- F. 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., que protejan principalmente en época de lluvia o en roturas accidentales de tubería.
- G. 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.
- H. 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 motobomba.
- I. No tirar envases plásticos que favorezcan la contaminación.
- J. Respetar el diseño del sistema de riego para asegurar el buen funcionamiento del mismo.
- K. Capacitaciones a los beneficiarios sobre manejo integrado de plagas, abonos orgánicos, buenas practicas agrícolas, manejo eficiente de riego etc.

Como plan de contingencia es aconsejable la formación de la Asociación de Usuarios del Proyecto Plan De Los Comunes, el cual tendrá dentro de sus obligaciones revisar periódicamente las medidas de mitigación para mantener un control y dar seguimiento apropiado de las mismas. La mencionada asociación tendría como misión, ayudar a perfeccionar el proyecto canalizando la participación de los beneficiarios y de esta manera aumentar la experiencia práctica a través de su control, mejorando el entorno, la calidad de vida y evitando el deterioro ecológico.

Para regular el aprovechamiento óptimo de los recursos, la Asociación de Usuarios del Proyecto Plan De Los comunes tendrá como fines y objetivos:

- A. Regular los actos 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.

En Guatemala no existe reglamentación del uso del agua, a pesar de la importancia en el manejo del recurso; actualmente las autoridades reconocen dicha necesidad, afirmando la existencia de un proyecto de ley. Con dicha reglamentación empleada como un plan de contingencia, es indispensable la coordinación efectiva entre el marco institucional para realizar una buena gestión de las aguas (el presente caso en el recurso subterráneos). El marco institucional ideal debería de estar constituido por un organismo de política, que puede definir aspectos legales que incluya los derechos del uso del agua y suficientemente capaz de supervisar los procedimientos de permisos y el control de los mismos. En el caso de aprovechamiento del recurso subterráneo, dicho organismo tiene que tener suficiente pericia técnica, manejo de información sobre la situación hidrogeológica a fin de conocer la oferta del agua subterránea en término de calidad y cantidad y la recarga. Además una comunicación directa con las asociaciones como la de los Beneficiarios del El Plan De los Comunes logrado una organización efectiva y evitando el sobre uso del recurso.

7. CONCLUSIONES

- 7.1 Mediante la implementación del sistema de riego, se incrementará la productividad agrícola del lugar, pues serán 39.2 hectáreas incorporadas bajo riego de terreno cultivable, las que estarán provistas del recurso hídrico durante todo el año y de tal manera, producir en cualquier época.
- 7.2 El proyecto de riego consistirá de un pozo de 10 pulgadas diámetro y 550 pies de profundidad, con un caudal de 340 gpm ($77.22 \text{ m}^3/\text{h}$) y bomba sumergible de carga dinámica total de 185 m.c.a. y 75 Hp; dicha bomba trabajará 17.3 horas diarias suministrando agua al tanque. Desde el tanque de almacenamiento existe 15.84 kilómetros de conducción con el fin de proporcionar agua a la entrada de las 61 parcelas del área de riego de goteo.
- 7.3 La parcela de riego (parcela clásica) estará conformada de 69 surcos, 138 laterales de 50 metros, una distribuidora de 2 1/2 pulgadas de diámetro y 70 metros de largo, 13248 emisores de 2.1 litros por hora, incorporados a los laterales; el espaciamiento entre laterales es de 1 m. y entre emisores es de 0.5 m; además incluye una válvula reguladora de presión, equipo de filtración, fertilización y de protección de cambio de presiones. El caudal necesario por manzana (0.7 Ha.) es de 27.821 metros cúbicos por hora. Por turno se regarán 4 parcelas clásicas, al día se cumplirán 4 turnos y el ciclo de riego se completará en 4 días.
- 7.4 El costo total del proyecto se estima en Q3,415,384.50, total por beneficiario es de Q55,989.91 y Q87,127.16 por hectárea. De dichos costos totales el 11.13% es destinado a la construcción del pozo, para la conducción principal y de ramales se estima el 11.71%. para la adquisición e instalación del equipo de riego el 37.41%, por mano de obra no calificada 2.23%, por la construcción de tanque de almacenamiento 6.58% y por supervisión, administración y dirección técnica 30.94%.
- 7.5 El estudio financiero realizado, así como su análisis de sensibilidad, establecen que el proyecto es factible, pues garantizan una buena rentabilidad de la inversión; los índices financieros con una tasa del 20% indican un Valor Actual Neto (VAN) de Q2,130,429.45 y la Tasa Interna de Retorno (TIR) del 43%.

