

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

MAESTRÍA EN MANEJO SOSTENIBLE DEL SUELO Y AGUA CON ESPECIALIDAD
EN RECURSOS HÍDRICOS EN AGRONOMÍA



“Planificación y diseño del sistema de riego gravedad
aspersión, para las Aldeas Chiticoy, Guachipilin y
Chipacapox, Rabinal, Baja Verapaz”

VIVIAN VERÓNICA SOTO AGUILAR

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	5
3.	JUSTIFICACIÓN	6
4.	MARCO TEÓRICO	7
4.1.1	Riego agrícola	7
4.1.2.	Riego a presión	7
4.1.3.	Riego por aspersión	7
4.1.3.1.	Ventajas y desventajas del riego por aspersión	8
4.1.3.2.	Partes que forman un sistema de riego por aspersión	9
4.1.3	Factores que influyen en el riego por aspersión	12
4.1.4	Elementos característicos de los aspersores.....	14
4.1.4.	Válvulas y dispositivos a usar en un sistema de riego a presión	19
4.1.5.	Calidad del agua para riego	20
4.1.7	Clasificación del Agua de Riego del Laboratorio de Salinidad del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, Riverside, California	21
4.1.8	Velocidad de infiltración	23
4.1.9	Impacto Social	23
4.1.10	Análisis del sistema de riego actual	25
4.2.	MARCO REFERENCIAL.....	31
4.2.1	Ubicación geográfica	31
4.2.2	Ubicación política	32
4.2.3	Población	33
4.2.4	Economía	33
4.2.5	Fisiografía	34
4.2.6	Geología.....	34
4.2.7	Hidrografía.....	34
4.2.8	Clima.....	35
4.2.9	Zonas de vida	36
4.2.10	Suelos.....	36
4.2.11	Uso de la tierra.....	37
4.2.12	Capacidad de uso de la tierra	38
4.2.13	Intensidad de uso de la tierra	39
4.2.14	Distancia y vías de Comunicación.....	39
5	OBJETIVOS	41
5.1	OBJETIVO GENERAL.....	41
5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	41
6.	METODOLOGÍA:.....	41
6.1	Definición de la ubicación geográfica de la región e investigación de los aspectos relevantes de la misma.....	41
6.2	Selección del lugar de la fuente a aprovechar para fines de riego.....	42
6.3	Aforo de la fuente seleccionada en época de estiaje.....	42
6.4	Análisis de calidad del agua con fines de riego.....	42
6.5	Delimitar las áreas actualmente regadas.....	43
6.6	Delimitar las áreas potencialmente regables.....	43
6.7	Toma de muestras de suelo en el lugar destinado al riego.....	44

6.8	Análisis físico químico	44
6.9	Determinación de las constantes de humedad del terreno a regar	44
6.10	Determinación del consumo de agua o evapotranspiración.....	44
6.11	Requerimiento de riego.....	45
6.12	Determinación de la lámina de agua disponible del terreno a regar	46
6.13	Determinación de la lámina de agua a aplicar	46
6.14	Determinación de la velocidad de infiltración.....	47
6.15	Levantamiento topográfico y definición del recorrido de la tubería.	48
6.16	Cálculo topográfico.....	49
6.17	Selección del sistema de riego a presión a emplear.....	50
6.18	Determinación de la clase de tubería a usar y los diámetros adecuados.....	51
6.19	Diseño de la línea de conducción	51
6.20	Determinación de presiones y velocidades.....	52
6.21	Determinación de válvulas y dispositivos a utilizar	52
6.22	Diseño de las obras de infraestructura hidráulica	53
6.23	Análisis Socioeconómico.....	53
6.24	Análisis Financiero	53
6.25	Análisis ambiental.....	54
6.26	Recomendación de normas, y procedimientos con patrones definidos para el desarrollo y mantenimiento del proyecto.....	59
6.27	Elaboración de un plan de capacitación para el uso y mantenimiento del sistema de riego propuesto.....	59
7	RESULTADOS	60
	CUADRO 4. Datos de 10 años promedio de la estación Cubulco, Baja Verapaz ..	65
	Muestra 1	67
	Muestra 2	68
	Muestra 3	69
	Primera Prueba de infiltración.....	71
	Segunda prueba de infiltración	72
	Tercera prueba de infiltración	74
8	CONCLUSIONES	109
9	RECOMENDACIONES.....	110
10	BIBLIOGRAFÍA	111
11	APÉNDICES	113
11.1	CUADRO 1A. Ficha de información básica del beneficiario del proyecto.....	114

1. INTRODUCCIÓN

En los lugares rurales donde la mayor parte de la economía depende de la agricultura y las condiciones climáticas se caracterizan por una precipitación pluvial escasa, mal distribuida en el tiempo, y, prolongadas canículas, como sucede en la región norte del País, en las aldeas Chiticoy, Guachipilin y Chipacapox, del municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz, las condiciones climáticas no son favorables para los cultivos, especialmente en la época seca. Dicha situación hace que un sistema de riego sea indispensable para abastecerse de alimentos, para su consumo y comercio.

Las condiciones climáticas de esta región hicieron que fueran pioneros en implementar el uso del riego en el País desde la época pre- colonial, utilizando el método de inundación. Sin embargo el sistema de riego que poseen es ineficiente, ante el creciente aumento de la población, haciendo uso de las mismas extensiones de tierra y un uso ineficiente de los recursos naturales, como la tierra y el agua. Debido principalmente a factores climáticos y demográficos, es necesario implementar tecnología en riego, para hacer un uso eficiente de los recursos naturales que cada día son más escasos. Dicho sistema proporcionaría un aumento en la producción agrícola y factibilidad en diversificar sus cultivos.

El presente trabajo representa un estudio del análisis al cambio tecnológico del sistema actual a un sistema de riego a presión, con la tecnología apropiada, para proporcionar a las mencionadas aldeas de alimentos para satisfacer su seguridad alimentaria y una mejor calidad de vida, al mejorar su economía.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En las Aldeas Chiticoy, Guachipilin y Chipacapox, ubicadas en el municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz, al norte del País, el ingreso familiar promedio es muy limitado y gran parte de la economía depende de sus posibilidades para lograr una producción agrícola.

El régimen de precipitación pluvial en esta región tiene dos épocas, la época seca en los meses de noviembre a abril, y la época lluviosa en los meses de mayo a octubre. Durante la época seca existe una gran escasez de agua debido al alto déficit de lluvias y, en la época lluviosa las canículas son bastante prolongadas, por lo que en estas comunidades se cuenta con un sistema de riego por el método de inundación, aprovechando la toma de agua por gravedad desde el Río San Luis, para la subsistencia de la producción agrícola durante la época seca. Dicho sistema es conservado desde la época pre-colonial, por lo cuál son considerados pioneros en implementar el riego en Guatemala. Sin embargo, el sistema en mención, es muy ineficiente y carece de la tecnología en riego apropiada, ya que en el recorrido del agua desde el punto de toma hasta los cultivos es a través de canales abiertos, por lo que el caudal disminuye drásticamente en su recorrido debido a las pérdidas de agua por infiltración y evaporación. Debido a esta situación, abundantes tierras de gran riqueza y potencialmente aptas para la producción agrícola se encuentran prácticamente subexplotadas en las épocas deficitarias de lluvia, pues grandes cantidades de agua se desaprovechan.

Este sistema de riego, además, de ser ineficiente no esta al alcance de todas las familias y quiénes lo poseen lo hacen de manera desorganizada e ineficiente y no pueden obtener la producción agrícola que les permita sustentar la economía del hogar y su seguridad alimentaria.

3. JUSTIFICACIÓN

Por no contar con un sistema de riego eficiente con tecnología apropiada en momentos cuando existe un alto déficit de precipitación pluvial como se da en la época seca, en las Aldeas Chiticoy, Guachipilin y Chipacapox del municipio de Rabinal, las tierras aptas para la agricultura carecen de la humedad necesaria para el desarrollo de los cultivos. Éste es el motivo principal por el cual la producción agrícola es muy escasa.

La escasez de alimentos produce un desequilibrio en la seguridad alimentaria que puede perjudicar la salud y llegar a los extremos de desnutrición, dicha situación a provocado que en ocasiones organismos no gubernamentales proporcionen alimentos necesarios para la subsistencia de la población. Esto se ve muy bien reflejado especialmente en la época seca cuando muchos de los habitantes de estas aldeas se ven obligados a abandonar sus tierras y emigrar a las ciudades en busca de un trabajo que les permita seguir contribuyendo con la economía del hogar. Muchas veces el trabajo que encuentran esta muy lejos de sus hogares, dicha situación provoca la separación temporal de muchas familias.

Las consecuencias de la falta de un sistema de riego eficiente que permita aumentar los niveles de producción agrícola y diversificar los cultivos, se refleja en la pobreza, por ser una comunidad rural donde los ingresos familiares son muy limitados y provienen principalmente de su trabajo en la agricultura; la falta de empleo que al no poder rendir eficazmente como agricultores en su tierra, deben emigrar en busca de otro trabajo; las familias que quedan separadas temporalmente por tener que ir a trabajar lejos del hogar y el desequilibrio en la seguridad alimentaria que pone en riesgo la salud y la supervivencia de los habitantes de las mencionadas aldeas. Estas consecuencias son evidencia de la necesidad de planificar y diseñar un sistema productivo de esta naturaleza, con el fin de garantizar la seguridad alimentaria y al mismo tiempo favorecer la economía de la región.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 MARCO CONCEPTUAL

4.1.1 Riego agrícola

Sandoval (16) menciona, que es la aplicación artificial de agua al perfil del suelo con el propósito de suplir la cantidad necesaria para que los cultivos produzcan en forma permanente y económica.

4.1.2. Riego a presión

Estos sistemas se basan en la conducción del agua a presión a través de un sistema de tuberías hasta llegar a la parcela en donde el agua sale de la tubería por emisores que pueden ser de diferente tipo dependiendo del método. Los métodos de riego a presión se dividen en riego por aspersión y riego por goteo.

4.1.3. Riego por aspersión

Según el manual de riego por aspersión (13), este método de riego, es uno de los más versátiles ya que existen desde los sistemas más sencillos de baja presión y manuales hasta los más complicados de alta presión y totalmente automáticos; desde el sistema de riego casero, formado por una manguera y una boquilla hasta el sistema de pivote central con un alto grado de sofisticación.

El riego por aspersión consiste en la aplicación de agua a semejanza de la lluvia natural; con la finalidad de evitar la escorrentía, el agua debe ser aplicada a una intensidad tal que no supere la infiltración mínima o básica del suelo, como también debe procurarse que la disposición de los rociadores se realice de manera que pueda lograrse una buena distribución del agua aplicada.

En Guatemala la implementación de infraestructuras de riego se ha difundido en zonas de desarrollo agrario, para modernizar la agricultura, darle un uso más eficiente a la tierra y diversificar los cultivos.

4.1.3.1. Ventajas y desventajas del riego por aspersión

El manual de riego por aspersión (13), menciona que cuando se desea tomar una decisión con respecto a la escogencia del método de riego más conveniente, ésta debe hacerse tomando en cuenta todos los factores positivos y negativos.

Las ventajas de riego por aspersión son (13):

- Factibilidad de regar tierras que por sus características no pueden ser irrigadas con riego por superficie.
- No hay necesidad de nivelación de tierras.
- Prevención de escorrentía y consecuentemente la erosión.
- Ahorro de agua.
- Se evita la formación de costras y grietas al secarse el suelo, cuando éste es de textura arcillosa.
- Se pueden utilizar pequeños caudales.
- Mayor superficie disponible al no construirse canales.
- Ahorro de mano de obra.
- Mejor aplicación de fertilizantes.
- Control de malas hierbas.
- Mejor control de la humedad del suelo.
- Factibilidad de automatización.
- Reutilización de equipo en caso de problemas con el uso de la tierra.
- Control de temperatura de los cultivos.
- Menor tiempo de implementación.

Algunas de las desventajas son las siguientes:

- Elevado costo inicial.
- Alto requerimiento de energía.
- Inconveniente cuando el caudal no es continuo.
- La movilización del equipo en terrenos humedecidos es problemático.
- El viento afecta la distribución y eficiencia en la aplicación del agua.
- Dependencia de equipos mecánicos.
- Problemas con la calidad del agua.
- Problemas con el suministro de repuestos.
- No es aplicable en suelos con baja velocidad de infiltración.
- Las pérdidas de agua por evaporación son más altas que por el método de riego superficial.
- Se desarrolla un microclima dentro del cultivo, favoreciendo el desarrollo de enfermedades fungosas y bacterianas.

4.1.3.2. Partes que forman un sistema de riego por aspersión

Un sistema de riego por aspersión debe disponer de una serie de componentes básicos como los siguientes:

- **Fuente de agua:**

Para ser económicamente factible este sistema se requiere de un caudal continuo el cual puede provenir de una fuente artificial o subterránea o combinada.

- **Fuente de energía:**

El riego por aspersión requiere de relativamente altas presiones para su funcionamiento. La presión puede lograrse utilizando bombas o aprovechando el desnivel existente entre la fuente de agua y el terreno; esto último sólo ocurre en regiones montañosas y pie de montañas.

- **Sistemas encargados de la distribución del agua:**

El sistema de distribución del agua consiste básicamente en tuberías principales y laterales. La tubería principal conduce el agua hasta los laterales y éstos contienen los rociadores.

La tubería principal puede ser fija o móvil, superficial o enterrada, metálica o no metálica. Los laterales son aquellas tuberías que conducen el agua a los rociadores colocados en la misma. Al igual que la tubería principal, los laterales pueden ser fijos o móviles.

- **Rociadores o aspersores:**

Los rociadores o aspersores son los dispositivos que tienen como finalidad la aplicación directa del agua en forma de gotas. Básicamente el aspersor consiste de una o más boquillas cuya forma y dimensiones varían de acuerdo al modelo y marca del mismo. Los aspersores pueden ser fijos o móviles, de baja o alta presión y de diversos materiales. Las características de los aspersores son factor determinante en el diseño.

- **Accesorios:**

La realización de un buen diseño de riego por aspersión requiere de la utilización de cierto número de accesorios que facilitan la conducción y distribución

del agua, así como también el control del sistema. Entre los accesorios más importantes están los siguientes:

- Conexiones (codos, tees, etc.).
- Válvulas.
- Ventosas.
- Reguladores de presión.
- Medidores de flujo y/o presión.
- Sistema de control.
- Filtros.
- Inyectores de fertilizantes, etc.

4.1.3.3. Categorías de los sistemas de riego por aspersión:

Según Zimmerman (17), los sistemas de riego por aspersión pueden dividirse en las siguientes categorías básicas:

- **Permanentes:** en este caso las líneas principales y laterales van enterradas; sin embargo, los aspersores con levantadores pueden ser portátiles o permanentes. El sistema permanente sólo puede pagarse para huertos permanentes de muy alto valor o para otros cultivos especializados.
- **Semipermanentes:** en este caso todos los conductores principales y de riego son permanentes, mientras que los laterales con los aspersores son portátiles.
- **Portátiles:** en este caso todo el equipo es portátil, incluyendo las líneas principales, laterales y hasta la bomba. El sistema portátil se emplea principalmente en donde es necesaria la irrigación de auxilio o

complementaria fuera de ciclo y solamente se necesitan ocasionalmente ligeras aplicaciones por aspersión.

4.1.3 Factores que influyen en el riego por aspersión

En la proyección del riego por aspersión influyen una serie de factores, los cuales deben analizarse adecuadamente con las condiciones existentes para garantizar la correcta explotación de éste método de riego. En términos generales, la información necesaria para el diseño está constituida por el análisis de los factores que se explican a continuación:

Suelo: las características hidrofísicas de los suelos que tienen relación con el proceso de permeabilidad del agua en el suelo influyen decisivamente en el diseño del riego por aspersión. La intensidad de la lluvia de los aspersores debe ser menor que la velocidad de infiltración del agua en el suelo para que no cause erosión, lo cual se observa en la práctica cuando se forman charcos y el agua comienza a escurrir. Por otra parte la periodicidad de los riegos y el tiempo total de aplicación por posición estarán limitados por el comportamiento del proceso de permeabilidad del agua en el suelo.

Topografía: la pendiente general del terreno en función del levantamiento altimétrico del área permite diseñar la distribución de las presiones en todo el sistema de conducción y distribución, y calcular la carga total de bombeo requerida para asegurar la máxima uniformidad de aplicación. Igualmente la pendiente del terreno influye marcadamente en el diseño del riego por aspersión con máquinas.

Agua: para diseñar el riego por aspersión será necesario establecer la fuente de abasto de agua a utilizar y analizar la cantidad y calidad de las aguas en función del área, el suelo y el tipo de cultivo. El diseño de conducción y distribución estará condicionado por la localización de la fuente de abasto.

Clima: la dirección y la velocidad de los vientos son factores importantes para determinar la dirección de los laterales y la distancia entre los aspersores, de la misma forma la temperatura y la humedad relativa afectan la eficiencia del riego, es decir, debe tenerse en cuenta la relación entre el agua utilizada por las plantas y el agua aplicada por los aspersores.

Los valores de ambos coeficientes se ofrecen en el siguiente cuadro, en función de la magnitud de la norma parcial neta que se aplicará, hora de aplicación y de la velocidad del viento.

Cultivo: los cultivos a establecer deben determinarse previamente a fin de calcular las necesidades y periodicidad de los riegos, así como la profundidad del suelo a humedecer en cada riego. También es objeto de análisis el porte y altura del cultivo, ya que, como se verá, la altura de los cultivos restringe en cierta medida la utilización de algunas máquinas de riego por el despeje que tienen éstas.

Energía: para seleccionar la unidad motriz es necesario analizar la disponibilidad de energía eléctrica o si resulta necesario el uso de un motor de combustión interna. La tensión eléctrica y los ciclos de la energía eléctrica disponible, el costo del kilowatt-hora y la localización de las líneas, así como el costo del combustible, serán datos necesarios para seleccionar el motor y estimar el costo de operación del sistema, como parte del análisis técnico-económico para el establecimiento de la técnica de riego por aspersión.

