



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE
UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN EL VIVERO
FORESTAL DE LA MUNICIPALIDAD DE MIXCO, GUATEMALA**

Diego Andrez Lemus García

Asesorado por el Ing. José Manuel Prado Abularach

Guatemala, octubre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE
UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN EL VIVERO
FORESTAL DE LA MUNICIPALIDAD DE MIXCO, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DIEGO ANDREZ LEMUS GARCÍA

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ MANUEL PRADO ABULARACH

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas
EXAMINADORA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN EL VIVERO FORESTAL DE LA MUNICIPALIDAD DE MIXCO, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial, con fecha diciembre de 2012.

Diego Andrez Lemus García

Guatemala, octubre de 2014.

Ingeniero:

Cesár Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad San Carlos de Guatemala

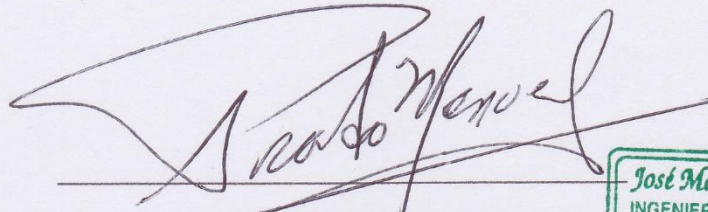
Respetable ingeniero:

Por este medio informo que he procedido a revisar el trabajo de graduación elaborado por el estudiante: Diego Andrez Lemus García con carne 2006-11411 de la carrera de Ingeniería Industrial, cuyo título es:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN EL VIVERO FORESTAL DE LA MUNICIPALIDAD DE MIXCO, GUATEMALA

Considero que el trabajo presentado por el estudiante ha sido desarrollado cumpliendo con los reglamentos y siguiendo las recomendaciones de asesoría, por lo que doy mi aprobación y solicito el trámite correspondiente.

Sin otro particular me suscribo de usted.



Ing. José Manuel Prado Abularach



Colegiado 867

Asesor



REF.REV.EMI.119.014

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPACITACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN EL VIVERO FORESTAL DE LA MUNICIPALIDAD DE MIXCO DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Diego Andrez Lemus García**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Nora Leonor Elizabeth García Tobar
Ingeniera Industrial
Colegiado No. 8121

Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial


Guatemala, julio de 2014.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN EL VIVERO FORESTAL DE LA MUNICIPALIDAD DE MIXCO, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Diego Andrez Lemus García**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2014.

/mgp



DTG. 578.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN EL VIVERO FORESTAL DE LA MUNICIPALIDAD DE MIXCO, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Diego Andrez Lemus García**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 23 de octubre de 2014

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Quien es mi guía y proveedor, al cual debo todo lo que soy.
Mis padres	Oscar Armando Lemus Hernández y Sandra Azucely García Méndez
A mis hermanas	Alejandra, Guísela y Roció Lemus.
Mis amigos	En especial a Sandra Barrios, Mynor Pérez, Cesar Solís.
Mi familia en general	Con mucho afecto.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por proveer siempre en mi camino y nunca dejar de amarme.
Mis padres	Por su apoyo incondicional, confianza y el amor que me demostraron.
Mis hermanas	Alejandra, Guísela y Roció Lemus que siempre demostraron su apoyo y apego a esta meta.
Mi asesor	Ing. José Manuel Prado, por toda la colaboración en la asesoría, revisión y corrección del presente trabajo.
La Municipalidad de Mixco	En especial al Departamento de Áreas Verdes y Medio Ambiente, por permitirme desarrollar este trabajo de graduación en su localidad y el apoyo brindado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ESTUDIO DE MERCADO	1
1.1. Antecedentes históricos.....	1
1.2. Descripción del producto	3
1.3. Características generales del producto	5
1.3.1. Variedades del producto	5
1.3.2. Alternativas de uso	9
1.4. El producto en el mercado.....	10
1.4.1. Descripción específica del producto	14
1.5. Área del mercado	17
1.5.1. Descripción del área geográfica	19
1.5.2. Población	21
1.6. Análisis de la demanda.....	22
1.6.1. Demanda histórica y actual.....	22
1.7. Análisis de la oferta	25
1.7.1. Oferta histórica y actual	25
1.8. Fracción del mercado a captar	27
2. ESTUDIO TÉCNICO	29