- 7.6 El interés de la empresa agroexportadora SOITGAR S.A., es beneficioso y fundamental para éxito del proyecto, siendo una empresa ecuatoriana que forma parte de la red mundial que busca colocar la yuca fresca en los mercados de UE y en los EEUU, siendo éstos caracterizados por la evolución positiva de la demanda.
- 7.7 Durante la realización del estudio de impacto ambiental se identificaron como posibles impactos negativos el uso de pesticidas, contaminación del agua superficial, erosión, destrucción del paisaje, salinización del suelo, entre otros. Con las medidas de mitigación planteadas se prevé disminuir, eliminar o prevenir dichos daños.
- 7.8 Los beneficiarios se caracterizan por ser originarios del lugar, por lo tanto han adquirido terrenos con fines agrícolas y están plenamente interesados en la ejecución del proyecto de riego. En las décadas anteriores las familias obtenían el sustento con el trabajo agrícola local, pero actualmente por las condiciones del área de estudio, esto no es factible, existiendo búsqueda de empleos que en su mayoría son ocasionales y atraídas de fenómenos sociales como la migración, deserción escolar, desintegración familiar, indigencia, etc.

8. RECOMENDACIONES

- 8.1. Es conveniente que el proyecto sea aprobado, pues los datos obtenidos en el presente estudio demuestra que el mismo es factible, bajo el ámbito técnico, financiero, social y ambiental.
- 8.2. Se recomienda que una empresa seria, de amplio trayecto y con gran respaldo técnico, sea quien construya el presente proyecto para satisfacción del beneficiario.
- 8.3. Durante la construcción del sistema de riego, se hace necesario que dichos trabajos sean realizados a cabalidad por la empresa que preste el servicio de construcción, respetando las condiciones del diseño. Por lo tanto es necesario una empresa o un profesional calificado para realizar supervisión y dirección técnica.
- 8.4. Luego de la construcción del sistema, y durante la puesta en marcha del mismo, es necesario una empresa o un profesional calificado, con los conocimientos debidos, para que preste el servicio de capacitación y asistencia técnica para garantizar el buen manejo del sistema de riego por goteo.
- 8.5. Respetar y cumplir las medidas de mitigación sugeridas en el proyecto; así como reconocer la importancia de capacitar a los trabajadores y beneficiarios, ya que ellos son los protagonistas en la ejecución, implementación, mantenimiento y manejo del proyecto productivo bajo riego.
- 8.6. Es conveniente que se organice adecuadamente a los beneficiarios para la implementación y realización del proyecto; además para que se logre un óptimo funcionamiento y mantenimiento del sistema.

9. BIBLIOGRAFIA

1. Abdel Khalik, MA. 2001. Métodos modernos de riego. El Cairo, Egipto, Instituto de Investigaciones Hidráulicas. 50 p.
2. Agrocadenas. 2002. Exploración de mercados (en línea). Bogota, Colombia. Consultado 1 ago. 2004. Disponible en www.agrocadenas.gov.co
3. Alvarado, AL. 2003. Servicios de información de mercados (en línea). San José; Costa Rica, Dirección Mercadeo y Agroindustria; Gerencia de Desarrollo Agropecuario; Consejo Nacional de Producción. Consultado 5 ago. 2004. Disponible en <http://www.mercanet.cnp.go.cr>.
4. ASAE (American Society of Agriculture Engineers, US). 2001. Design, installation and performance of underground, thermoplastic irrigation pipelines. US. 145 p.
5. Avidan, A. 1994. Determinación del régimen de riego de los cultivos. Israel, CINADCO. 69 p. (Fascículo no. 1).
6. _____. 1994. Determinación del régimen de riego de los cultivos. Israel, CINADCO. 78 p. (Fascículo no. 2).
7. _____. 1994. Determinación del régimen de riego de los cultivos. Israel, CINADCO. 60 p. (Fascículo no. 3).
8. Avilán R, L. 1982 Distribución del sistema radical de la yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) cultivada a diferentes distancias entre plantas. Maracay, Venezuela, FONAIAP, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 50 p.
9. Cabrera Cruz, RO. 1984. Estudio y diseño para la implementación de riego por aspersión en la aldea Los Tecomates, Palencia, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 64 p.
10. Caraballo, L. 1999. Respuesta de tres cultivares de yuca a diferentes condiciones hidricas y fechas de cosecha. Venezuela, Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Monagas. 38 p.
11. Castillo Orellana, S. 1989. Análisis y calidad del agua con fines de riego. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 108 p.
12. Celis, E. 1974. Métodos de siembras e cuidados iniciales a tomar na cultura da mandioca: curso especial de perfeccionamiento para investigadores de mandioca. Cali, Colombia, CIAT. 78 p.
13. Corporación Colombiana Internacional, CO. 2004. Inteligencia de mercados (en línea). Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Consultado 2 ago. 2004. Disponible en www.cci.org.co

14. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
15. Durman Esquivel, CR. 2001. Manual técnico. Costa Rica. 120 p.
16. FAO, IT. 1992. Guidelines for predicting crop water requirements. Roma, Italia. 156 p.
17. _____. 2002. Agua y cultivos. Roma, Italia. 90 p.
18. _____. 2003. Informe preliminar del III foro mundial del agua (en línea). Kyoto, Japón. Consultado 12 oct. 2003. Disponible en www.fao.org/spnish/newsroom/news/2003/15707-es.html.
19. Grassi, CJ. 1998. Formulación de proyectos de riego y drenaje. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 241 p.
20. _____. 1998. Fundamentos del riego. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 392 p.
21. Grassi, CJ. 2001. Operación y mantenimiento de sistemas de riego. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 270 p.
22. Halvek, R. 2000. Guía para la elección de sistemas de riego. New Delhi, India, Comisión Internacional de Irrigación y Drenaje. 139 p.
23. Herrera Ibáñez, I. 2002. Hidrogeología practica. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Red Centroamericana de manejo de Recursos Hídricos. v. 1, 190 p.
24. Herrera, J. 1992. Desarrollo de productos de raíces y tubérculos. Perú, Centro Internacional de la Papa. 325 p.
25. Jara Ramírez, J. 1998. Necesidad de agua de los cultivos. Chile, Chillan, Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola. 24 p.
26. Jiménez Cotillas, A. 2002. Mejora de una finca en el término municipal de Daimiel. La Mancha, España, Universidad de Castilla. 230 p.
27. Leael, J; Rodriguez, E. 1998. Guías para la evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo local. Guatemala, SEGEPLAN, Subsecretaria de Planificación e Investigación Pública / ILPES (Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica Social, Ch). 291 p.
28. López Choc, F. 2002. Capital hídrico y usos del agua de Guatemala. Guatemala, MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 45 p.
29. López Rodríguez, MN. 1999. Planificaron y diseño de riego a presión por medio de un sistema gravedad-aspersión para el caserío El Corinto, Ixmoquii, Cuilco, Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 97 p.
30. López, RJ. 1997. Riego localizado. Madrid, España, Centro Nacional de Tecnología de Regadíos. 405 p.

31. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2001. Ponencia para el II encuentro de aguas, a realizarse en Santiago de Chile, del 24 al 26 de octubre del 2001. Guatemala. 10 p.
32. Manual del exportador de frutas, hortalizas y tubérculos. 2004. Precios internacionales de yuca (en línea). Colombia. Consultado 10 jul. 2004. Disponible en www.cci.org.co/manuladexportador.htm
33. Menezes, DM. 1958. Rendimiento da mandioca e do feijao em funcao de época de plantío. Rio de Janeiro, Brasil, Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronómicas. 18 p.
34. Morales Morales, RE. 1996. Texto para el curso de topografía I. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 433 p.
35. Moya Talens, J. 1998. Riego localizado y fertirrigación. Madrid, España, Mundi-Prensa. 390 p.
36. Razuri, LR. 1988. Riego por goteo. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 168 p.
37. Reckmann, O. 2001. Pozos profundos. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura, Comisión Nacional de Riego. 45 p.
38. Sandoval Illescas, JE. 1989. Principio de riegos y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 345 p.
39. Sapag Chain, N. 1990. Preparación y evaluación de proyectos. Bogota, Colombia, Mc-Graw Hill. 390 p.
40. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación Económica, GT). 2001. Mapa de pobreza (en línea). Guatemala. Consultado 5 ene. 2004. Disponible en www.segeplan.gob.gt.
41. Sena, ZF. 1973. Frecuencia de irrigacao no cultivo de mandioca (*M. esculenta* Crantz). Cruz das Almas, Brasil. 38 p. (Serie Pesquisa).
42. Shnmugavelu, KG. 1973. Effect of time of planting and irrigation frecuencies on the yield of tapioca (*Manihot esculenta* Crantz). Indian Journal of Agricultural Sciences. 8: 789-791.
43. Streeter, V. 1999. Mecánica de fluidos. 9 ed. Santa Fe, Bogota, Colombia, McGraw-Hill. 735 p.
44. Tapia Contreras, F. 1999. Conceptos sobre diseño y manejo de riego presurizado. Santiago, Chile, Comisión Nacional del Riego. 25 p.
45. Tarchitzky, J. 2001. El riego por goteo. Shefayim, Israel, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola. 45 p.
46. Tobias, H; Lira, E. 2000. Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala, a escala 1:250,000. Guatemala, MAGA, Unidad de Políticas e Información Estratégica, Programa de Emergencia por Desastres Naturales. 70 p.