Organización del trabajo: la disponibilidad de fuerza de trabajo, así como las horas de trabajo diarias, permitirán hacer un diseño que se adapte a esas condiciones y valorar los costos probables de operación del sistema. En general, los sistemas de riego por aspersión se diseñan para operar de forma continua o por lo menos de 18 a 20 horas diarias.

Modo de aplicación de los aspersores: la forma en que se aplica el agua en el riego por aspersión tiene en ocasiones una importancia vital, se puede aplicar por encima o por debajo de la copa de las plantas. Este aspecto tiene importancia por el daño que puede ocasionar el chorro en flores y frutos.

4.1.4 Elementos característicos de los aspersores

La selección correcta del aspersor tiene que ver con una buena selección de sus características técnicas, las cuales son ofrecidas por los fabricantes en función de las pruebas de laboratorio realizadas. Los elementos característicos de los aspersores son:

Diámetro de boquilla: los aspersores pueden estar constituidos por una o más toberas y cada modelo de aspersor se fabrica con un juego de varias boquillas calibradas de diferentes diámetros, los cuales se acoplan a las toberas. Cuando se trabaja con un modelo de aspersor es necesario conocer el diámetro de las boquillas debido a que cada tipo de aspersor en función de los diámetros de boquillas posee determinados parámetros de trabajo.

Presión de trabajo: los aspersores, de acuerdo con la presión de trabajo en la boquilla, pueden clasificarse en tres tipos, de baja presión, media presión y alta presión. Los aspersores de baja presión operan con valores inferiores a 0.2 Mpa, los de media presión trabajan con presiones de 0.2 a 0.4 Mpa y los aspersores de alta presión trabajan con presiones mayores de 0.4 MPa. La descarga del aspersor es una función del diámetro de la boquilla y la presión, con el objetivo de asegurar una adecuada distribución, los aspersores deben funcionar dentro de los límites que especifican los fabricantes, ya que una presión baja producirá una división incorrecta del chorro y, por lo tanto, áreas de diferentes precipitaciones. Mientras que una presión muy alta, además de causar un rápido desgaste de los aspersores, también causará un exagerado fraccionamiento del chorro, disminuyendo el radio de alcance y dando lugar a un exceso de agua en las cercanías del aspersor.

Como regla general, la diferencia de gasto entre el primero y último aspersor de un mismo lateral no debe sobrepasar el 10% del gasto de trabajo promedio de los aspersores. Esta condición se garantiza cuando la diferencia de presión de esos dos aspersores no sobrepasa el 20% de la presión de trabajo. Las pérdidas de carga en el lateral dependen del diámetro de la tubería, del número de aspersores y su gasto, y de la topografía.

Tamaño de las gotas: el tamaño de las gotas de lluvia artificial es un factor muy importante a tener en consideración, el cual, en muchas ocasiones, determina la selección del aspersor para un cultivo y suelo dados. Gotas muy gruesas pueden provocar erosión en suelos de textura fina y que no estén suficientemente protegidos, así como la caída de las flores, por el contrario, gotas muy finas aumentan las pérdidas de agua por evaporación.

Radio de alcance: se define como el radio del círculo que es capaz de humedecer un aspersor y está en dependencia de la carga de trabajo en la boquilla mayor y el diámetro de esta, y puede determinarse por fórmulas empíricas o experimentalmente.

Según el radio de alcance los aspersores pueden clasificarse en:

- Aspersores de radio corto (<15 m)
- Aspersores de radio medio (de 15 a 40 m)
- Aspersores de radio largo (>40 m)

La velocidad del viento puede hacer variar de modo importante el comportamiento de un aspersor en cuando a su radio de alcance. Este efecto del viento es una de las principales desventajas del riego por aspersión y por eso deben evitarse para regar las horas de fuerte viento, porque deforma el chorro y provoca escurrimiento en algunas áreas, mientras otras quedan con insuficiente humedad.

Intensidad de aplicación: la intensidad media de aplicación (I) es la lámina de agua que aporta el aspersor en cada hora, y está en función del gasto del aspersor, del radio máximo y del espaciamiento entre ellos, según trabaje solo o en grupo en un mismo lateral, se utilizan para su cálculo las fórmulas siguientes:

- Para un aspersor trabajando solo en el lateral:

$$I = 3600 q_a / \pi R^2 \max$$

- Para un grupo de aspersores trabajando simultáneamente en el lateral:

$$I = 3600 q_a / E_a E_l$$

Donde:

I = intensidad media del aspersor (mm/h)

q_a = gasto de trabajo del aspersor (l/s)

R_{\max} = radio máximo de alcance (m)

E_a = espaciamiento entre aspersores (m)

E_l = espaciamiento entre laterales (m)

La intensidad de aplicación se utiliza para determinar el tiempo de riego de un aspersor o un grupo de estos que trabajan simultáneamente en un lateral para aplicar la norma de riego. Este tiempo se calcula con la siguiente ecuación:

$$t_r = M_{pb} / I$$

Donde:

t_r = tiempo de riego en una posición (h)

M_{pb} = norma parcial bruta (mm)

I = intensidad de aplicación (mm/h)

La intensidad de la lluvia de un aspersor debe ser menor que la velocidad de infiltración del suelo al final del tiempo de riego previsto para una posición, para que no se formen charcos y tampoco escurrimiento superficial que erosiona el suelo. La velocidad de infiltración para este tiempo se calcula con la siguiente ecuación:

$$v_t = v_1/t^n$$

Donde:

v_t = velocidad de infiltración al final del tiempo de riego en una posición (m/h)

v_1 = velocidad de infiltración al final de la primera unidad de tiempo (m/h)

n = parámetro de la infiltración que depende de las características del suelo y varía de 0.3 a 0.8.

Generalmente, es conveniente seleccionar aspersores de mediana o baja intensidad de aplicación, porque estos proporcionan una mejor uniformidad en la distribución del agua en el suelo, no afectan la estructura de este, y logran tiempos de riego por posición más largos, que condicionan menos movimientos diarios y una mejor distribución del gasto en la red de tuberías.

En función de la intensidad de aplicación los aspersores se pueden clasificar en:

- Aspersores de baja intensidad (<7 mm/h)
- Aspersores de media intensidad (7 – 17 mm/h)
- Aspersores de alta intensidad (>17 mm/h)

Disposición de los aspersores: como consecuencia de su movimiento giratorio, los aspersores distribuyen el agua en módulos circulares, considerando esto y con el objetivo de asegurar una adecuada uniformidad de aplicación del agua, los aspersores deben situarse de forma tal que garanticen una superposición de los

círculos regados, tanto en la longitud de la línea lateral como entre líneas laterales. Este grado de superposición o solape varía de acuerdo con el modelo de aspersor y las condiciones del viento. La separación entre los aspersores y entre líneas laterales tiene una distancia máxima y mínima en la cual varía la uniformidad de aplicación en función del esquema de disposición de estos, los cuales pueden ser: cuadrado, triangular, rectangular y en sectores, aunque los más comunes son los tres primeros.

- Esquema de disposición en cuadrado: como lo indica su nombre los aspersores se disponen de forma tal que la separación entre ellos es igual a la distancia entre líneas laterales, obteniéndose una superficie doblemente humedecida, equivalente al 57% del área del círculo.
- Esquema de disposición en triángulo: en este tipo de disposición los aspersores se disponen a tresbolillos y se presentan las mejores condiciones para el riego, la superficie doblemente humedecida es de 21% del área del círculo, pero tiene dificultades prácticas su ejecución en el terreno.
- Esquema de disposición en rectángulos: se adopta este tipo de disposición donde existen condiciones con vientos claramente dominantes. El lado mayor del rectángulo, debe coincidir con la separación entre líneas laterales y paralelo a la dirección del viento, mientras que el lado menor coincide con la separación entre aspersores en la línea lateral y perpendicular a la dirección del viento. El alcance de los aspersores resulta notablemente disminuido por el viento y la superficie doblemente humedecida alcanza el 81%.
- Esquema de disposición en sectores: estos esquemas se emplean donde predominan los vientos, realizándose el riego por sectores, con cambios sucesivos de las posiciones contra la dirección dominante del viento. Generalmente el ángulo del sector es 240 °C y se pueden disponer los aspersores en cuadrados o rectángulos.

Coefficiente de uniformidad de la lluvia: la distribución correcta de la lluvia artificial sobre una superficie determinada es un elemento importante a considerar en el riego por aspersión y existe una relación directa entre el humedecimiento recibido y la producción de cada planta regada, por lo que el rendimiento promedio de un área regada depende de la variación de la norma que se realice en cada punto respecto a la norma parcial planificada. La distribución de la lluvia que entregan los aspersores está en función de las características constructivas del aspersor, del diámetro de la boquilla, de la presión de trabajo, del esquema de distribución de los aspersores y de la velocidad y dirección del viento. Estos elementos deben ser objeto de análisis en cada caso concreto y si no se corrigen las variaciones que se produzcan bajará la eficiencia de la distribución de la lluvia y en última instancia, lo más importante, el rendimiento del cultivo que se riega.

La evaluación de los aspersores, es realizada en los laboratorios de las fábricas productoras y también por otros centros de investigación, pero además, cuando no se cuenta con resultados al respecto, resulta necesario realizar en la unidad de base de producción una prueba en el campo para cada caso, esto, por una parte, permite conocer el comportamiento de la distribución de la lluvia, y por otra, determinar la intensidad de aplicación.

4.1.4. Válvulas y dispositivos a usar en un sistema de riego a presión

- Válvulas de compuerta: Las válvulas de compuerta menciona Zimmerman (17), deben incorporarse a la red de tubería para aislar ciertas secciones para reparación y lavado, sin parar a todo el sistema.
- Levantadores de válvula en conductores de riego: menciona Zimmerman (17) , que estos son tubos levantadores unidos al conductor de riego

equipado arriba del terreno con una válvula para facilitar la unión de laterales portátiles, a fin de extraer agua para riego del conductor.

- Válvula eliminadora de aire: esta válvula es usada con el fin de expulsar aire retenido, esto usualmente pasa en los puntos altos, en quiebres bruscos y en tubería de succión.
- Válvula de limpieza: esta válvula es usada con el fin de remover sedimentos que hayan sido depositados, esta situación se da en los puntos más bajos y la frecuencia de operación depende de la calidad del agua transportada.

4.1.5. Calidad del agua para riego

Sandoval (16), menciona que la calidad de un agua de riego, debe evaluarse en base a la potencialidad de esta para producir efectos dañinos al suelo y al rendimiento de los cultivos. Debe tomarse en cuenta tanto la calidad química como la agronómica; la calidad química está determinada por la concentración y composición de los constituyentes disueltos que tenga. Cuando el agua se va a usar para riego de cultivos, la calidad química solamente no va a especificar si el agua debe o no ser empleada, es necesaria la calidad agronómica, la cual esta determinada por factores como, la calidad química, suelo por regar, método de riego, condiciones de drenaje del suelo, cultivos por regar, condiciones climáticas y prácticas de manejo del agua, del suelo y de las plantas.

Además el agua utilizada para riego debe cumplir con las normas de calidad, ya que ésta puede ser una fuente de contaminación, como contener plaguicidas que no están permitidos para el cultivo que se esta regando o puede contener microorganismos patógenos o metales pesados que por salpicadura pueden llegar a las frutas y hortalizas durante el riego. Debe tomarse en cuenta que el tipo de riego a utilizar, está ligado a la calidad de agua, ya que el riego por aspersión, exigirá una mayor calidad de agua que el riego por goteo, debido al

contacto del agua con la partes comestibles de las hortalizas, como: tomate, lechuga, repollo, pepino, chile, etc.

Las características que determinan la calidad del agua para riego varían de acuerdo al método de clasificación que se use, uno de los métodos más difundidos actualmente es el del Laboratorio de Salinidad del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), Riverside California y el segundo método es el dado por la FAO.

4.1.7 Clasificación del Agua de Riego del Laboratorio de Salinidad del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, Riverside, California

Este método se basa principalmente en la conductividad eléctrica (CE) y en la relación de absorción de sodio (RAS) del agua, esta relación representa la actividad de los iones solubles de sodio en la reacción de intercambio catiónico con el suelo. El peligro de la sodificación que conlleva el uso de una agua de riego, queda determinada por las concentraciones absoluta y relativa de los cationes, si la proporción es alta, será mayor el peligro de sodificación y, al contrario, si predominan el calcio y el magnesio, el peligro es menor. El diagrama para la clasificación de aguas para riego se muestra en el anexo, figura 1A. El significado e interpretación de las clases por calidad de acuerdo al diagrama se resume a continuación:

Conductividad

- C₁: Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas solo en suelos de muy baja permeabilidad.
- C₂: Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.

- C₃: Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
- C₄: Agua de salinidad apta que en muchos casos no es apta para el riego. Solo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
- C₅: Agua de salinidad excesiva, que solo debe usarse en casos muy contados, extremando todas las precauciones anotadas anteriormente.
- C₆: Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.

Sodio

- S₁: Agua con bajo contenido de sodio, apta para el riego de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
- S₂: Agua con contenido medio de sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio intercambiable, corrigiendo en caso necesario.
- S₃: Agua con alto contenido de sodio y con peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son necesarias aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
- S₄: Agua con muy alto contenido de sodio, no es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

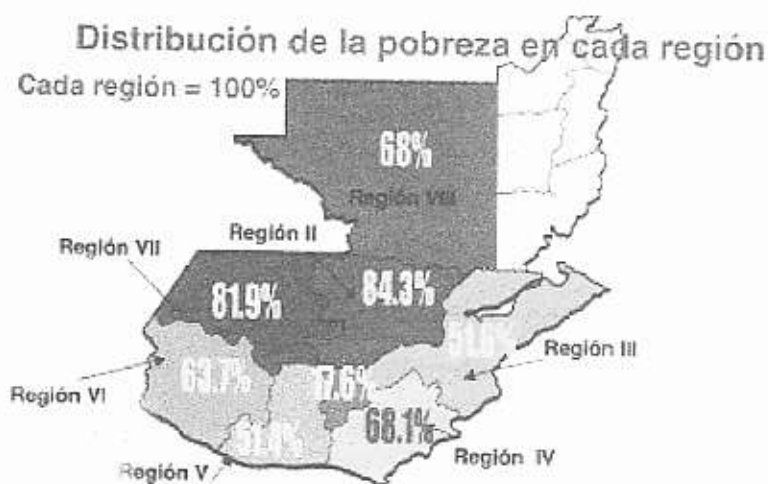
4.1.8 Velocidad de infiltración

La velocidad de infiltración, menciona Sandoval (16), es la entrada vertical del agua a través de los poros por unidad de tiempo, y depende de varios factores, como la estructura y textura del suelo, el contenido de humedad del suelo, la

compactación, la estratificación, la lámina empleada para la prueba o riego, la temperatura del agua y suelo, y el estado físico- químico del suelo.

4.1.9 Impacto Social

Al realizarse un proyecto de esta naturaleza además de su impacto en el ambiente también se produce un impacto social, ya que mejora la calidad de vida de los beneficiarios del proyecto. La población del área de influencia es considerada según datos del INE (8) como una de las áreas más pobres del país. La zona de estudio se encuentra entre uno de los 102 municipios declarados de mayor pobreza y según la división administrativa del territorio nacional, Guatemala se divide en 8 regiones, de las cuales al departamento de Baja Verapaz le corresponde la región Norte o región II, donde el 84.3 % de habitantes en esta región, son pobres.



FUENTE: ENCOVI - INE 2000.

Figura 1. Incidencia de la pobreza por región

La pobreza es un fenómeno complejo que comprende muchas dimensiones de la privación que sufren las personas, entre las cuales la falta de bienes y servicios no es más que una. La pobreza se relaciona también con la vulnerabilidad, las limitaciones a la participación y decisión y con la probabilidad que tienen muchas personas de salir desfavorecidas por la crisis económicas, los desastres, y, las enfermedades entre otras.

El ser pobre en Guatemala está estrechamente asociado con el estar ubicado laboralmente en determinados sectores de la economía. Los trabajadores vinculados a las actividades agropecuarias son los más pobres en comparación con otros sectores laborales y, es la actividad agrícola, la principal fuente de trabajo en este sector de Baja Verapaz.

Se espera que mediante el comité de riego, los beneficiarios se incorporen en el proceso de ejecución y toma de decisiones. Todo proyecto de riego produce cambios en los factores tradicionales de producción, ya que un proyecto de riego produce un aumento y diversificación en la producción de alimentos. Esto favorece al mejoramiento de la calidad de vida de las familias beneficiarias que tendrán una mayor y más variada disponibilidad de alimentos y fuentes adicionales de ingresos, con la comercialización de los nuevos productos que se incorporen.

La empresa o entidad que ejecute el proyecto debe crear en la población una conciencia conservacionista a través del plan de capacitación, que consiste en seguir las normas y procedimientos recomendados para mantener el sistema de riego en forma eficiente.

Un cambio muy significativo al realizar un proyecto de riego es la disminución en los niveles de migración en busca de empleo en la época seca, ya que los beneficiarios del proyecto podrán seguir produciendo alimentos en dicha época.

Uno de los mayores índices de desnutrición se encuentra en el departamento de Baja Verapaz, por encontrarse en una zona árida del país, donde la mayor parte de la población es rural e indígena y, la economía descansa principalmente en la agricultura. Al ejecutar un proyecto de riego de tecnología apropiada todos los factores anteriormente mencionados pueden cambiar en forma positiva. Al mejorar y aumentar la producción de alimentos, se proporciona una seguridad alimentaria a los beneficiarios, se mejora la economía y los beneficiarios pueden obtener mayores oportunidades y una mejor calidad de vida.

4.1.10 Análisis del sistema de riego actual

El sistema de riego actual en la zona de estudio es un sistema de riego por inundación, el cual funciona desde la época pre-colonial, por lo cual se les considera a los habitantes de esta región, ser pioneros en utilizar el riego, para continuar e incrementar sus cultivos, produciendo en la época seca y en las canículas.