47. Zaldaña Mérida, RA. 2002. Estudio y diseño de un sistema de riego bombeo-gravedad-aspersión para la aldea Célibe, San Miguel Ixtahuacan, San Marcos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC; 96 p.
48. Zotyen Quan, C. 2002. El cultivo de la yuca. El Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería, División de Agronegocios. 49 p.
49. Zurita Ruiz, J. 2000. Topografía práctica. Barcelona, España, CEAC. 160 p.



Rolando Barrios

10. APENDICE

Cuadro No. 57A. Boleta utilizada en el estudio social.

Nombre del jefe de familia:	Número de personas en su familia	Edades de los Miembros De la Familia	Cuántos miembros de la familia trabaja	Qué trabajos desempeña	Ingreso promedio mensual de la familia
Datos sobre la vivienda (seleccionar el número y colocarlo en el cuadro, si escoge otro especifique)	Materia del techo 1. Paja 2. Teja <input type="checkbox"/> 3. Lamina 4. Duralita 5. Otros		Material de paredes 1. Adobe 2. Block 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
Ambientes que tiene su vivienda:	Cocina <input type="checkbox"/> Sala <input type="checkbox"/> Comedor <input type="checkbox"/> Dormitorios <input type="checkbox"/> Otros ambientes:				
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:	Televisor <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 consume:					
Posee algún transporte propio:	pick-up <input type="checkbox"/> Camión <input type="checkbox"/> Caballo <input type="checkbox"/> Otro				
Cuando se enferman acuden a :	Hospital <input type="checkbox"/> Centro de salud <input type="checkbox"/> Puesto de salud <input type="checkbox"/> Unidad de salud <input type="checkbox"/> Medico Particular <input type="checkbox"/>				
El terreno que poseen es:	Propio <input type="checkbox"/> arrendado <input type="checkbox"/> En usufructo <input type="checkbox"/> otro <input type="checkbox"/>				
El área del terreno es:		Cuerdas	varas	Hectáreas	Metros cuadrados
El área beneficiada con el Proyecto es de:		Cuerdas	varas	Hectáreas	Metros cuadrados
Cultivos que siembra actualmente:					
La mayor parte de cultivos son para:	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 lo utiliza que institución (es) se lo otorga:			
Otra Información que considere importante:					