El agua es transportada desde la fuente que se localiza en el río San Luis por medio de canales de tierra, los cuales carecen de mantenimiento. Entre los factores que afectan la velocidad y el volumen del agua transportada en estos canales están los siguientes:

- **Rugosidad superficial:** La rugosidad superficial se representa por el tamaño y la forma de los granos del material que forman el perímetro mojado. La mayor parte del canal de conducción es de tierra, en general granos finos, existen partes donde el canal es de canto rodado, estas secciones del canal producen un efecto retardador del flujo, que hace que exista más infiltración y menor volumen de agua transportada.
- **Irregularidad del canal:** las irregularidades incluyen irregularidades en el perímetro mojado y variaciones en la sección transversal, tamaño y

forma de ésta a lo largo del canal. Existen cambio abruptos y alteraciones de secciones grandes a pequeñas y viceversa.

- Grietas y discontinuidades: existen grietas y pequeñas discontinuidades que provocan que parte del agua transportada se desvíe de los canales y se reduzca el agua conducida por los canales.
- Alineamiento del canal: Existe acumulación de material flotante en las curvas abruptas del canal.
- Obstrucción: Hay presencia de obstrucción por troncos en el canal de conducción, y, en los canales de distribución también existe presencia de basura que afecta la velocidad del flujo.
- Caudal: El caudal en la época seca es de aproximadamente veintidós litros por segundo, por lo que el nivel de agua baja y las irregularidades en el fondo son más apreciables, y sus efectos son más pronunciados. En algunas partes del canal en época lluviosa, un incremento en el caudal ha provocado un rebose.
- Cambio estacional: en época seca las lluvias son muy escasas y el agua transportada es parcialmente consumida por la evaporación, lo cuál provoca una reducción en el volumen de agua conducida por los canales.
- Material en suspensión y carga de lecho: El material en suspensión y la carga en el lecho consume energía y causa una reducción en la velocidad del flujo.
- Vegetación: Existe vegetación en algunos tramos del canal de distribución, que dificultan el paso del agua en el canal.

Luego de ser transportada el agua por el canal de distribución a través de numerosos obstáculos que reducen su velocidad y volumen, el flujo es conducido hacia canales de distribución, los cuales también son de tierra, y en algunos tramos del canal de distribución el flujo es desviado a canales hechos con palas, los cuales se hacen a diario, haciendo un camino desde el canal de distribución hasta el cultivo. En este tramo es donde se pierde más volumen de agua, debido

a que grandes extensiones de tierra sin cultivo son inundadas, y muchos cultivos carecen de agua, ya que el agua que es transportada solamente es suficiente para algunos cultivos.

La mayoría de los beneficiarios del sistema de riego tienen entre 2 y 3 turnos de riego al año, dependiendo de donde esta ubicada su parcela. El primer turno es en diciembre, luego en enero, febrero y algunos beneficiarios todavía tienen oportunidad de regar en marzo, para el 20 de marzo de 2004 se suspendió el riego, ya que no llego más el agua.

A la pregunta ¿cada cuanto riega? en la boleta de encuestas que se encuentra en el anexo 1, se obtuvieron los siguientes valores que se muestran en tabla 1 y figura 2 para su mejor interpretación.

Cuadro.1 Frecuencia del riego actual

Frecuencia de riego	% usuarios
20 días	7.5
22 días	7.5
40 días	42.5
45 días	17.5
6 meses	25
	100

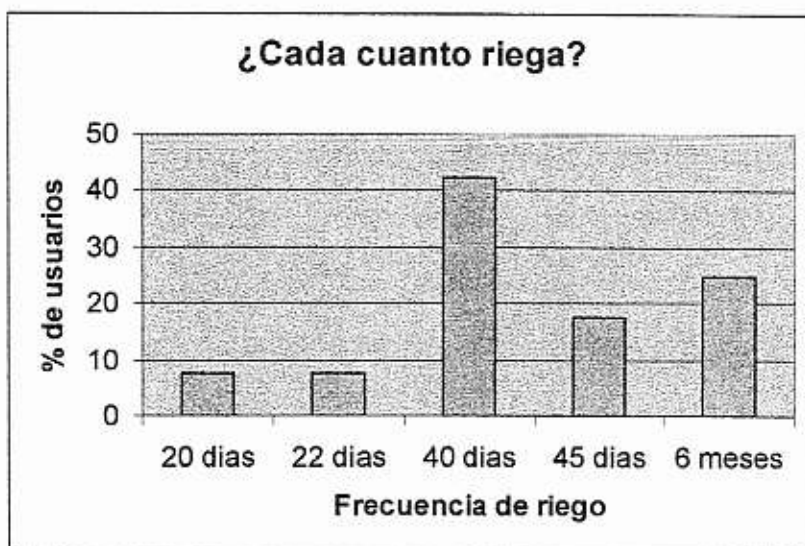


Figura 2. Frecuencia de riego actual

A la pregunta de la ficha de información del beneficiario ¿Cuántos se encargan de dar mantenimiento al sistema de riego y cada cuanto le dan mantenimiento?

Se obtuvo que de 100 hasta 150 personas aproximadamente participan en una limpieza general de los canales una vez al año en 7 u 8 días o más antes de que se de inicio al riego por inundación, por lo general es en noviembre esta limpieza de todo el sistema. Después de esta limpieza general se da mantenimiento solo cuando la ocasión lo amerite debido mas que todo a derrumbes, y cada familia beneficiaria es responsable de su propia parcela.

En la figura 3, el canal de distribución utiliza un tramo de tubería de concreto para permitir el paso del agua que intercepta por un camino. En la foto se muestra que el canal de tierra contiene basura y sedimentos, y no corre agua, por lo que no es factible regar.

En la figura 4 se muestra la irregularidad de algunos de los tramos de los canales de distribución que existen. En época seca el flujo es muy escaso o no existe flujo alguno que pueda ser conducido por los últimos tramos de distribución.

En la figura 3, el canal de distribución utiliza un tramo de tubería de concreto para permitir el paso del agua que intercepta por un camino. En la foto se muestra que el canal de tierra contiene basura y sedimentos, y no corre agua, por lo que no es factible regar.

En la figura 4 se muestra la irregularidad de algunos de los tramos de los canales de distribución que existen. En época seca el flujo es muy escaso o no existe flujo alguno que pueda ser conducido por los últimos tramos de distribución.

La figura 5 muestra una estructura de derivación que posee el sistema, para conducir el agua al canal terciario que transporta el agua hacia el cultivo. Y la figura 6 muestra un canal de distribución en una de las áreas de riego donde cultivan naranja.



Figura 3. Canal de distribución con tubería de concreto



Figura 4. Canal de distribución



Figura 5. Estructura de derivación

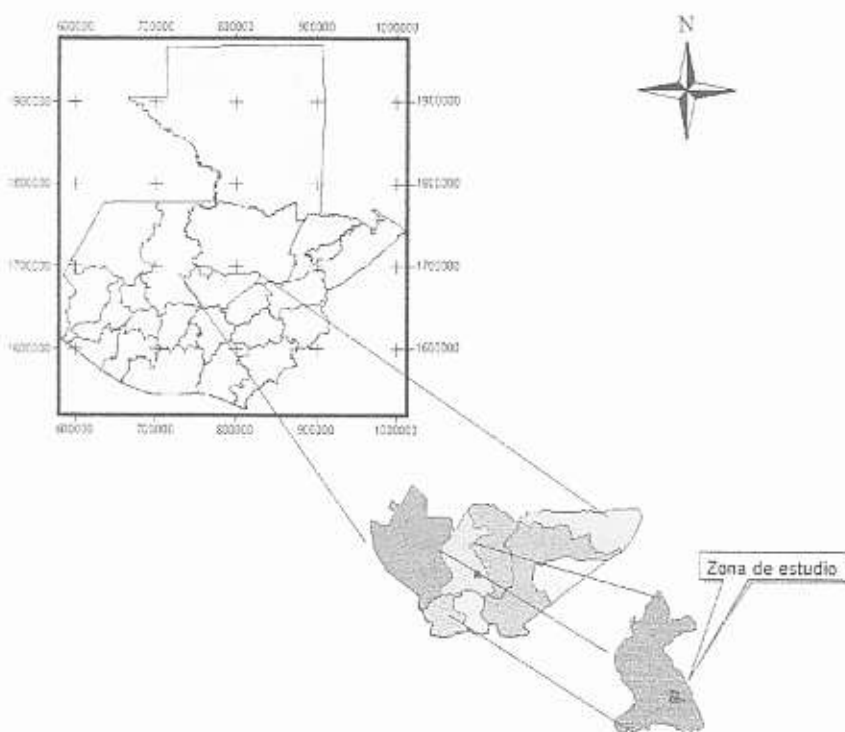


Figura 6. Área de riego

4.2. MARCO REFERENCIAL

4.2.1 Ubicación geográfica

El área de estudio se encuentra ubicada en el municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz, entre las coordenadas UTM 771000 - 1,669,000 al noroeste, 771,000-1,666,000 al suroeste, 773,000 – 1,668,500 al noreste y 774,000- 1,666,000 al sureste.



Ubicación geográfica

Zona de estudio: Aldeas Chiticoy, Guachipilin y Chipacapox

Municipio Rabinal, Departamento Baja Verapaz

Figura 7. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

4.2.2 Ubicación política

El municipio de Rabinal se encuentra situado en la parte central del departamento de Baja Verapaz, en la Región II o Región Norte. Colinda al norte con el municipio de Chicamán del departamento de El Quiché, al oeste con el municipio de Cubulco, al sur con los municipios de Granados y, El Chol y, al este con el municipio de San Miguel Chicaj, en el departamento de Baja Verapaz.

El departamento de Baja Verapaz cuenta con 8 municipios que son:

1. Salamá
2. San Miguel Chicaj
3. Rabinal
4. Cubulco
5. Granados
6. El Chol
7. San Jerónimo
8. Purulhá



Figura 8. Municipios del departamento de Baja Verapaz

4.2.3 Población

La población en el departamento de Baja Verapaz se caracteriza por ser 27.3 % urbana, y, el 72.7% rural, la densidad de población en este departamento es de 69 hab/km², 59% de la población es indígena, cuyo idioma maya es el Achi. La población total en Baja Verapaz según censo 2002, es de 215,915 habitantes, de los cuales para el municipio Rabinal la población es de 31,168 habitantes y el número de viviendas es de 8,546.

4.2.4 Economía

La economía del municipio descansa en la agricultura con el cultivo de maíz, frijol, maní, frutas diversas, especialmente la naranja que tiene fama a nivel nacional, como común denominado en todas las aldeas del municipio se encuentra la siembra de maíz y frijol para la subsistencia, así también se dedican a la crianza de animales

4.2.5 Fisiografía

La zona de estudio se caracteriza por dos grandes paisajes: Las superficies planas interiores de Chuacús y Sierra de Chuacús.

- Superficies planas interiores de Chuacús: subparalelo, las rocas que componen esta unidad son depósitos pomáceos en parte redepositados por acción fluvial. El origen de la unidad se debe a la estabilidad tectónica que permitió la erosión de las partes altas de la Sierra de Chuacús, luego se dio una deposición de piroclastos pomáceos y depósitos aluviales, la edad geológica es del cuaternario, pertenece a las Tierras altas cristalinas de la Sierra de Chuacús.
- Sierra de Chuacús, subdendrítico y subparalelo, rocas del período paleozóico, llamado grupo Chuacus. Su origen ha sido considerado como producto de una parte de cratón. La edad geológica es del Terciario hasta el presente, pertenece a las Tierras Altas Cristalinas, subdendrítico y subparalelo, las rocas son del período paleozoico llamado Grupo Chuacús.

4.2.6 Geología

Entre los materiales geológicos hay depósitos pomáceos del Cuaternario. Rocas ígneas y metamórficas del Cuaternario con rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso. Hay rocas ígneas y metamórficas del

Paleozoico, rocas metamórficas sin dividir, filitas, esquistos, cloríticos y granatíferos, gneisses de cuarzo, mica, feldespato, mármol y migmatitas.

4.2.7 Hidrografía

En Rabinal se localizan los **Ríos**: Concul Chipuerta Negro Pachirax Salamá Chiac, Chirrumán, El Arco Nimacabaj Rabinal San Rafael Xolocoy o Las Vegas, Chipacapox Ixchel Pachicá, Pantulu, Sajcap y Xococ y las **Quebradas**: Bautista Chichupac de Pacheco La Virgen Parraxcut Bentará Chirrum, El Amate Los Caballeros, Patixlán Buena Vista, Chitucán, El Burro, Los Matadores, Papur Cacruch Chivanchán, El Chorro Nimacabaj Pichoc Camalmapa Choventana, El Chupadero Pacoy, San Luis, Canchún Chuachaj El Durazno Pachalum San Rafael Corralabaj Chuarracaná Honda Palimonix Coxojabaj, Chategua, Chuateguá Horno de Cal Paaj.

Los ríos y quebradas pertenecen a la cuenca del río Salinas, subcuenca del río Chicruz, cuyas aguas fluyen hacia la vertiente del Golfo de México.



Figura 9. Ríos del departamento de Baja Verapaz

4.2.8 Clima

La precipitación media anual oscila entre 300 a 500 mm. Las precipitaciones se extienden normalmente sobre un período aproximado de seis meses que se inician entre los meses de abril o mayo hasta finales de octubre o noviembre, la temperatura media anual oscila entre 15 y 26 grados centígrados. Su clima según Thorntwhite se caracteriza por ser semi-seco a semi-cálido.

4.2.9 Zonas de vida

Las zonas de vida localizadas en esta región son las siguientes: bosque seco subtropical, bosque húmedo subtropical templado y, bosque húmedo montano subtropical.

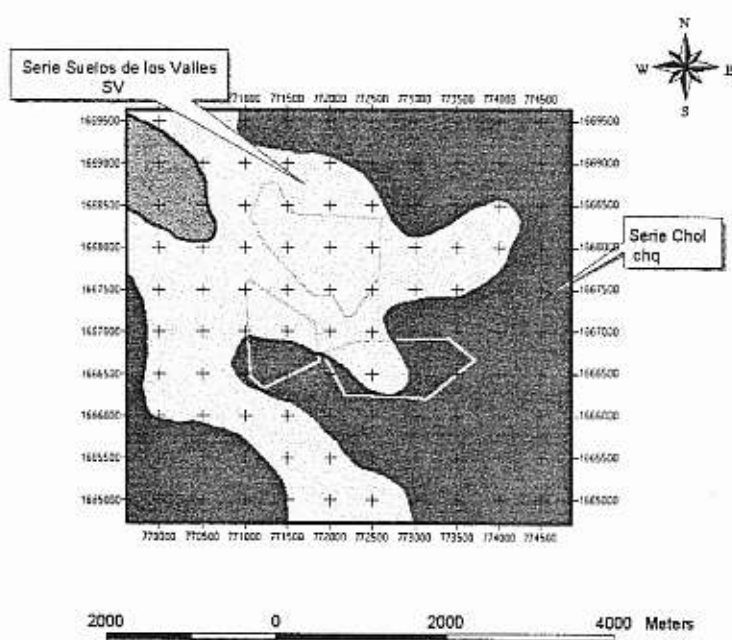
4.2.10 Suelos

En el área de estudio se encuentran dos series de suelos: la serie Suelos de los Valles, la cuál posee un relieve de valles y la serie Suelos Chol, cuyo material original es el esquisto, posee un relieve muy inclinado, su color superficial varia entre café, café grisáceo, café amarillento a café rojizo, su textura es franco-arenosa – gravosa a franco-arcillo-arenosa moderadamente fina, posee pedregosidad, un alto riesgo de erosión y bajo potencial de fertilidad. (ver mapa de serie de suelos , figura 10).

Las series de suelos presentan similitudes en todos sus horizontes genéticos y contienen un material madre homogéneo; en su capa superior poseen características similares pero no necesariamente idéntica.

En la mayor parte de esta zona los suelos son pobres, poco profundos de ligeramente ácidos a muy ácidos, de poco contenido de materia orgánica, estos son los suelos localizados en pendientes inclinadas, en grandes áreas con escasa cobertura vegetal y yacen en su mayoría sobre roca serpentina.

Los relieves de estos suelos van desde planos hasta ligeramente ondulados, son suelos generalmente profundos sin ninguna capa limitante para la penetración de las raíces de los cultivos.



Series de suelos en las Aldeas Chilitoy, Guachipilín y Chipacapox

- Series de suelos.shp
- Zona de estudio.shp

Figura 10. Mapa serie de suelos

4.2.11 Uso de la tierra

La tierra en ésta zona tiene como principal uso de la tierra la agricultura, con detalle la agricultura limpia anual y mezcla de agricultura limpia anual con matorrales.

Los cultivos potenciales que existen en esta región son:

- Maíz
- Frijol
- Maní
- Naranja
- Loroco
- Chile Pimiento
- Café
- Mango

4.2.12 Capacidad de uso de la tierra

En el área de estudio se encuentran dos clases de capacidad de uso de la tierra según USDA, las clases III y VII, cuyas características son las siguientes:

- Clase III: tierras cultivables sujetas a medianas limitaciones permanentes, aptas para el riego en condiciones especiales, con topografía plana, ondulada, aptas para pastos y cultivos perennes, requieren prácticas intensivas de manejo. Productividad de mediana a baja Incluye suelos profundos a medianamente profundos, de textura inadecuada, con problemas de erosión y drenaje, en topografía ondulada o quebrada, con pendiente inclinada, mecanizables con altas limitaciones. Aptos para cultivos de la región, siendo necesarias, practicas de conservación y manejo.

- Clase VII: Tierras no cultivables, aptas solamente para fines de producción forestal, de topografía muy fuerte y quebrada con pendiente muy inclinada. Incluye suelos muy poco profundos, de textura bastante deficiente, con serios problemas de erosión y drenaje. No aptos para cultivos anuales puede considerarse algún tipo de cultivo perenne. La mecanización no es posible y es indispensable efectuar prácticas intensivas de conservación de suelos.

4.2.13 Intensidad de uso de la tierra

Existe una limitada disponibilidad de tierra y su uso es inadecuado, esto provoca la degradación de los recursos naturales así como un sobre uso de forma ineficiente, sin utilizar métodos de planificación que puedan optimizar de mejor manera el uso de la tierra, de tal manera que existe un desaprovechamiento del factor producción suelo. El crecimiento poblacional ha desarrollado mayor competencia por el uso de este recurso.

Estos usos se pueden observar en el cuadro siguiente:

Cuadro 2. Uso potencial y uso actual, en porcentajes

	Potencial	Actual
Agrícola	37	14
Forestal	60	17.01
Pecuario	3	13.39
Otros	0	1.60

Fuente: Diagnóstico agrícola de Rabinal, B. V.

4.2.14 Distancia y vías de Comunicación

El municipio de Rabinal se comunica con la capital de la república por 2 rutas (ver figura 6): la primera es Vía Santa Cruz el Chol en un trayecto de 114 Kms en su mayoría de terracería y la segunda Vía Salamá en un trayecto de 194 Kms por carretera asfaltada. La cabecera departamental se encuentra a una distancia de 27 Kms.



Figura 11. Vías de comunicación.

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir con la planificación y diseño de un sistema de riego a presión en las aldeas Chiticoy, Guachipilin y Chipacapox, Rabinal, Baja Verapaz.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 5.2.1 Determinar la factibilidad técnica, económica, y social de un proyecto de riego a presión.
- 5.2.2 Proponer reglamentos con patrones definidos para el desarrollo y mantenimiento del proyecto.
- 5.2.3 Realizar un análisis de impacto ambiental y medidas de mitigación.

6. METODOLOGÍA:

6.1 Definición de la ubicación geográfica de la región e investigación de los aspectos relevantes de la misma.

Se recopiló la información existente de la región utilizando como sistema de información geográfica SIG, el ARC-VIEW (1) y, la información del diagnóstico agrícola de Rabinal.

6.2 Selección del lugar de la fuente a aprovechar para fines de riego.

En el medio ambiente se pueden encontrar diferentes fuentes de agua, como pozos, ríos y manantiales. Para seleccionar la fuente se deben considerar ciertos parámetros como el caudal de estiaje, la calidad del agua, los derechos de uso y otros.

6.3 Aforo de la fuente seleccionada en época de estiaje

Para que el aforo sea confiable se debe realizar en época de estiaje, debido a que todos los recursos hidráulicos están propensos a disminuir su caudal por sequías o incendios forestales.

Existen diversos métodos para determinar el caudal de una fuente, como el método volumétrico, y, para el caso de los ríos el método del molinete y el del flotador son los más usados.

6.4 Análisis de calidad del agua con fines de riego.

En la fuente destinada para la captación de agua es necesario tomar muestras de ésta, para su análisis de calidad con fines de riego, las muestras fueron transportadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la USAC.

Los resultados fueron analizados de acuerdo con el método de salinidad del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), el que considera 2 características básicas. Ver Figura 1.

- La concentración total de sales solubles (Conductividad eléctrica en micromhos/cm).
- La concentración relativa del sodio con respecto a otros cationes (relación de absorción de sodio, RAS), la cual expresa la concentración relativa de sodio con respecto al calcio y magnesio, de la siguiente manera:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{[(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})/2]^{1/2}}$$

Donde las concentraciones de Sodio, Calcio y Magnesio se expresan en miliequivalentes por litro (meq/l).

6.5 Delimitar las áreas actualmente regadas

Es necesario delimitar cuáles son las parcelas que reciben riego, este procedimiento usualmente se realiza por medio de fotografías aéreas, además de un recorrido por el área y un levantamiento topográfico para cuantificar con exactitud las áreas que actualmente son regadas.

6.6 Delimitar las áreas potencialmente regables

Las áreas de terreno que pueden ser regadas pueden ser estudiadas por fotointerpretación, luego por un recorrido del área y como última fase se realiza un levantamiento topográfico para cuantificar las áreas potencialmente regables. (Ver figura 2A y 3A Vista panorámica parcial del área actualmente regada y potencialmente regable. en el anexo).

6.7 Toma de muestras de suelo en el lugar destinado al riego.

Por medio de fotointerpretación y un reconocimiento del área se realiza un muestreo de suelos, en el cuál se construyen calicatas donde las características del suelo son representativas y se analizan aspectos como textura, color del suelo, profundidad por estrato. De cada una de las calicatas se toman muestras en dos estratos a diferentes profundidades para enviarlas al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la USAC para su análisis físico químico.

6.8 Análisis físico químico

El análisis físico de suelos presenta los aspectos básicos que se toman en cuenta durante el diseño del sistema, entre ellos están el porcentaje de arena, limo y arcilla por estrato. En cuanto al análisis químico muestra datos de porcentaje de materia orgánica, porcentaje de saturación de bases, pH, y elementos químicos como el fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio y hierro.

6.9 Determinación de las constantes de humedad del terreno a regar.

Se toma como base lugares donde el suelo es representativo, para enviar muestras al laboratorio de suelos, y obtener las constantes de

humedad, capacidad de campo, punto de marchites permanente y densidad aparente.

6.10 Determinación del consumo de agua o evapotranspiración

La cantidad de agua que consumen los cultivos se determina para cada uno de ellos, considerando para el diseño como cultivo de referencia la naranja, debido a que es el cultivo de mayor importancia en la región.

Para condiciones de cálculo se estima la evapotranspiración por el método de Blanney y Criddle, por no poseer más información climática en la región.

$$Et = K \times F$$

Donde:

- Et = evapotranspiración real total del cultivo, expresada en lámina de agua, en mm, o cm.
- K = coeficiente que depende del cultivo (ciclo vegetativo)
- F = suma de factores mensuales de uso consuntivo en mm, o cm.

La suma de factores mensuales de uso consuntivo se expresa en:

$$F = (t + 17.8)/21.8(P/100)$$

Donde:

- T = temperatura media mensual en grados centígrados
- P = porcentaje de insolación para la altitud de 15 grados.

6.11 Requerimiento de riego

Realizando el cálculo de la evapotranspiración se determino el balance hídrico del suelo en equilibrio con el clima, como una forma de análisis del requerimiento de riego, fijando la capacidad de almacenaje que corresponde a las características del suelo, utilizando valores de precipitación media mediante la siguiente expresión:

$$Et' - P \text{ con requerimiento de riego (meses secos)}$$

Donde:

Et' = evapotranspiración en mm.

P = precipitación efectiva en mm.

6.12 Determinación de la lámina de agua disponible del terreno a regar

La disponibilidad de agua en el suelo está determinada por los límites de capacidad de campo y el punto de marchites permanente.

$$LD = \frac{(CC - PMP) \times Da \times H}{100}$$

Dónde:

LD = Lámina de agua disponible

CC = Porcentaje de humedad de capacidad de campo

PMP = Porcentaje de humedad a punto de marchites permanente

Da = Densidad aparente en gr./cm³.

H = Profundidad de cada horizonte en cm.

6.13 Determinación de la lámina de agua a aplicar

Para el cálculo de la lámina neta se utiliza la siguiente ecuación:

$$L_n = L_t \times U_r$$

Dónde: L_n = Lámina neta en cm.
 L_t = Lámina total en cm.
 U_r = Umbral de riego

Para el cálculo de la lámina bruta se utiliza la siguiente ecuación:

$$L_b = L_n / E_{fa}$$

Dónde: L_b = Lámina bruta en cm.
 L_n = Lámina neta en cm.
 E_{fa} = Eficiencia de aplicación.

6.14 Determinación de la velocidad de infiltración

Existen varios métodos para calcular la velocidad de infiltración, siendo el método de Kostiaikov y el método de porchet los más usados. Es necesario hacer las pruebas de infiltración en lugares representativos de los suelos de la zona de estudio, para determinar la infiltración básica, tomando en cuenta los distintos tipos de suelos existentes en la región.

Para el presente estudio se utilizará el método de porchet, también conocido como método del agujero inverso, para el cual la infiltración ocurre a través de la base y paredes del agujero. Este método consiste en barrenar un agujero en el suelo, con un diámetro no mayor de 10 cm y uniforme a lo largo del agujero, con una profundidad de 60 cm, se llena con agua varias veces, hasta que el suelo alrededor de éste se sature, y la infiltración alcance un valor más o menos constante. Entonces, la infiltración total Q , será KA . Se tiene que $A = \pi r^2 + 2\pi r h$, donde r , es el radio del agujero y h , es la altura de la columna de agua en el agujero. Los datos $h + \frac{1}{2} r$ y t se plotean en papel semilogarítmico. La gráfica indica una línea recta, si la línea es curva, se continúa humedeciendo el suelo hasta que la gráfica muestre una

tendencia lineal. El valor de K, puede calcularse haciendo uso de la ecuación:

$$K = 1.15 r \frac{[\log(h_0 + \frac{1}{2} r) - \log(h_t + 1/2r)]}{t - t_0}$$

Donde:

t = tiempo desde el principio de la medición (s).

ht = altura de la columna de agua en el agujero a cierto tiempo t, (cm).

ho = ht cuando t = 0.

Los valores de ht se obtienen de: ht = D' - Ht

Donde:

D' = Profundidad del agujero abajo del nivel de transferencia (cm).

Ht = Profundidad del nivel de agua en el agujero abajo del nivel de referencia (cm).

6.15 Levantamiento topográfico y definición del recorrido de la tubería.

Para empezar se debe hacer un recorrido a la orilla del cauce desde el embalse hasta la toma, se puede realizar una ruta tentativa con la ayuda de las hojas cartográficas y fotografías aéreas, para después reconocer el área y definir el recorrido de tubería. El recorrido inicial sirve como guía para definir la dirección el estacado. Las estacas deben colocarse en la dirección diseñada del escurrimiento del riego y se marcarán en un plano. Cada estaca debe ser cuidadosamente localizada y su elevación registrada en el plano. Se debe adjuntar un croquis del área nivelada al plano de la topografía, marcando las

características locales especiales que se observe y todos los puntos notables del terreno.



Figura 12. Cuadrilla de topografía.

6.16 Cálculo topográfico

Con la información obtenida en el campo en el levantamiento topográfico, se procede a realizar el cálculo topográfico, para luego elaborar los planos respectivos.

Para elaborar el dibujo de planta, se requiere únicamente calcular la distancia horizontal, ya que se cuenta con los ángulos azimutales. Para los perfiles del dibujo topográfico es necesario determinar las cotas del terreno, por lo que se deben utilizar las fórmulas que a continuación se presentan a continuación:

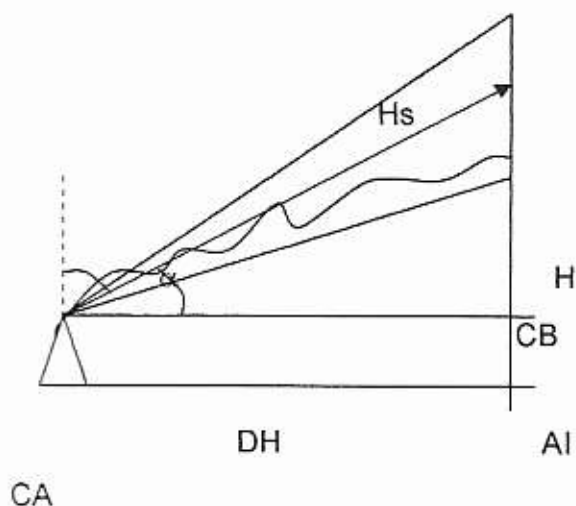


Figura 13. Representación de un perfil topográfico.

Donde

CB = Cota en B

CA = Cota en A

AI = Altura del instrumento

Hm = Hilo medio

$H = \text{TAN}\alpha \cdot DH$

θ = Ángulo vertical

$\alpha = 90 - \theta$

DH = Distancia horizontal

6.17 Selección del sistema de riego a presión a emplear.

Después de conocer el área de estudio, el caudal de la fuente que se empleará para el sistema, las condiciones topográficas, las condiciones socioeconómicas de la población, y, los principales cultivos de la región, se selecciono el sistema de riego por gravedad aspersión.

6.18 Determinación de la clase de tubería a usar y los diámetros adecuados

Para garantizar que el sistema preste un servicio eficiente y continuo durante el período de vida útil, se debe determinar la clase de tubería y los diámetros adecuados, a través del cálculo hidráulico, con fórmulas como la de Darcy Weisbach o Hazen Williams.

El criterio de diseño, según Zimmerman (17) para los cálculos de los tamaños de las tuberías y de la bomba de un sistema de aspersión es proporcionar una adecuada capacidad de operación cuando esté en operación el complemento total de los laterales en su peor combinación de posiciones con respecto a las pérdidas por fricción. Esta condición ocurre durante periodos cortos de tiempo, generalmente sólo durante el ciclo de máximo consumo.

6.19 Diseño de la línea de conducción

La línea de conducción, menciona León Medrano (11), es el conjunto de tubería que inicia desde la o las obras de captación hasta el tanque de distribución, mismas que están diseñadas para trabajar a presión, a través de fórmulas como la de Hazen Williams.

$$H_f = \frac{1743.811141 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}}$$

Donde:

H_f = pérdida de carga (m.)

Q = caudal en la tubería (l./s)

L = longitud de tubería (m.)

D = diámetro (pulg.)

C = coeficiente de rugosidad de la tubería

Para la línea de conducción se debe seleccionar la clase y diámetro de tubería que se ajuste a la máxima economía, siempre y cuando la capacidad de la tubería sea suficiente para transportar el caudal día máximo, si se trata de un sistema por gravedad.

6.20 Determinación de presiones y velocidades

Durante los cálculos de las tuberías menciona Zimmerman (17) debe tenerse especial cuidado para asegurar velocidades óptimas del escurrimiento. Esto es importante para la economía y duración del sistema de tuberías. En la mayoría de condiciones, los límites óptimos de la velocidad varían desde 3 a 8 pies./seg. (0.9 a 2.4 m./seg.), o una pérdida por fricción desde 0.8 a 15% para tubos con diámetros desde 4 a 16 pulg.

Unas velocidades muy bajas del escurrimiento en una red de tubería son tan indeseables como las altas velocidades. Las velocidades bajas son generalmente el producto de un sistema diseñado con mucha capacidad de reserva. Sin embargo, esta reserva puede perderse rápidamente por incrustación y depósito de las arenas, en donde existen estas tendencias.

6.21 Determinación de válvulas y dispositivos a utilizar

La cantidad de válvulas y dispositivos a utilizar dependerá del sistema de riego a emplear y las válvulas de aire y de limpieza dependerán de la topografía de la región, ya que se deben colocar válvulas de aire en los puntos más altos y las válvulas de limpieza en los puntos más bajos, con tal de no obstruir el paso del agua.

6.22 Diseño de las obras de infraestructura hidráulica

Según el caudal provisto y las condiciones del lugar de estudio, fue necesario diseñar obras de infraestructura, como obras de derivación de la fuente, cajas rompe presión, cajas reunidoras de caudales y, pasos aéreos.

6.23 Análisis Socioeconómico

Para este análisis primero se consultaran todas las fuentes de información existentes del lugar, para ampliar la información existente y actualizarla se realizaron encuestas. Dentro de los aspectos socioeconómicos que se analizaron de los beneficiarios del proyecto, se encuentran los siguientes:

- Número total número de familias beneficiarias.
- Edades de los miembros de la familia de cada beneficiario
- Área total del proyecto, y, área de cada uno de los beneficiarios.
- Actividades económicas de la comunidad.
- Servicios de los que dispone la comunidad.

6.24 Análisis Financiero

Después de haber determinado la totalidad de las obras necesarias para el buen funcionamiento del sistema, considerando la calidad adecuada; se puede dar inicio a la integración de los costos del proyecto por renglones de trabajo. Los costos de operación y mantenimiento contemplan el pago mensual al fontanero por efectuar revisiones periódicas al sistema, y, se debe proyectar un presupuesto para el período de diseño para efectuar compra de materiales o para mejorar el servicio.

Las estimaciones de los costos deben estar cimentadas en precios básicos y en necesidades de materiales muy conservadores; Zimmerman (17) menciona que un valor de 30 hasta 300% debe ser aumentado para emergencias imprevistas, y, el valor a aumentarse depende del grado de detalle que se de a la investigación, de la planeación preliminar y, a las experiencias en condiciones similares.

Los costos totales del proyecto comprenden los costos de inversión con operación y mantenimiento del proyecto. Los beneficios netos del proyecto resultan de la diferencia entre los beneficios netos agrícola con el proyecto y los beneficios sin el proyecto. Al obtener estos resultados se procede a la evaluación financiera, la cual es la parte final de toda la secuencia de análisis de la factibilidad de un proyecto. Para comprobar la rentabilidad económica del proyecto, se procede a calcular el valor presente neto, ya que se sabe que el dinero va cambiando su valor a través del tiempo, luego se procede a calcular la tasa interna de rendimiento, la cual es la tasa de descuento por la cual el valor presente neto es igual a cero, o también se puede definir como la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Por último se podrá determinar la razón beneficio costo, con la cual se puede deducir la rentabilidad económica del proyecto.

6.25 Análisis ambiental

En la actualidad la mayoría de las entidades que financian proyectos de infraestructura, exigen un informe ambiental de acuerdo a la magnitud del proyecto, en el cual se identifican los posibles riesgos ambientales, como también los aspectos positivos del proyecto.

El informe ambiental puede realizarse haciendo uso de matrices de interacción, como la matriz interactiva desarrollada por Leopold, que

muestran las acciones del proyecto o actividades en un eje y los factores ambientales pertinentes a lo largo del otro eje de la matriz.

Cuando se espera que una acción determinada provoque un cambio en un factor ambiental, éste se apunta en el punto de intersección de la matriz y se describe además en términos de consideraciones de magnitud e importancia.

La matriz interactiva desarrollada por Leopold, según Canter (3) recoge una lista de aproximadamente 100 acciones y 90 elementos ambientales. Al utilizar la matriz de Leopold se debe considerar cada acción y su potencial de impacto sobre cada elemento ambiental. Cuando se prevé un impacto, la matriz aparece marcada con una línea diagonal en la correspondiente casilla de esa interacción.