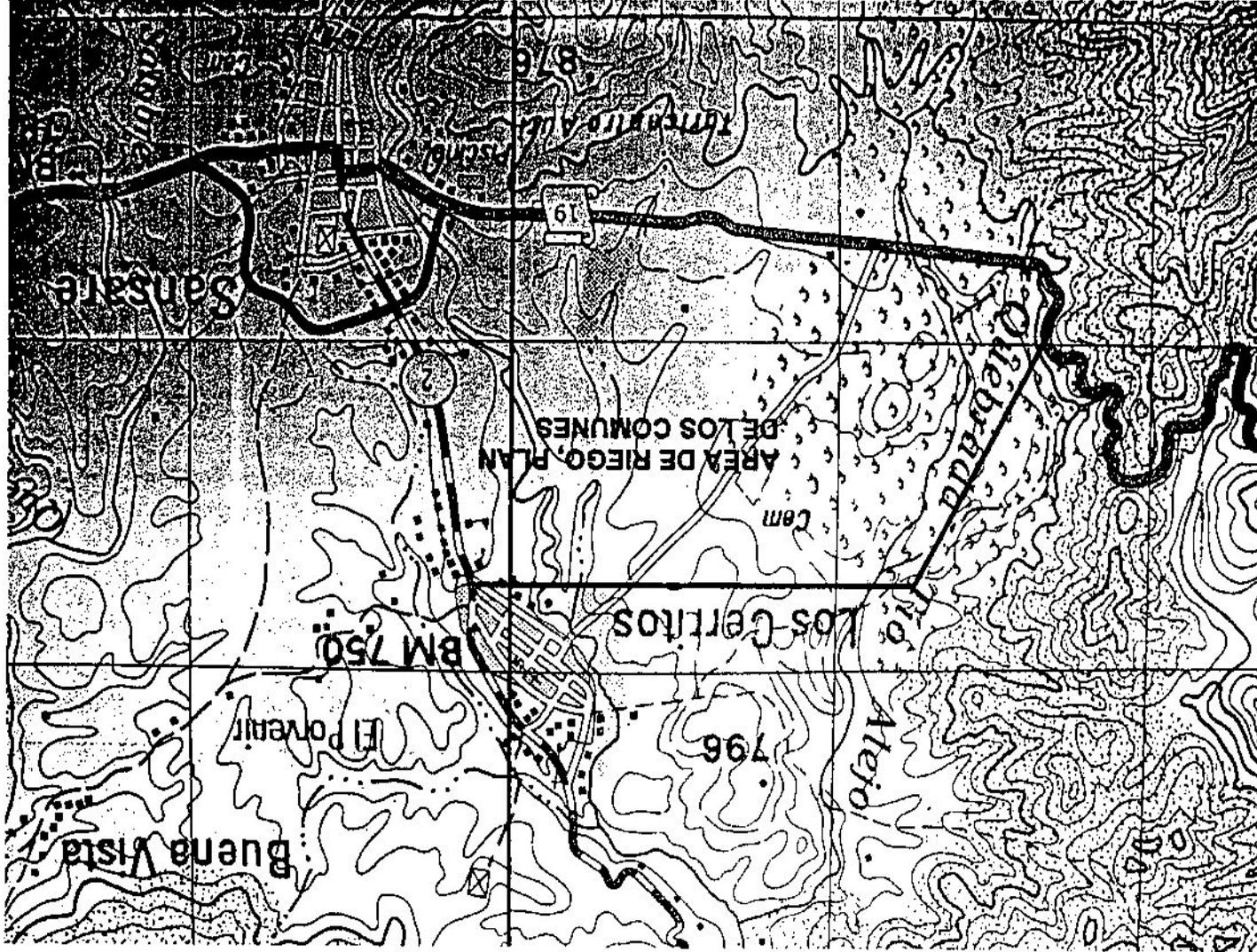


Figura No. 36A. Segmento de la hoja cartográfica Sanarate 2162011

Cuadro No. 58 A. Principales países importadores de yuca y subproductos en miles de US\$, 1993-2002.