Las acciones pueden ser de varias categorías como: modificación del régimen, transformación del suelo y agua, extracción de recursos, producción, alteración de los terrenos, renovación de recursos, cambios en el tráfico, acumulación y tratamiento de residuos, tratamientos químicos, accidentes y otros.

Entre los elementos ambientales involucrados en las acciones están: las características físicas y químicas de la tierra, agua, atmósfera, procesos; entre las condiciones biológicas se encuentran: la flora y fauna; otros elementos ambientales son los factores culturales como: usos del suelo, recreo, estética e interés humano, estatus cultural, instalaciones fabricadas; las relaciones ecológicas son otros de los elementos ambientales considerados, estas relaciones se refieren a salinización de recursos hídricos, eutroficación y otros.

La matriz de Leopold puede utilizarse también para identificar impactos beneficiosos y adversos mediante el uso de símbolos adecuados como el (+) y el (-). Adicionalmente, la matriz de Leopold puede emplearse para identificar

impactos en varias fases temporales del proyecto, por ejemplo, para las fases de construcción, explotación y abandono.

Se puede incluir información sobre la magnitud y la importancia expresada mediante rangos más que en valores numéricos en las escalas de impactos que se usen en la identificación de una interacción.

Otro planteamiento para la puntuación de impactos en una matriz es el que consiste en utilizar un código que denota las características de impactos y si se podrían corregir o no ciertas características no deseadas del impacto. Para el uso de la matriz de Leopold se debe conocer los siguientes conceptos.

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 aquél cuyo efecto se manifiesta de manera generalizada en todo el entorno considerado, y un impacto de ubicación crítica es aquél 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 aquél 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 aquél que permanece en el tiempo por espacio de 10 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 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 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 donde se dice que es 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 se homologa 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.

6.26 Recomendación de normas, y procedimientos con patrones definidos para el desarrollo y mantenimiento del proyecto.

Ningún proyecto de riego puede funcionar por sí solo, ni funcionar de manera adecuada si se opera empíricamente; por otra parte su mantenimiento es indispensable para que funcione de manera eficaz. Por tal razón es necesario recomendar normas, tarifas y procedimientos para el mantenimiento y manejo sostenible del proyecto.

6.27 Elaboración de un plan de capacitación para el uso y mantenimiento del sistema de riego propuesto

Las normas y procedimientos propuestos no son suficientes para determinar que el sistema tendrá un uso adecuado, por lo cual es necesario un plan de capacitación para el uso y mantenimiento del proyecto, en el cual les será explicado a los usuarios en que consisten las normas y procedimientos que deben seguir y cuales son las razones de las tarifas recomendadas.

7 RESULTADOS

7.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio.

El área de estudio como se menciona anteriormente se encuentra ubicada en el municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz, entre las coordenadas UTM 771000 -1,669,000 al noroeste, 771,000-1,666,000 al suroeste, 773,000 – 1,668,500 al noreste y 774,000- 1,666,000 al sureste. Ver figura Ubicación geográfica, figura ubicación del área de riego en hoja cartográfica y figura ubicación del área de riego en fotografía aérea.

Los beneficiarios del proyecto se encuentran dispersos en la Aldea Chiticoy, Chipacapox y Guachipilin.

CHITICOY. Aldea municipio. Rabinal, B. V. En el valle de Urrán, sierra de Chuacús y en las márgenes de la quebrada Corralabaj, 2 km. por camino de revestimiento suelto al este de la cabecera. Escuela: 980 mts. SNM, lat. 15°04'30", long. 90°28'15".

GUACHIPIILÍN. Se localiza en el municipio Rabinal, B. V. En el valle de Urrán, sierra de Chuacús, entre la quebrada Pacoy y el río San Rafael, 1½ km. por vereda al sur-sureste de la cabecera. Iglesia: 985 mts. SNM, lat. 15°04'22", long. 90°28'45".

CHIPACAPOX. Se localiza en el municipio. Rabinal, B. V. en el valle de Urrán, sierra de Chuacús. En las márgenes de la quebrada Pacoy, 1 km. por vereda al sur de la aldea. 990 mts SNM, lat. 15°04'04", long. 90°28'24",. Por acdo. gub. del 29 marzo 1886, los indígenas de Rabinal fueron puestos en posesión del terreno Chipacapox.

7.2 Selección de la fuente

Para este estudio se seleccionó la misma fuente que utilizan destinada al sistema de riego por inundación, desde la presa del río San Luis, la cual dispone del caudal necesario para abastecer el uso del sistema de riego propuesto, posee la calidad de agua que se solicita con este fin y los usuarios tienen el derecho legal de su uso.



Figura 14. Fuente seleccionada, Presa Río San Luis.

7.3 Aforo

En este estudio se selecciono el método del flotador en secciones donde los canales de riego son rectos y existe una distribución uniforme del caudal.

Se realizaron aforos durante la época seca, registrándose el 09/03/04 un caudal en el punto de toma de 50 L/s y el 21 de abril se registró el caudal más bajo consistente en 25 L/s fue tomado unos días antes de que diera inicio la época lluviosa. Después de iniciadas las lluvias, el 14/07/04 se registró un caudal de 83 L/s, por lo que se obtuvieron en total 3 datos de caudales registrados en un año.

7.4 Análisis de la calidad del agua con fines de riego

La presa del río San Luís fue la fuente destinada para la captación del agua para riego. Se tomaron muestras de agua para su análisis, las cuales fueron transportadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la USAC.

En el anexo se muestran los resultados de la toma de agua en la presa del río San Luís.

El resultado del RAS es el siguiente:

$$\text{RAS} = \frac{0.1}{[(0.24 + 0.08)/2]^{1/2}} = 0.25$$

Este resultado indica según el diagrama Figura 1ª que se clasifica como C1S1 y se interpreta como

- C₁: Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas solo en suelos de muy baja permeabilidad.
- S₁: Agua con bajo contenido de sodio, apta para el riego de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

La conductividad eléctrica CE = 28 S/m, indica que no existe peligro de salinidad.

7.5 Áreas actualmente regadas

El área que les es posible regar por el método de inundación es de 43 hectáreas, sin embargo la mayoría solo les es posible regar 2 o 3 veces al año, como se menciono anteriormente en el análisis del sistema de riego actual.

7.6 Áreas potencialmente regables

El área potencialmente regable constituye toda el área de los beneficiarios que es de 50.00 hectáreas. El área que será posible regar con el sistema de gravedad aspersion es de 26 Ha. Debido a que el caudal no da para regar más de dicha área, por lo cual se asigno una parcela de riego de 1152 m² para cada familia beneficiaria.

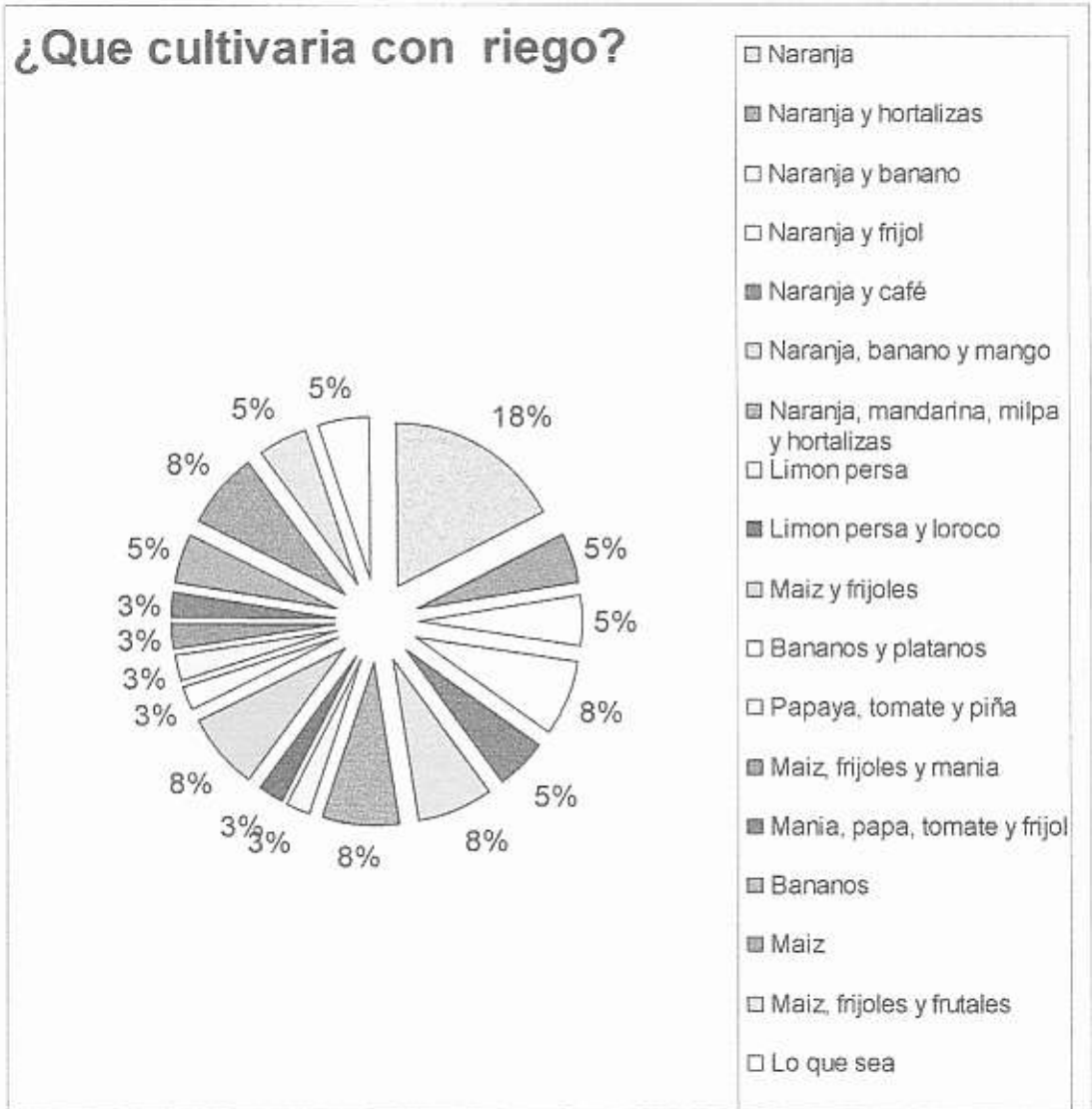


Figura 15. Porcentaje de cultivos que los beneficiarios desearían regar

CUADRO 3. Que cultivos le gustaría regar.

Cultivo	%	Área (cuerdas)	Área (m ²)	Manzanas
Naranja	0.175	102.632727	45158.4	6.41
Naranja y hortalizas	0.05	29.3236364	12902.4	1.83
Naranja y banano	0.05	29.3236364	12902.4	1.83
Naranja y frijol	0.075	43.9854545	19353.6	2.75
Naranja y café	0.05	29.3236364	12902.4	1.83
Naranja, banano y mango	0.075	43.9854545	19353.6	2.75
Naranja, mandarina, milpa y hortalizas	0.075	43.9854545	19353.6	2.75
Limon persa	0.025	14.6618182	6451.2	0.92
Limon persa y loroco	0.025	14.6618182	6451.2	0.92
Maiz y frijoles	0.075	43.9854545	19353.6	2.75
Bananos y platanos	0.025	14.6618182	6451.2	0.92
Papaya, tomate y piña	0.025	14.6618182	6451.2	0.92
Maiz, frijoles y mania	0.025	14.6618182	6451.2	0.92
Mania, papa, tomate y frijol	0.025	14.6618182	6451.2	0.92
Bananos	0.05	29.3236364	12902.4	1.83
Maiz	0.075	43.9854545	19353.6	2.75
Maiz, frijoles y frutales	0.05	29.3236364	12902.4	1.83
Hortalizas	0.05	29.3236364	12902.4	1.83
	1	586.472727	258048	36.65

7.7 Estudio Climático

Estación Cubulco, Baja Verapaz

Latitud: 150632

Longitud: 903651

Altitud: 994

CUADRO 4. Datos de 10 años promedio de la estación Cubulco, Baja Verapaz

VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TMEDIA	°C	21	26	24	25	24	21		24	22	24	22	19
TMAXPR	°C	28.3	30.3	32.1	33.6	32.8	31.2	30.2	30.4	30.3	29.2	28.1	28.2
TMINPR	°C	14.3	12.8	15.0	16.7	17.4	17.9	17.5	18.0	18.4	16.0	14.4	12.5
TMAXAB	°C	34.0	38.5	37.7	38.5	37.8	36.9	35.5	37.4	35.5	35.0	35.2	36.6
TMINAB	°C	6.0	5.6	1.0	8.0	10.0	10.4	10.0	9.5	10.2	7.6	5.2	3.4
LLUVIA	MM	11.1	2.5	9.4	52.2	136.2	222.8	142.6	178.1	198.6	88.6	41.1	13.3
DIAS	DIAS	3	3	3	6	11	19	16	17	21	15	8	5
NUBOSI	OCTAS	5	4	3	4	5	6	6	6	6	7	6	6
HRMED	%	66	55	55	58	65	74	71	70	72	75	77	68

7.8 Muestras de suelo

Se tomaron 3 muestras de suelo en el área de riego, que representan los tipos de suelo que se pueden encontrar en el área de estudio. Las muestras fueron llevadas al laboratorio de suelos de la FAUSAC para el análisis físico químico de las muestras de suelo.

7.8.1 Análisis químico de suelos

Los resultados del análisis químico de las muestras presentadas al laboratorio de suelos de la FAUSAC son los siguientes:

Cuadro 5. Resultados del análisis químico de suelos

Identificación	Ph	Ppm		Meq/100gr		Ppm				%MO
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	
Rango medio		12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10- 15	
M-1	7.7	21.13	115	19.03	3.23	1.0	1.5	2.5	10	2.13
M-2	6.2	98.23	50	7.49	1.33	3.5	2.5	30.0	8	0.53
M-3	6.5	32.13	83	8.42	2.00	2.5	3.0	16.0	17	1.80

El cuadro indica que son suelos ligeramente básicos y poseen elementos disponibles enmarcados dentro de un rango muy bueno. Son suelos con buenas características químicas para el desarrollo de los cultivos.

7.8.2 Análisis físico de suelos

Cuadro 6. Resultados del análisis físico de suelos reportados por el laboratorio de suelos de la FAUSAC.

Identificación	%							%			Clase Textural
	ATM 0.2	ATM 0.4	ATM 0.6	ATM 1.0	ATM 5	ATM 10	ATM 15	Arcilla	Limo	Arena	
M-1	42.46	38.56	36.05	27.37	26.05	25.62	22.58	50.74	12.60	36.66	Arcilloso
M-2	8.95	7.90	6.81	3.62	3.47	3.22	2.85	8.74	12.60	78.66	Fra arenoso
M-3	18.35	16.31	14.89	10.27	10.13	9.64	8.68	23.44	18.90	57.66	Fra arc are

Con los resultados de las constantes de humedad se realizaron curvas de retención de humedad para analizar la capacidad de retención hídrica a diferentes presiones en el suelo.

Muestra 1

Lugar: Aldea Chipacapox, Xetaragon, Rabinal, Baja Verapaz

Propietarios: Doña María y Jorge Xitimul

Clase textural: arcilloso

% arcilla: 50.74

% limo: 12.60

% arena: 36.66

Densidad aparente: 1.1765

Profundidad: 45 cm

Conductividad hidráulica $k = 0.03$ m/d

Cuadro 7. Contenido hídrico muestra 1

Atmósferas	% Contenido hídrico
0.2	42.46
0.4	38.56
0.6	36.05
1	27.37
5	26.05
10	25.62
15	22.58

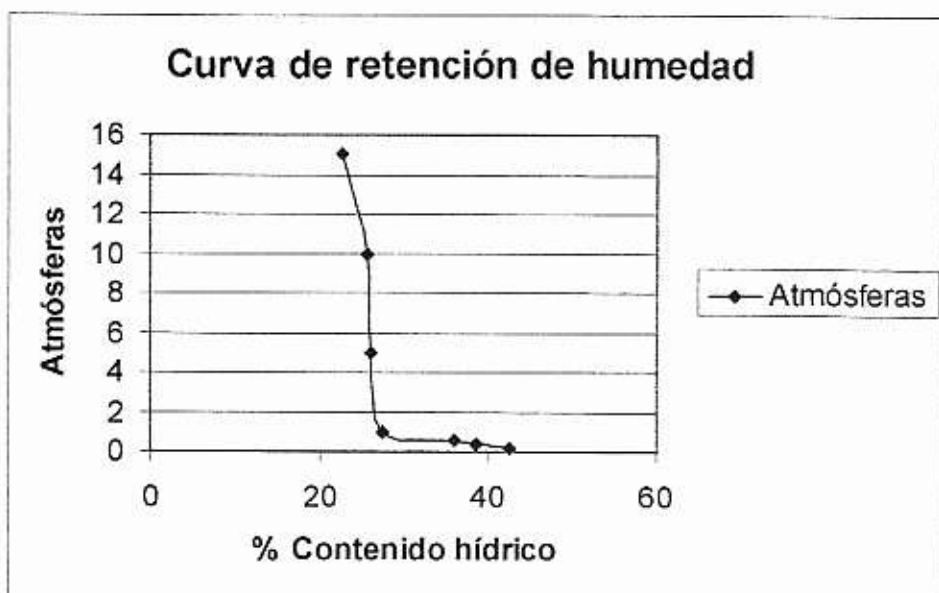


Figura 16. Curva de retención de humedad muestra 1

$$\text{Lámina de agua disponible } d = (40.51 - 22.58)/100 \times 1.1765 \times 450$$
$$d = 94.92 \text{ mm} \approx 93 \text{ mm}$$