País	1,993	1994	1,995	1996	1,997	1,998	1,999	2,000	2,001	2002	Particip.*
China	66,944	71,338	144,748	116,951	111,650	101,531	117,470	94,483	248,123	265,482	46.46%
España	158,869	150,083	96,243	108,448	87,479	73,416	96,681	99,571	64,058	47,308	8.28%
Holanda	350,129	366,590	167,479	240,825	120,952	104,181	185,700	108,497	97,100	41,266	7.22%
Bélgica	110,654	89,436	65,889	71,160	74,259	66,729	69,027	50,591	39,662	40,961	7.2%
EEUU	20,880	22,169	29,481	37,793	38,519	39,700	33,968	33,997	35,892	29,608	5.18%
Japón	42,774	36,520	32,433	32,565	23,596	24,529	22,580	23,428	26,103	26,893	4.71%
Corea	45,542	15,710	28,838	100,170	61,237	50,079	25,150	28,756	40,316	17,081	2.99%
Malasia	8,678	10,565	18,625	22,668	11,603	15,724	17,015	13,794	11,980	16,506	2.89%
Hong Kong	7,128	10,338	15,118	14,627	14,409	11,055	11,449	8,518	9,668	12,696	2.22%
Portugal	57,549	47,800	49,472	40,166	24,796	20,029	23,237	22,440	16,440	10,873	1.90%
Canadá	1,583	1,523	2,090	3,088	3,159	3,035	3,228	3,963	3,887	3,874	0.68%
Brasil	21	6	17	85	372	168	177	724	839	2,335	0.44%
Venezuela	4,364	195	942	570	565	824	635	1,282	2,214	1,384	0.24%
Chile	0	4	17	3	10	11	1	4	106	865	0.15%
Colombia	126	2,741	26,48	857	1,229	1,197	69	2,077	1,914	631	0.11%
Argentina	609	1,151	1,410	2,349	2,435	1,613	1,502	1,223	935	510	0.09%
México	462	7	61	229	224	200	340	254	231	409	0.07%
Perú	44	0	13	119	3	0	2	74	140	214	0.04%
Uruguay	329	369	367	498	515	373	216	294	316	203	0.04%
Ecuador	10	20	35	57	51	109	23	71	74	44	0.01%
Cuba	0	0						28	28	28	0.00%
Bolivia	14	49	20	58	96	178		346	228	6	0.00%
Paraguay	34	93	130	295	152	0	0	5	88	0	0.00%
Total	964,417	909,598	721,684	872,939	635,042	566,149	669,317	543,862	660,376	571,421	90.890005%

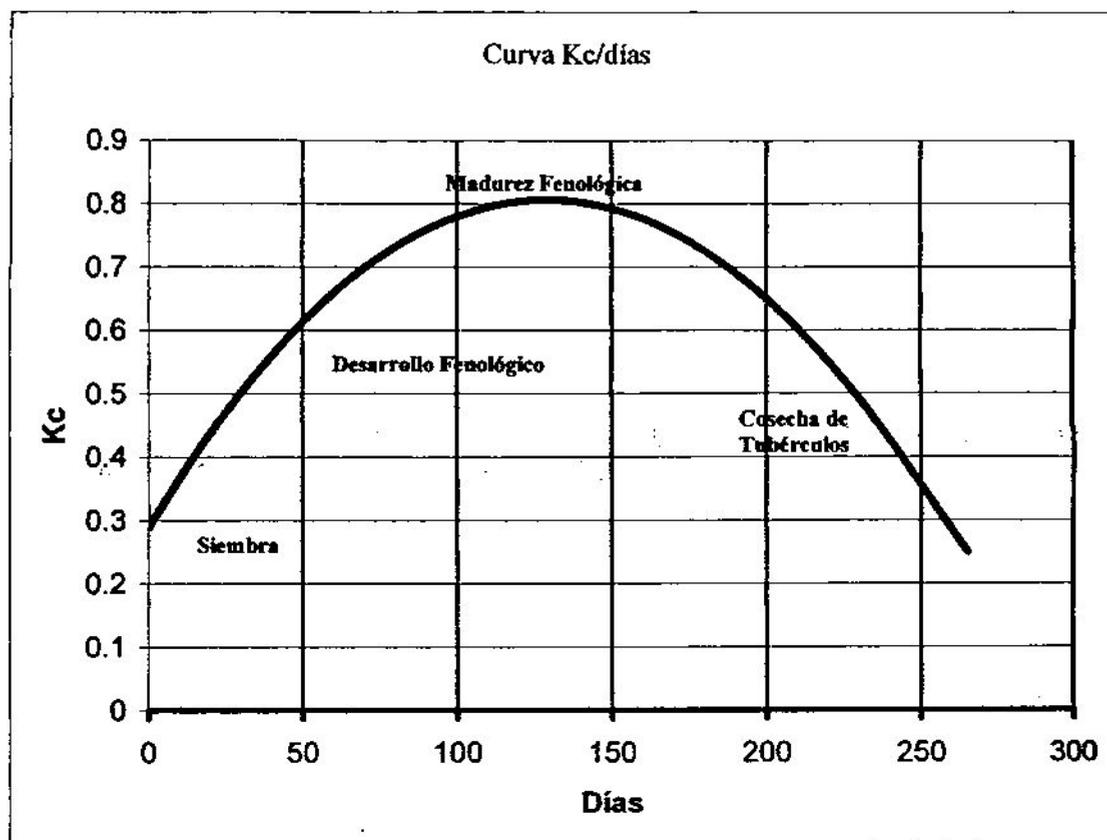
Fuente: Agrocadenas (2).