Muestra 2

Lugar: Aldea Guachipilin, Rabinal, Baja Verapaz

Propietario: Salvador López

Clase textural: franco arenoso

% arcilla: 8.74

% limo: 12.60

% arena: 78.66

Densidad aparente: 1.3333

Profundidad: 26 cm

Conductividad hidráulica $k = 27$ m/d

Cuadro 8. Contenido hídrico muestra 2

Atmósferas	% Contenido hídrico
0.2	8.95
0.4	7.9
0.6	6.81
1	3.62
5	3.47
10	3.22
15	2.85

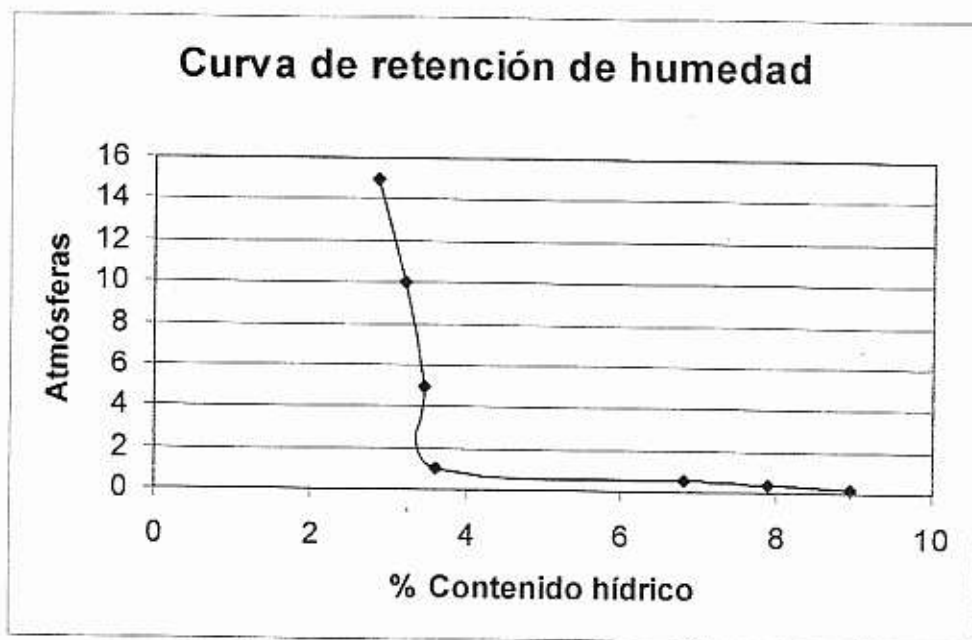


Figura 17. Contenido hídrico muestra 2

$$\text{Lámina de agua disponible } d = (8.43 - 2.85)/100 \times 1.3333 \times 260$$
$$d = 19.34 \text{ mm} \approx 19 \text{ mm}$$

Muestra 3

Lugar: Aldea Chipacapox, Rabinal, Baja Verapaz

Propietario: Francisco Ixpata Ramírez

Clase textural: franco arcillo arenoso

% arcilla: 23.44

% limo: 18.90

% arena: 57.66

Densidad aparente: 1.0811

Profundidad: 38 cm

Conductividad hidráulica $k = 0.055$ m/d

Cuadro 9. Contenido hídrico muestra 3

Atmósferas	% Contenido hídrico
0.2	18.35
0.4	16.31
0.6	14.89
1	10.27
5	10.13
10	9.64
15	8.68

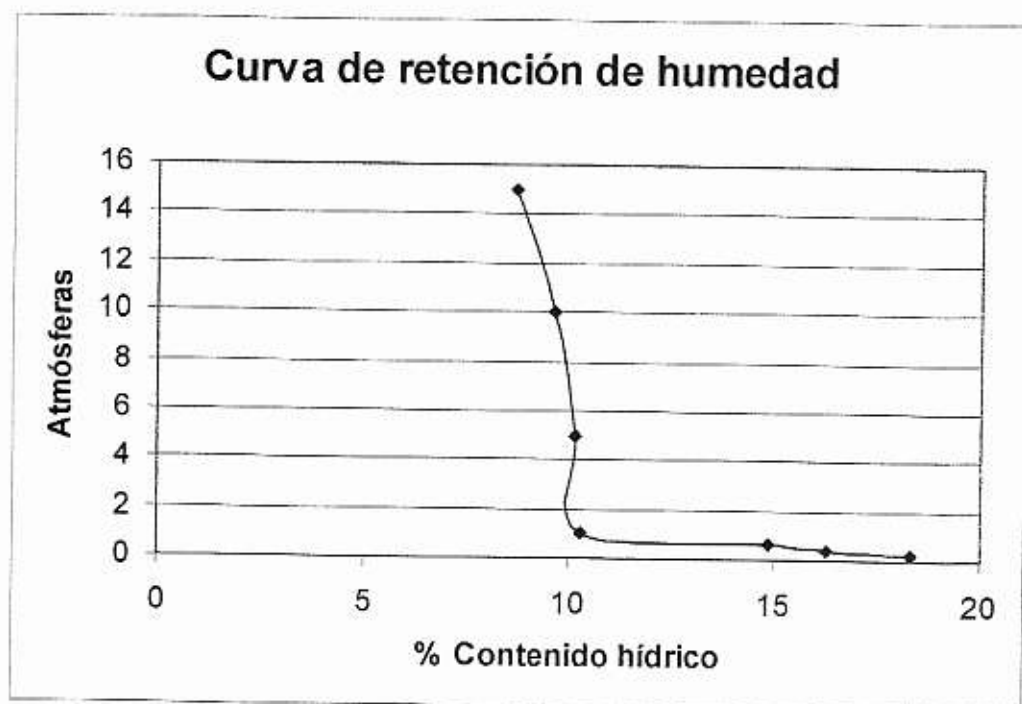


Figura 18. Contenido hídrico muestra 3

$$\text{Lámina de agua disponible } d = (17.33 - 8.68)/100 \times 1.0811 \times 380$$
$$d = 35.53 \text{ mm} \approx 36 \text{ mm}$$

7.9 Curva de capacidad de retención hídrica.

De la muestra más representativa de la zona, suelo franco arcillo arenoso, se calculo la capacidad de retención hídrica para plotear una curva de capacidad.

Cuadro 10. Capacidad de retención hídrica

% Humedad aprovechable	Succión matriz en Atmósferas	Lámina (mm)	Contenido hídrico	Fracción de humedad consumida
100	0.2	254.76	42.46	0.20
80.38	0.4	231.36	38.56	0.32
67.76	0.6	216.3	36.05	0.76
24.09	1	164.22	27.37	0.83
17.45	5	156.3	26.05	0.85
15.29	10	153.72	25.62	1.00
0.00	15	135.48	22.58	

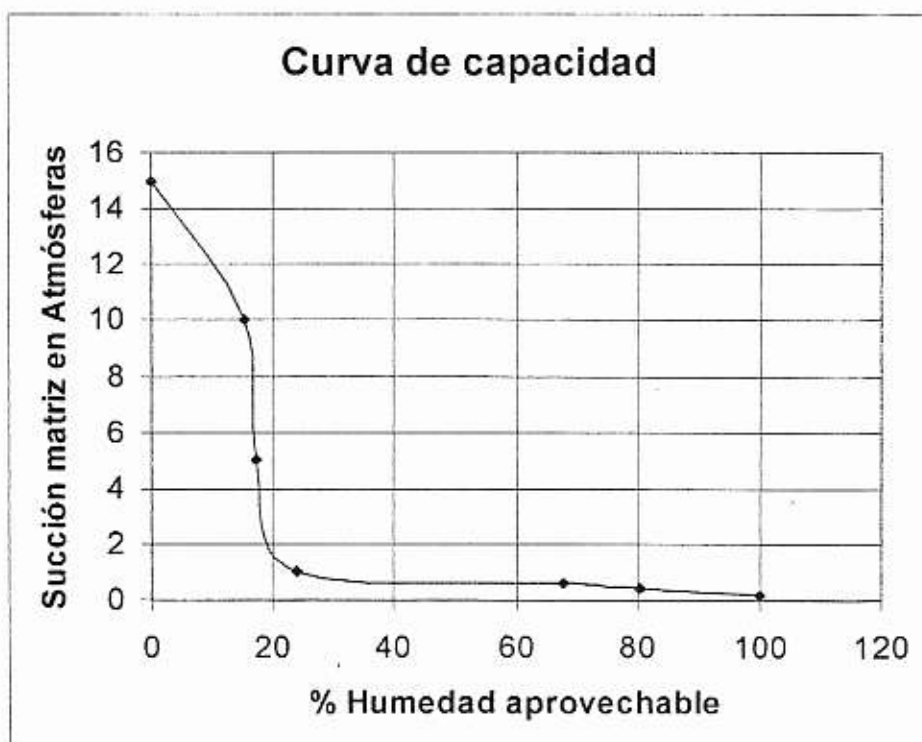


Figura 19. Curva de capacidad de retención hídrica

7.10 Trabajo topográfico

Antes de realizar el trabajo topográfico se realizó un recorrido por donde se planeó pasar la tubería en todo su recorrido desde la fuente hasta las áreas de riego.

Para realizar el trabajo topográfico se necesitó del apoyo de un topógrafo, una cuadrilla de cadeneros compuesta por un encargado del estatal, un ayudante que carga el teodolito, un ayudante que sostenía la plomada, un encargado de colocar estacas, un encargado de enumerar las estacas, un grupo que se encargaba de hacer estacas. La cuadrilla antes mencionada fue compuesta totalmente por personal de la comunidad o del grupo beneficiario, los cuales colaboraron de manera total. Antes de realizar el trabajo se les tuvo que dar una explicación a la comunidad en que consistiría su trabajo; siempre que hubo un cambio fue necesario volver a explicar cual era su función.

La mayor parte del trabajo fue realizado a la orilla del canal de riego, tomando en cuenta cada curva y accidente geográfico. Los cálculos del trabajo topográfico, sirvieron de base para localizar las obras de infraestructura hidráulica y realizar los cálculos hidráulicos de la tubería de conducción y distribución.

7.11 Velocidad de infiltración

Primera Prueba de infiltración

Lugar: Chipacapox, Xetaragon

Propietarios: Doña María y Jorge Xitimul

Georeferenciación: 15771849 E

1667057 N

Fecha: 13/07/04

Diámetro = 10 cm

Profundidad = 45 cm

CUADRO 11 Resultados de la prueba de infiltración en muestra 1

tiempo (min)	lectura (cm)	Prof- Lectura	ht+1/2 r	tiempo(s)	log(ht+r/2)
0	4.8	40.2	42.7	0	1.63
1	4.9	40.1	42.6	60	1.63
3	5.2	39.8	42.3	180	1.63
5	5.2	39.8	42.3	300	1.63
7	5.3	39.7	42.2	420	1.63
10	5.4	39.6	42.1	600	1.62
15	5.6	39.4	41.9	900	1.62
20	5.8	39.2	41.7	1200	1.62
25	6	39	41.5	1500	1.62
35	7.3	37.7	40.2	2100	1.61
45	6.8	38.2	40.7	2700	1.61
60	7.4	37.6	40.1	3600	1.60
80	8	37	39.5	4800	1.60

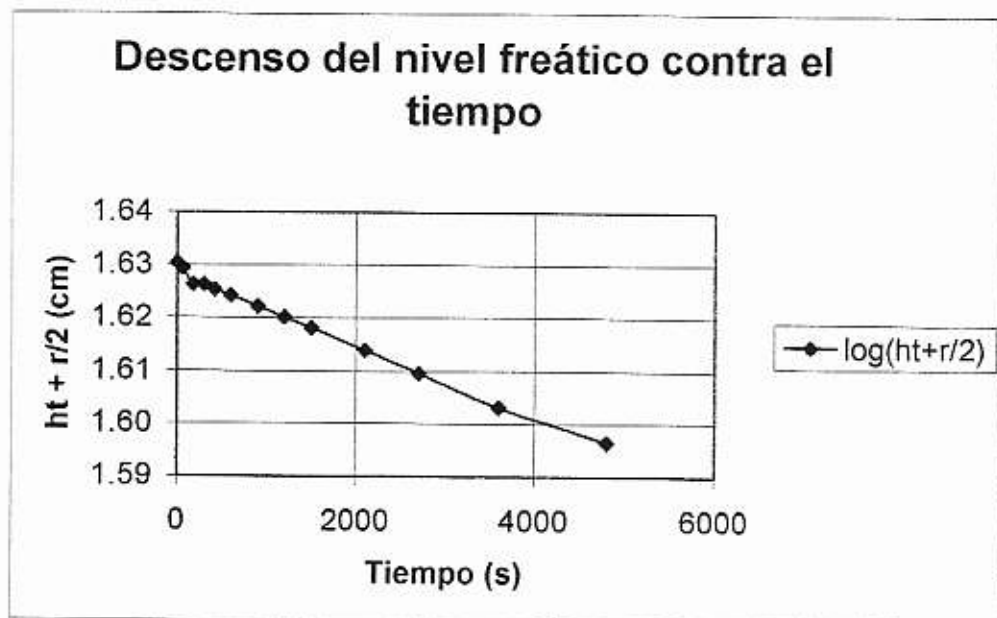


Figura 20 Descenso del nivel freático contra el tiempo en muestra 1.

$$t_0 = 1500 \text{ s} \quad \log(h_0+r/2) = 1.62$$

$$t = 4800 \text{ s} \quad \log(ht+r/2) = 1.60$$

$$K = 1.15(5) (1.62-1.60)/(4800-1500) = 0.0000348 \text{ cm/s} = 0.03 \text{ m/d}$$

Textura = Clay loam, clay (poorly structured) rango K 0.002 – 0.2 m/d

Segunda prueba de infiltración

Lugar: Aldea Guachipilin, Rabinal, Baja Verapaz

Propietario: Salvador López

Cultivo: Maíz

Terreno arenoso
 Diámetro = 14 cm
 Profundidad = 26 cm

Cuadro 12. Resultados de la prueba de infiltración muestra 2

tiempo (min)	lectura (cm)	Prof- lectura	tiempo (s)	log(ht+ r/2)
0	3.5	22.5	0	26
1	5.3	20.7	60	24.2
2	6.8	19.2	120	22.7
3	8.6	17.4	180	20.9
4	9.5	16.5	240	20
5	10.8	15.2	300	18.7
7	12	14	420	17.5
9	13.5	12.5	540	16
11	14.4	11.6	660	15.1
15	16.6	9.4	900	12.9
20	18	8	1200	11.5
25	19.5	6.5	1500	10
30	20.4	5.6	1800	9.1
35	21.5	4.5	2100	8

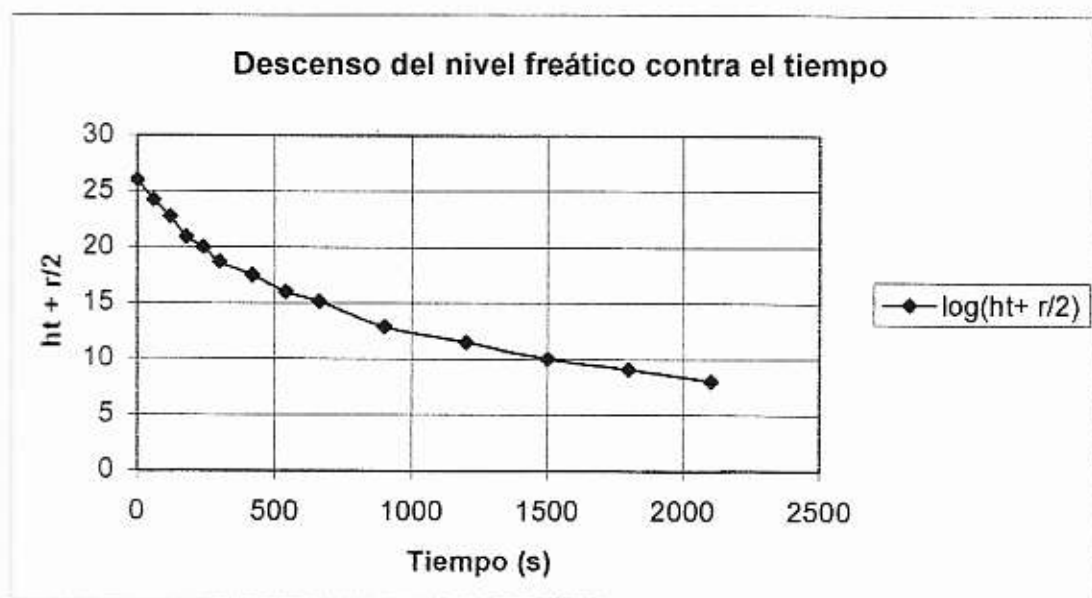


Figura 21. Descenso del nivel freático contra el tiempo en muestra 2

$$t_0 = 1200 \text{ s} \quad \log(h_0 + r/2) = 11.5$$

$$t = 2100 \text{ s} \quad \log(ht + r/2) = 8$$

$$K = 1.15(7)(11.5 - 8)/(2100 - 1200) = 0.0313 \text{ cm/s} = 27.048 \text{ m/d}$$

Textura = gravelly coarse sand

Tercera prueba de infiltración

Lugar: Aldea Chipacapox, Rabinal, Baja Verapaz

Propietario = Francisco Ixpata Ramírez

Profundidad = 38 cm

Diámetro = 10 cm

Cultivo: frutales

Cuadro. 13 Resultados de la prueba de infiltración muestra 3

tiempo(min)	lectura (cm)	Prof-lectura	ht+1/2r	tiempo(segs)	log(ht+1/2r)
0	1.5	36.5	39	0	1.59
1	1.7	36.3	38.8	60	1.59
3	1.9	36.1	38.6	180	1.59
6	2.3	35.7	38.2	360	1.58
9	2.8	35.2	37.7	540	1.58
14	3.1	34.9	37.4	840	1.57
20	3.1	34.9	37.4	1200	1.57
30	4	34	36.5	1800	1.56
40	4.5	33.5	36	2400	1.56
50	5	33	35.5	3000	1.55

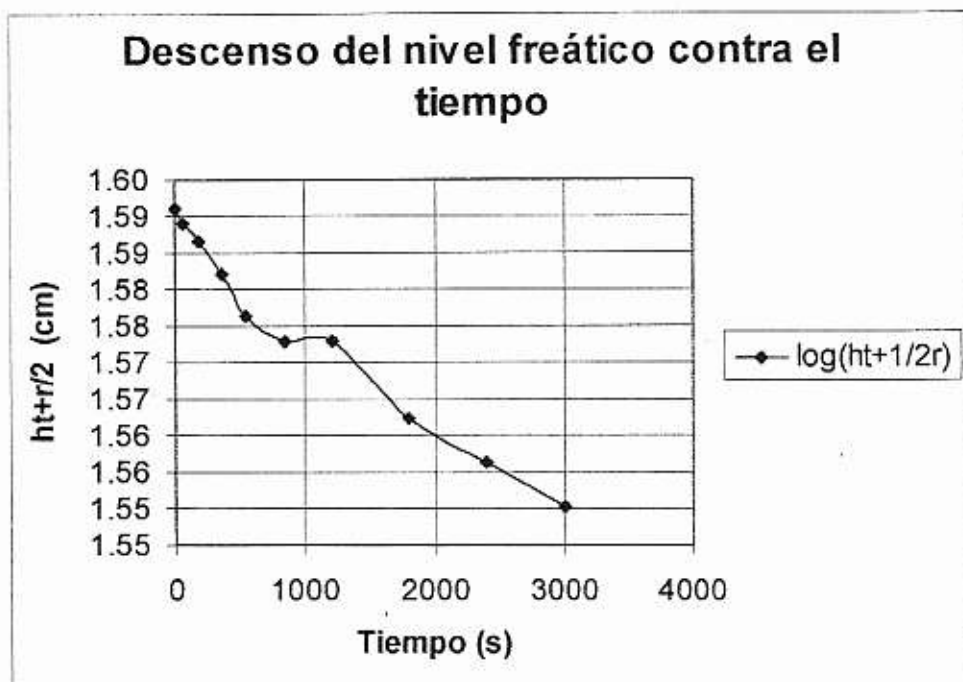


Figura 22. Descenso del nivel freático contra el tiempo en muestra 3.

$$t_0 = 1200 \text{ s} \quad \log(h_0 + r/2) = 1.57$$

$$t = 3000 \text{ s} \quad \log(h_t + r/2) = 1.55$$

$K = 1.15(5)(1.57 - 1.55)/(3000 - 1200) = 0.00006388 \text{ cm/s} = 0.055 \text{ m/d}$
 Textura = Clay loam, clay (poorly structured) rango de K 0.002 – 0.2 m/d

7.12 Determinación de la evapotranspiración

CUADRO 14. Resultados de la evapotranspiración utilizando el método de Hargreaves de la Estación: Cubulco, Baja Verapaz.