Cuadro No. 59 A. Principales países importadores de yuca y subproductos en TM, 1993-2002.

País	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Particip.*
China	1,815,168	1,680,838	2,349,148	2,036,485	2,598,555	2,354,985	3,055,628	2,847,607	7,437,193	7,672,613	50.16%
España	3,091,125	3,124,263	1,647,365	1,829,310	1,125,605	1,995,273	2,747,148	3,250,700	2,274,808	1,490,250	9.74%
Bélgica	1,961,370	1,740,860	988,473	1,167,793	1,673,185	2,156,420	2,176,835	1,938,620	1,572,805	1,336,410	8.74%
Holanda	6,391,433	6,895,920	2,787,920	4,112,113	2,611,820	2,636,000	5,119,468	3,396,668	3,362,250	1,199,823	7.84%
Japón	1,031,940	737,038	430,973	523,448	473,950	476,893	541,968	629,814	669,308	621,890	4.07%
Corea (Sur)	1,658,755	379,198	396,943	1,599,218	1,477,665	1,171,980	539,530	749,747	1,130,853	437,575	2.86%
Malasia	250,798	243,678	618,343	454,905	283,905	362,993	498,638	440,703	345,153	423,060	2.77%
Hong Kong	139,300	180,350	191,203	211,163	231,058	196,390	274,315	244,052	258,975	327,145	2.14%
Portugal	1,078,873	999,640	812,280	664,675	599,350	508,180	628,873	674,863	545,208	300,028	1.96%
Estados Unidos	166,600	143,433	193,975	244,223	192,603	213,433	268,070	244,831	209,188	240,085	1.57%
Brasil	50	15	153	355	6,198	2,408	4,033	12,263	16,520	62,045	0.41%
Canadá	11,178	11,133	13,168	19,105	20,928	24,593	34,185	50,186	47,953	46,953	0.31%
Venezuela	138,538	2,775	12,375	7,218	7,298	10,365	8,205	13,702	27,815	28,500	0.19%
Colombia	5,720	59,315	32,228	8,515	13,108	13,255	815	31,274	51,745	17,575	0.11%
Argentina	9,955	19,410	21,270	29,585	33,470	24,125	26,400	19,302	21,200	13,995	0.09%
Uruguay	7,305	6,100	5,865	6,460	6,455	5,325	3,715	4,437	6,548	5,530	0.04%
México	10,283	100	635	2,410	1,985	2,493	2,938	3,008	2,648	4,900	0.03%
Chile	5	35	125	15	38	18	3	17	373	4,565	0.03%
Perú	1,943	10	373	3,238	5	0	5	748	1,535	2,605	0.02%
Ecuador	90	180	210	310	390	860	230	585	565	350	0.00%
Bolivia	320	880	405	1,520	2,390	3,950	6,286	8,858	7,805	135	0.00%
Paraguay	1,075	2,225	3,440	5,760	2,680	0	0	255	2,305	0	0.00%
Total	19,015,852	17,363,314	11,242,351	13,832,772	13,228,026	13,011,135	17,052,898	15,581,597	19,250,106	15,296,277.91	93.88%

Fuente: Agrocadenas (2).

Figura No. 37 A. Curva del coeficiente del cultivo Kc para Yuca de ciclo corto.



Fuente: Abdel (1)

Cuadro No. 60 A. Programación de Riego.