	Enero	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tm	21	26	24	25	24	21	24	24	22	24	22	19
Hh	66	55	55	58	65	74	71	70	72	75	77	68
p	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25
d	0.031	0.0312	0.0324	0.034	0.035	0.035	0.035	0.034	0.0336	0.0324	0.0312	0.03
k	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Et	2.32	3.80	3.65	3.68	3.05	1.98	2.52	2.52	2.16	2.03	1.65	1.90
Etmensual	71.97	106.52	113.05	110.31	94.44	59.41	78.25	78.16	64.71	62.81	49.36	58.93
Lluvia	11.10	2.50	9.40	52.20	136.20	222.80	142.60	178.10	198.60	88.60	41.10	13.30

7.13 Balance hídrico

El balance hídrico del suelo en equilibrio con el clima, se determinó como forma de cuantificar la situación hídrica de una área determinada en un intervalo de tiempo dado. Para calcularlo se utilizó la lamina disponible $d_i = 110 \text{ mm}$ y los datos climáticos de la Estación Cubulco, así como los resultados de la evapotranspiración mostrados anteriormente.

CUADRO 15. Balance hídrico

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
Etp	71.97	106.52	113.05	110.31	94.44	59.41	78.25	78.16	64.71	62.81	49.36	58.93	947.93
Lluvia	11.10	2.50	9.40	52.20	136.20	222.80	142.60	178.10	198.60	88.60	41.10	13.30	1096.50
Lluvia - Etp	-60.9	-104.0	-103.7	-58.1	41.8	163.4	64.3	99.9	133.9	25.8	-8.3	-45.6	
Di	0.0	0.0	0.0	0.0	41.8	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	101.7	56.1	
Exceso	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	95.1	64.3	99.9	133.9	25.8	0.0	0.0	419
Déficit	60.9	104.0	103.7	58.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	326.7

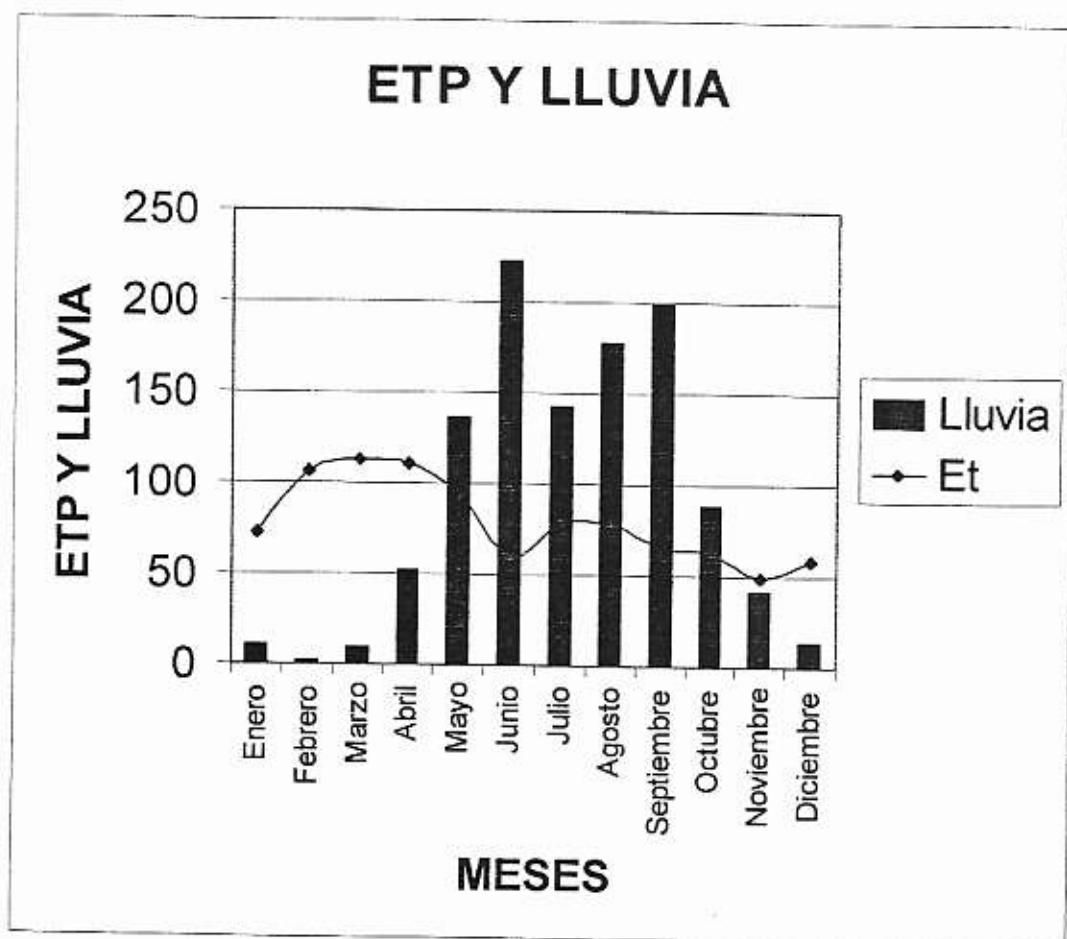


Figura 23. Relación de la evapotranspiración potencial y la lluvia

El periodo de déficit marca el lapso en el cual los cultivos dependerán del riego, y permite conocer la lamina de agua que representa la necesidad de riego.

7.14 Diseño agronómico

CUADRO 16. Datos previos al diseño agronómico

DISEÑO AGRONÓMICO		
CULTIVO:	VARIOS	
DATOS DE CLIMA:		
ETP (cuadro No.) -Etp-	mm/día	5.5
Humedad relativa -Hr-	%	60
DATOS DE PARCELA:		
Distancia entre hileras -dh-	metros	1.20
Distancia entre plantas -dp-	metros	0.40
DATOS DEL CULTIVO		
Coefficiente del cultivo Kc	coeficiente	1
Profundidad radicular -Zr-	metros	0.50
Umbral de riego -Ur-	%	50
DATOS DEL SISTEMA DE RIEGO		
Método	Aspersión	
Caudal de Emisor -Qe-	Lt/hora	450
Presión de operación -P-	Metros (altura)	32.00
Eficiencia del sistema -Ef-	%	75.00
Máximo de horas de operación por día -Hd-	horas	24.00
Espaciamiento entre emisores -de-	metros	12.00
Espaciamiento entre laterales -dl-	metros	12.00
Angulo de cobertura -Ang-	grados	360.00
Días de paro -D-	d	0.00
Diámetro efectivo humedecido -d-	metros	20.00
DATOS DEL SUELO		
Textura	Franco arcillo arenoso	
Capacidad de campo -CC-	%	18.35
Punto de marchites permanente -PMP-	%	8.68
Peso específico aparente -Pea-	gr./cc	1.08
Infiltración básica -Inf-	mm/h	3.1
Profundidad efectiva del suelo -Pr-	metros	0.70
DATOS DE LA FUENTE DE AGUA		
Fuente de agua		Río
Caudal	m ³ /h	73.00

CUADRO 17. Resultados del diseño agronómico

RESULTADOS DISEÑO AGRONÓMICO			
DESCRIPCION	FORMULA	UNIDADES	RES
Espaciamiento área	$dh \cdot dp$	Metros ²	0.48
Espaciamiento de la red	$dl \cdot de$	Metros ²	144
Ld _{zr} Lamina disponible en zona radicular	$(\%Cc - \%Pmp) \cdot Pea \cdot Zr \cdot 10$	mm/zr	52.22
Vd _{zr} Volumen de agua disponible zona radicular	$Ld_{zr} \cdot 10$	m ³ /Ha/zr	522.18
Laz _r Lamina aprovechable a la profundidad radicular	$Ld_{zr} \cdot Ur$	mm/zr	26.11
Par Porcentaje del área bajo riego		%	100%
Phr Precipitación horaria del sistema de riego	$Qe / (Es \cdot Par)$	mm/h	3
Etc Uso consuntivo	$Etp \cdot kc$	mm/día	5.50
Ir Intervalo de riego	$(Laz_r / Etc) \cdot Par$	D	4.75
Ir _{aj} Intervalo de riego ajustado-		D	5.00
CR Ciclo de riego	$Ir - D$	D	5.00
LR _{aj} Lamina de riego ajustado	$(Ir_{aj} \cdot Etc) / Par$	mm	27.50
Pa Porcentaje del agua aprovechada	$LR(aj) / Ld_{zr}$	%	52.66%
LB Lamina bruta	$LR(aj) / Ef$	mm	36.67
DB Dosis riego bruta	$LB \cdot Par \cdot 10$	m ³ /Ha	366.67
Ht Horas de riego por turno	LB / Phr	h/turno	11.63
Td Máximo número de turnos de riego diarios	Hd / Ht	Turno/día	2.06
Hd Horas de riego por día	$Td \cdot Ht$	h/día	23.26
Hc Horas de turno por ciclo	$CR \cdot Hd$	h/ciclo	116.30
Tc Número de turnos por ciclo	$CR \cdot Td$	Turnos/ciclo	10.00
St Superficie bajo riego por turno	Sr / Tc	Ha/turno	2.30
DBt Dosis de riego bruta por turno	$St \cdot DB$	m ³ /turno	843
Qr Caudal requerido	DBt / Ht	m ³ /h	73
E _{mt} Número de emisores por turno	$(Qr \cdot 1000) / qe$	e/turno	160
VBc Volumen bruto por ciclo de riego	$DBt \cdot Tc$	m ³ /ciclo	8,433
Qe Caudal específico	$Qr / \text{Área bruta}$	m ³ /Ha/h	1.45

7.15 Diseño hidráulico

El diseño de las tuberías empieza desde la captación de la fuente en la presa del río San Luis, captando un caudal de 15 L/s, el diseño hidráulico fue basado en las formulas de Hazen Williams y en los criterios respecto a las velocidades permitidas y las presiones requeridas por los aspersores. El diámetro de tubería inicia con 6 pulgadas, los diámetros en la conducción se mantuvieron entre 5 y 6 pulgadas, las velocidades en un rango de 0.8 a 2.5 m/s y las presiones estática y dinámica no subieron de los 160 psi, debido a la colocación de 5 cajas rompe presión. En el diseño se recolectan 4 L/s en la estación R19 y otros 4 L/s en la estación R73, con lo que la tubería de conducción sigue su camino con 23 L/s hasta llegar a la zona de riego. El sistema de riego se diseño de gravedad aspersión, por lo que no necesitara de equipo de bombeo. La longitud de la tubería desde la toma hasta la ultima parcela es 11.32 kilómetros. Los cálculos y planos del diseño hidráulico se muestran en apéndices, una parte del inicio del diseño hidráulico se da a conocer en el cuadro 18, donde los datos que dieron origen a los cálculos son las cotas del terreno, las longitudes entre estaciones y los caudales.

Cuadro 18. Inicio del diseño hidráulico

EST.	PC	DIAMETRO (pulg)	CAUDAL L/s/seg	LONGITUD (m)	Vel (m/seg)	Hf (m)	0.1Hf (m)	Hftotal (m)	GOTA DEL TERRENO	COTA PIEZOM	CARGA dinamica (PSI)	Carga Est. (PSI)
	R2			0.00					999.61	999.61	0.00	0.00
R2	R6	6.00	15.00	8.60	0.8223	0.0341	0.0034	0.0375	999.00	999.57	0.81	0.87
R6	R7	6.00	15.00	7.04	0.8223	0.0279	0.0028	0.0307	998.64	999.54	1.28	1.38
R7	R8	6.00	15.00	5.85	0.8223	0.0232	0.0023	0.0255	998.53	999.52	1.41	1.54
R8	R9	6.00	15.00	6.38	0.8223	0.0253	0.0025	0.0278	998.48	999.49	1.43	1.60
R9	R10	6.00	15.00	4.46	0.8223	0.0177	0.0018	0.0194	998.31	999.47	1.65	1.85
R10	R11	6.00	15.00	8.35	0.8223	0.0331	0.0033	0.0365	998.34	999.43	1.55	1.80
R11	R12	6.00	15.00	11.29	0.8223	0.0448	0.0045	0.0492	998.38	999.38	1.42	1.75

7.16 Diseño de obras de infraestructura hidráulica

7.16.1 Muro de contención

Se construirá un muro, una estructura de mampostería de concreto de altura 1 metro sobre la superficie del terreno y 60 cm. de cimentación, en vez de la actual presa del río San Luís, con el objeto de retener cierta cantidad de agua y evitar la fuga del agua captada. El muro será de 1 metro con el fin de que las crecidas del río sigan su camino después de pasar el metro de altura del muro.

7.16.1.1 Drenaje del muro de captación

Se ubicara en la base del muro, arriba del cauce del río con el objeto de liberar la sedimentación que se aglomera en el cauce del río.

7.16.2 Caja de captación

Se construirá una caja de captación, es una estructura de mampostería de concreto con el objeto de reunir el agua que viene del río San Luís, transportando el agua desde el muro de contención hacia la caja de captación. Ver figura A, costos y detalles estructurales en tabla.

7.16.3 Caja de reunión de caudales

Se construirán 2 cajas reunidoras de caudales, una en la estación R19 y otra en la R73; estas estructuras tienen como fin reunir el agua que de diferentes nacimientos con el agua que viene desde la presa del río San Luís. Ver figura A, costos y detalles estructurales en tabla. Ver figura A y costos y detalles estructurales en tabla.

7.16.4 Desarenador

Se colocara un desarenador en la estación R73, después de la segunda caja reunidora de caudales. El desarenador es una estructura de concreto que tiene la finalidad de quitar la arena que arrastran ríos y quebradas. Ver figura y costos y detalles estructurales en tabla El desarenador estará formado por:

- Bay pass
- Válvula de compuerta de entrada
- Cámara de entrada
- Vertederos
- Cámara de sedimentación
- Cortinas
- Cámara de salida

7.16.5 Válvula de aire

Se necesitaran 11 válvulas de aire. Las válvulas de aire se colocan en los puntos mas altos de la tubería de conducción, permite el escape de aire acumulado en las tuberías evitando la formación de bolsas que obstaculizan el paso de agua. Las siguientes estaciones fueron seleccionadas para colocar las válvulas de aire:

1. E-25
2. R-64
3. E-96
4. R-274
5. E-288
6. E-301
7. E-304
8. E-306
9. E-312
10. E-315
11. E-320

7.16.6 Válvula de limpieza

Las válvulas son dispositivos o mecanismos de control que se utilizan para regular o cortar el flujo de líquidos o gases, también se usan para permitir el flujo en un sentido e impedirlo en sentido

contrario. A estas válvulas se les hace una caja protectora, ver tabla de costos y detalles estructurales y figura.

Las válvulas de limpieza se colocan en los puntos más bajos de la tubería de conducción y descargan en los canales naturales de drenado o vierten hacia una fosa, desde donde el agua puede bombearse al drenaje. Los puntos seleccionados fueron los que se encuentran en las siguientes estaciones:

1. R-63
2. R-79
3. E-100
4. R-258
5. E-294
6. R-283
7. R-184
8. R-243

7.16.7 Caja rompe presión

Son estructuras destinadas a disipar la energía del agua conducida en tubería a presión cuando estas han bajado grandes alturas. Se colocaran 5 cajas rompe presión. Ver figura y tabla de costos y detalles estructurales. Dos criterios fueron analizados para la colocación de estas cajas: El primero fue la presión requerida para que trabajen los aspersores y el segundo en toma de decisiones en base a la economía del sistema. Las estaciones seleccionadas para la colocación de las cajas rompe presión son las siguientes:

1. R-94
2. E-118
3. R-256
4. R-276
5. E-316

7.16.8 Paso aéreo

Esta estructura tendrá el propósito de salvar grandes depresiones de terreno. Debido a la topografía del lugar se seleccionaron 4 pasos aéreos, para transportar el agua de un punto a otro. Dos pasos aéreos serán de 18 metros de largo y los otros dos de 10 metros. Estas estructuras se contemplaran de tubería HG, soportados por cable galvanizado sujeto a dos columnas de concreto reforzado, con sus respectivos anclajes de concreto ciclópeo.