Día de riego uno				Día de riego dos			
Nombre Beneficiario	No de parcela	turno	nominación de parcela	Nombre Beneficiario	No de parcela	turno	nominación de parcela
Fabio Gudiel	1	A	1A1	Hugo Juárez	9	A	2A9
Edgar Gudiel	2	A	1A2	Alberto Gudiel	10	A	2A10
Eduardo Romero	31	A	1A31	Dionisio Cervantes	24	A	2A24
Eva Morales	32	A	1A32	Enrique Gudiel	25	A	2A25
Antonio Cervantes	3	B	1B3	Vital Rodas	11	B	2B11
Candelario Hernández	4	B	1B4	x	13	B	2B13
Rosalinda Gudiel	29	B	1B29	Rodrigo Godoy	21	B	2B21
Luis de la Cruz	30	B	1B30	Arcenio Ruano	22	B	2B22
Luis Rojas	5	C	1C5	Gregorio Hernández	12	C	2C12
Héctor Morales	6	C	1C6	x	14	C	2C14
Otilio Cruz	27	C	1C27	Victor Hugo Lima	39	C	2C39
Walter Cardona	28	C	1C28	Otilio Vázquez	40	C	2C40
Julio Marroquín	7	D	1D7	x	16	D	2D16
Venildo Cervantes	8	D	1D8	Nan Merlos	18	D	2D18
Randolfo Ruano	23	D	1D23	Macaveo Cruz Gudiel	38	D	2D38
Macabeo de la Cruz	26	D	1D26	Francisco Cardona	41	D	2D41
Día de riego tres				Día de riego cuatro			
Nombre Beneficiario	No de parcela	turno	nominación de parcela	Nombre Beneficiario	No de parcela	turno	nominación de parcela
Arturo López	15	A	3A15	Joaquín Marroquín	45	A	4A45
León Merlos	17	A	3A17	Marco Tuho Marroquín	46	A	4A46
José Contreras	19	A	3A19	Vitingo Morales	55	A	4A55
Mario Gudiel	42	A	3A42	Concepción Castillo	56	A	4A56
Nelly Gudiel	43	A	3A43	Elvira Juárez	35	B	4B35
Catalino Pérez	20	B	3B20	Blanca de Guerra	36	B	4B36
Idail Juárez	51	B	3B51	Guadalupe Juárez	37	B	4B37
Rigoberto de Paz	52	B	3B52	Bayron Estrada	53	B	4B53
Blanca de Guerra	61	B	3B61	Catalino Vázquez	54	B	4B54
Luis Ramírez	49	C	3C49	Augusto Solís	33	C	4C33
Natalio Hernández	50	C	3C50	Francisco Solís	34	C	4C34
Carlos Gudiel	59	C	3C59	Fernando Cervantes	44	C	4C44
Isabel Hernández	60	C	3C60				
Hugo Arroyo	47	D	3D47				
Gonzalo Morales	48	D	3D48				
Francisco Gudiel	57	D	3D57				
Fernando Gudiel	58	D	3D58				



REF. Sem. 68/2004

FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

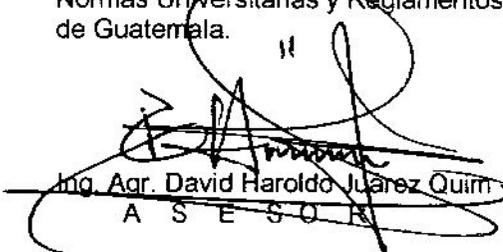
LA TESIS TITULADA: "FORMULACION DE UN PROYECTO DE RIEGO BOMBEO - GOTEO PARA EL PLAN DE LOS COMUNES SANSARE EL PROGRESO".

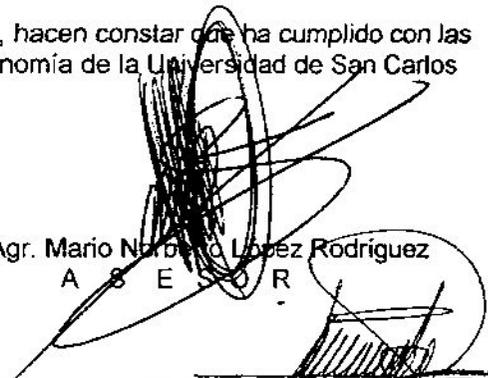
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE : MIGUEL ESTIVEN MANSILLA DEL CID

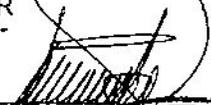
CARNE: 9813799

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES : Ing. Agr. Isaac Rodolfo Herrera Ibañez
Ing. Agr. Erick Leonel Motta Franco

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.

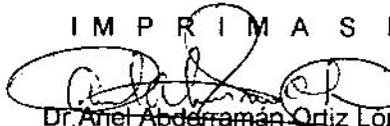

Ing. Agr. David Haroldo Juárez Quim
A S E S O R


Ing. Agr. Mario Norberto López Rodríguez
A S E S O R


Dr. David Monterroso-Salazar
DIRECTOR DEL INSTITUTO



IMPRIMASE


Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
DECANO



DMS/nm
c.c. Archivo
IIA
Control Académico

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central