Los puntos donde se necesitaran los pasos aéreos se encuentran en las siguientes estaciones:

1. E-29 a R-63
2. E-40 a R-71
3. E-123 a E-124
4. R-281 a R-282

7.16.9 Paso de Zanjón

Las líneas de conducción y distribución a veces atraviesan zanjas naturales o quebradas, para ello se construyen estructuras que se llaman pasos de zanjón. Estas tienen la finalidad de proteger la tubería de la acción de crecientes de ríos ocasionales.

7.17 Análisis socio económico

7.17.1 Numero total de beneficiarios por familia

El número total de familias beneficiarias es de 224 y el numero de beneficiarios que existen por cada familia beneficiada se representa en los gráficos siguientes, lo que represente aproximadamente 1022 beneficiarios en total incluyendo hombres, mujeres y niños.

En las figuras 24 y 25 se puede apreciar que la mayoría de las familias de los beneficiarios se componen de 5 y 6 miembros.

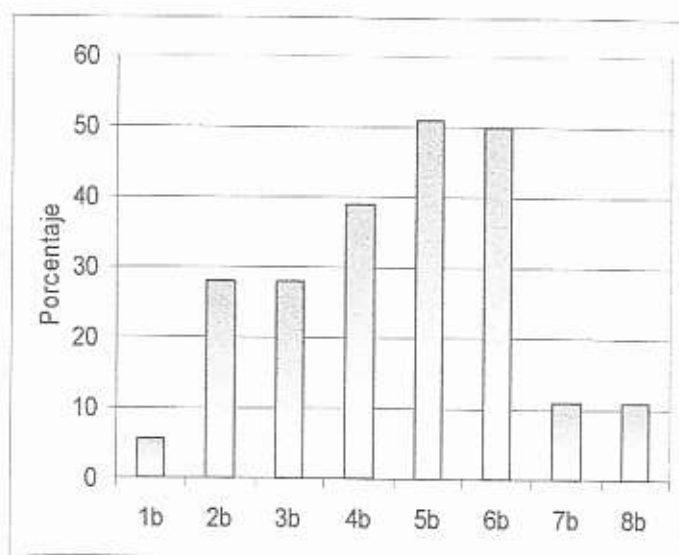


Figura 24. Numero de beneficiarios por familia

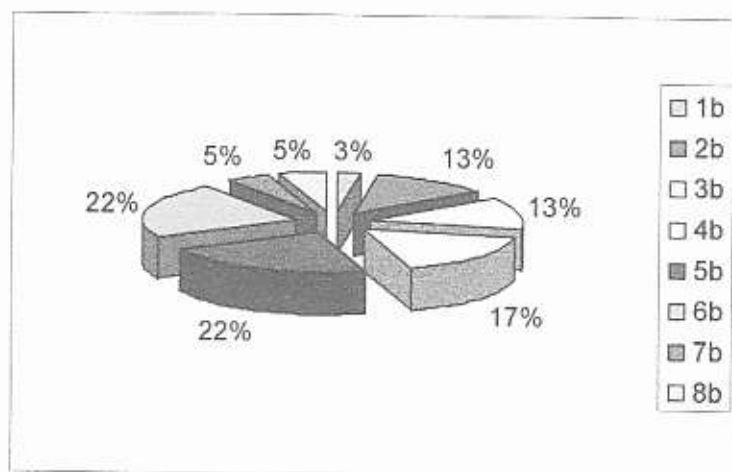


Figura 25. Porcentaje de familias según número de beneficiarios

En la figura 26 se puede apreciar que existen alrededor de 25% de niños menores de 13 años, un 12% de adolescentes entre los 14 y 17 años, según las encuestas el 100% de los niños van a la escuela, todos van a escuelas públicas.

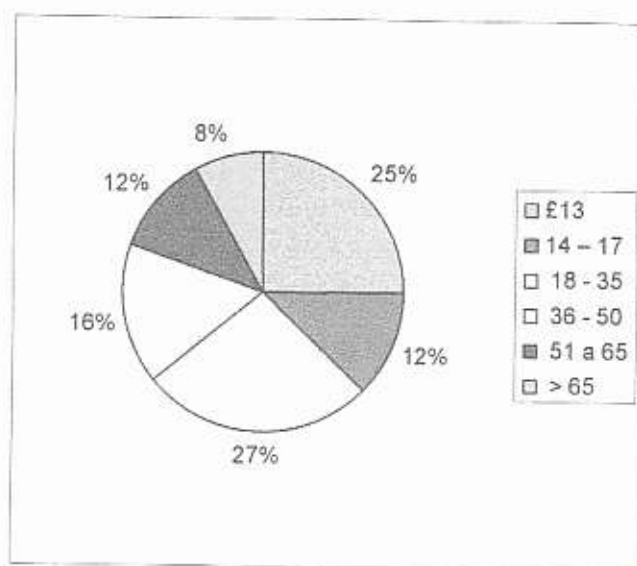


Figura 26. Edades de los miembros de la familia

En la figura 27 se puede apreciar el porcentaje de los miembros de la familia que trabajan, de las encuestas se pudo saber que todos los adultos trabajan y que los niños y adolescentes ayudan en la agricultura en la época que no van a la escuela.

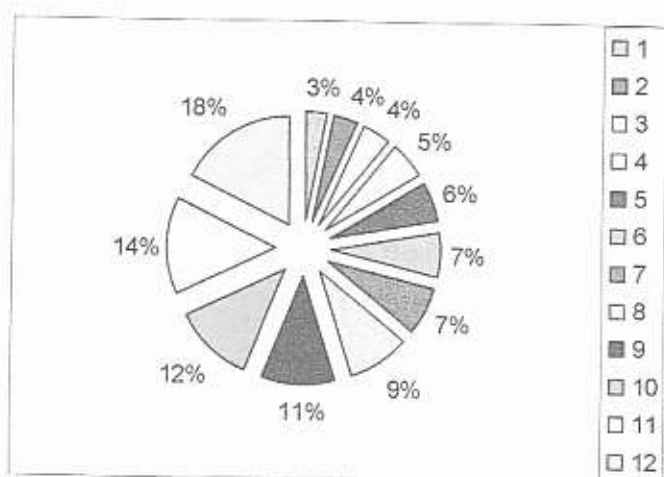


Figura 27. Porcentaje de los miembros de la familia que trabajan.

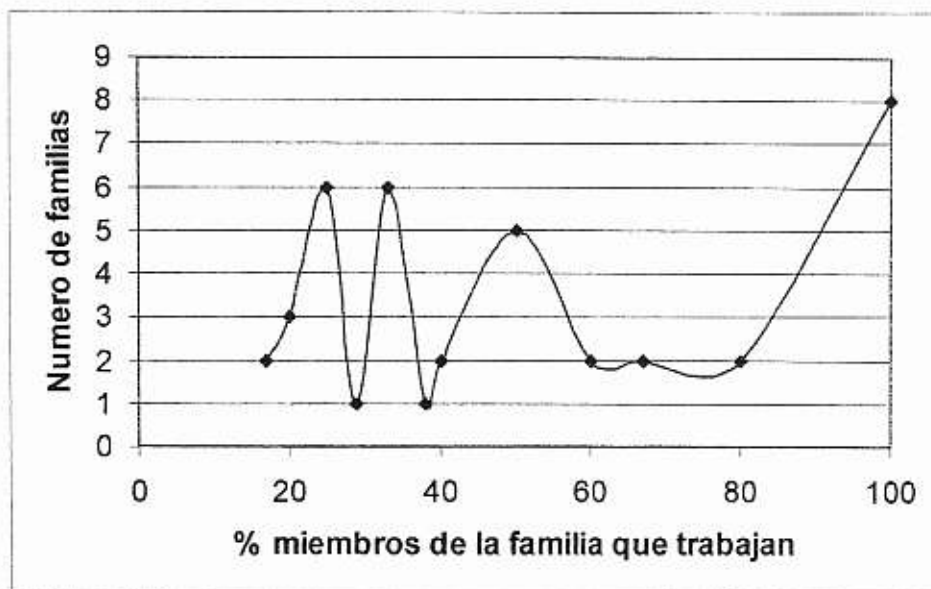


Figura 28. Numero de miembros de la familia que trabajan.

Aproximadamente 30% de los beneficiarios poseen ingresos en otras fuentes de trabajo como se muestra en la figura 29.



Figura 29. Otras fuentes de trabajo

Los beneficiarios pertenecen a un sector muy afectado, donde muchos no generan un salario, solamente viven de lo que cosechan esto se refleja en que aproximadamente el 68% de los beneficiarios no llegan a ganar los Q300 al mes en una familia, esto se refleja en la figura 30.

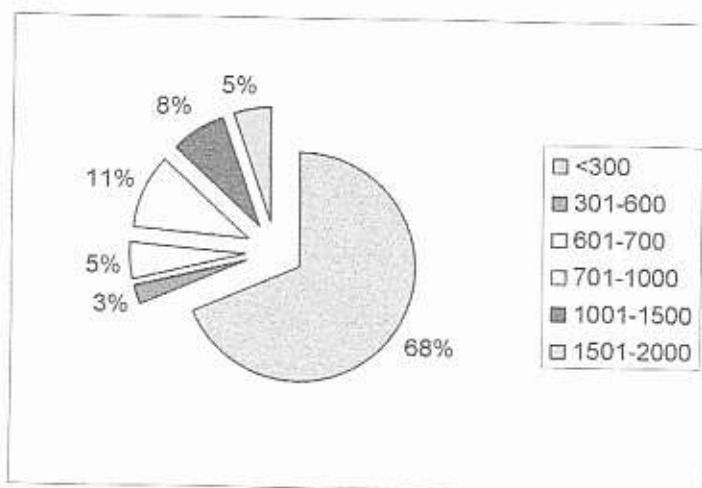


Figura 30. Ingreso promedio mensual de la familia

Datos de la vivienda

La mayoría de los beneficiarios tienen en su vivienda un techo fabricado de teja (87%), paredes de adobe (90%) y piso de torta cemento (62%), como se muestra en las figuras 31, 32 y 33.

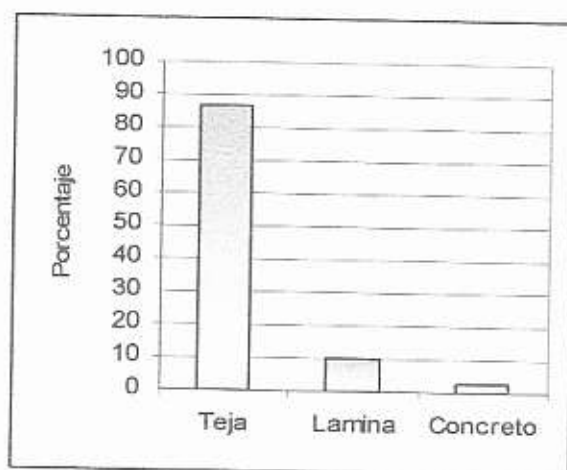


Figura 31. Material del techo

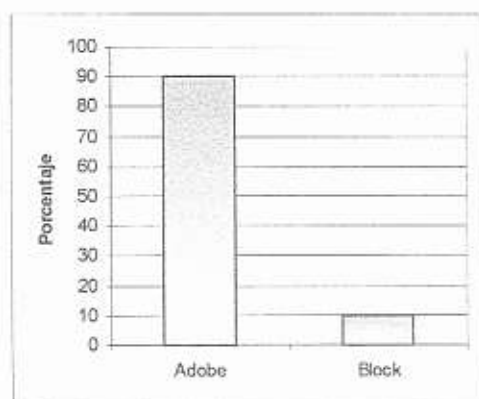


Figura 32. Material de las paredes

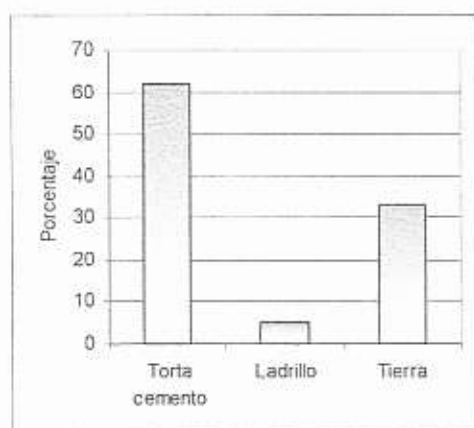


Figura 33. Material del piso

Transporte propio

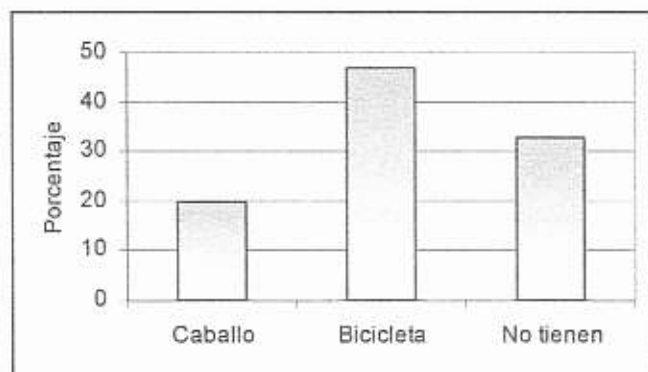


Figura 34. Transporte propio

Productos para el consumo o la venta

Aproximadamente el 82% de los productos son para el consumo y el 18% son destinados a la venta, una de las razones que explican los beneficiarios es que no les alcanza el agua para obtener suficientes productos para la venta.

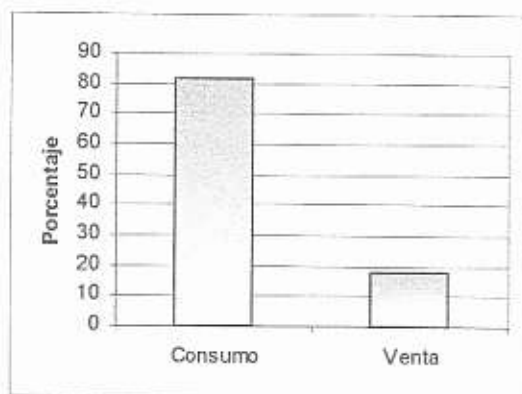


Figura 35. Porcentaje de productos a la venta y consumo

Alimentos que consumen regularmente

Según datos de los beneficiarios, consumen regularmente: Arroz, frijol y tortillas, frutas. Son escasos los que adicionalmente a estos alimentos pueden consumir otros, entre estos consumen carne o pollo una vez a la semana, fideos, verduras, queso y leche.

Servicios de los que dispone la comunidad

En 1972 se inauguraron la clínica médica y el programa de letrización en la Aldea Chiticoy, actividad patrocinada por el programa nacional de desarrollo de la comunidad de la Presidencia de la República. El martes 9 octubre 1973 se inauguró el moderno edificio de la escuela, edificada de block. Abarca una área de construcción de 168.08 m², además de sus servicios. Puede recibir 200 alumnos en dos jornadas y su costo fue de Q3, 163.31; la construcción estuvo a cargo del comité nacional pro-construcción de escuelas.

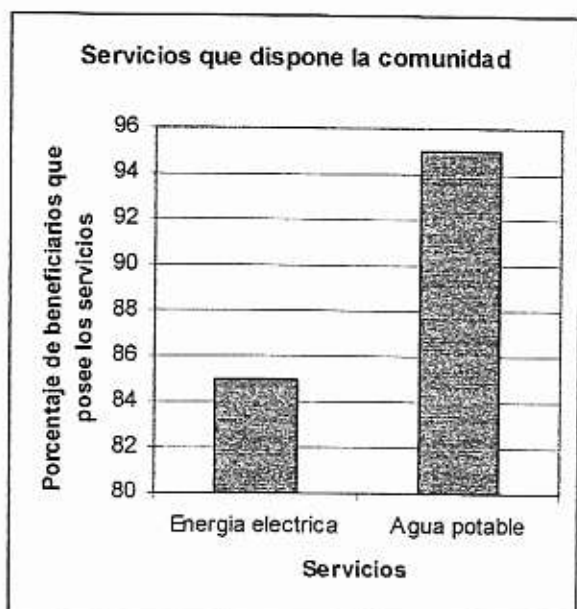


Figura 36. Servicios en la comunidad

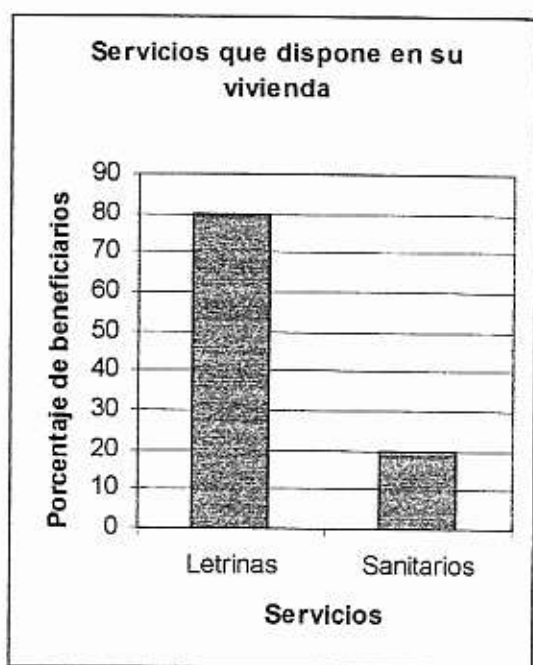


Figura 37. Servicios que dispone en la vivienda