2.1.	Infraestructura básica.....	29
2.2.	Especificaciones técnicas del vivero	30
2.3.	Especificaciones técnicas de los materiales	32
2.4.	Especificaciones técnicas del tanque.....	33
2.4.1.	Localización del tanque	35
2.4.2.	Volumen del tanque	36
2.4.3.	Dimensiones y secciones del tanque	38
2.4.4.	Bomba de agua	39
2.5.	Estimación del requerimiento de agua	40
2.5.1.	Cantidad de agua necesaria para el riego.....	41
2.5.2.	Área techada necesaria para cubrir la demanda.....	41
2.6.	Descripción del proceso	44
2.6.1.	Diagrama del flujo del proceso	45
2.6.2.	Capacidad de producción de agua.....	46
2.7.	Recursos físicos para llevar a cabo el proceso	46
2.7.1.	Herramientas.....	47
2.7.2.	Equipo de protección.....	49
3.	ESTUDIO ADMINISTRATIVO-LEGAL Y DE SOSTENIBILIDAD	53
3.1.	Funciones generales del Departamento de Áreas Verdes en el vivero.....	53
3.2.	Estructura organizacional.....	53
3.2.1.	Organigrama y descripción de puestos	58
3.2.2.	Misión, visión y objetivos	59
3.3.	Aspectos legales y reglamentos para el establecimiento del vivero.....	61
3.4.	Empresa sostenible.....	62
3.4.1.	Sostenibilidad laboral	63
3.4.2.	Sostenibilidad ambiental.....	64

3.4.3.	Sostenibilidad económica	65
4.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	67
4.1.	Justificación ambiental.....	67
4.2.	Impactos negativos al ambiente	68
4.3.	Impactos positivos	69
4.4.	Impacto socioeconómico	70
4.5.	Medidas de mitigación.....	71
4.6.	Impacto sobre la productividad de los viveros	73
5.	ESTUDIO ECONÓMICO	75
5.1.	Inversiones iniciales del proyecto	75
5.1.1.	Costo de los materiales	76
5.1.2.	Costo de las herramientas.....	79
5.2.	Costo de producción.....	81
5.3.	Costo de mantenimiento.....	82
5.4.	Costos de administración	83
5.5.	Justificación ético-social-ambiental	84
6.	ESTUDIO SOCIAL	87
6.1.	<i>Stakeholders</i> del vivero	87
6.2.	Bien común, parques y jardines beneficiados	88
6.3.	Población que disfruta de los parques y jardines	89
6.4.	Recursos naturales restaurados.....	91
6.5.	Empleados indirectos del vivero con la municipalidad.....	93
6.6.	Código de valores de los empleados para el vivero	93
6.7.	Responsabilidad social empresarial	95
6.8.	Relación costo eficiencia	96

CONCLUSIONES.....97
RECOMENDACIONES99
BIBLIOGRAFÍA..... 101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ejemplo de los módulos de un sistema de captación de agua de lluvia... ..	3
2.	Ejemplo de un sistema de captación de agua de lluvia.....	8
3.	Sistema captación de agua de lluvia Plaza El Amate ciudad Guatemala.....	11
4.	Plantas producidas en vivero Forestal	20
5.	Ejemplos de plantas producidas en viveros frutales	20
6.	Superficie afectada por incendios forestales (Ha) 1	24
7.	Superficie afectada por incendios forestales (Ha) 2.....	26
8.	Superficie de tierras reforestadas (Ha).....	27
9.	Vista aérea del vivero en El Manzanillo, Mixco	30
10.	Instalaciones del vivero municipal 1	31
11.	Instalaciones del vivero municipal 2.....	31
12.	Entrada a las instalaciones del vivero municipal	36
13.	Dimensiones de la cisterna	38
14.	Secciones de la cisterna	39
15.	Diagrama de bombeo de agua almacenada	40
16.	Método gráfico para obtener el volumen de agua captada (litros) por unidad de superficie (m ²)	44
17.	Organigrama del vivero municipal.....	59

TABLAS

I.	Acumulados mensuales de lluvia en milímetros (mm) 10 años	13
II.	Densidad población departamento de Guatemala habitantes por Km ²	21
III.	Distribución de la cobertura boscosa por departamento, Guatemala ...	23
IV.	Acumulados mensuales de lluvia en milímetros (mm).....	37
V.	Volumen de agua captado en litros con relación al área de captación y a la precipitación pluvial promedio	43
VI.	Herramientas necesarias para la construcción del proyecto de captación de agua de lluvia	47
VII.	Contenido del botiquín de primeros auxilios	51
VIII.	Estructura organizacional	54
IX.	Beneficio económico.....	71
X.	Inversión inicial	76
XI.	Costo de los materiales	77
XII.	Costo lámina poliacryl.....	78
XIII.	Costo lámina de policarbonato	78
XIV.	Costos para lámina PET	79
XV.	Costo de herramientas.....	80
XVI.	Costo de producción	82
XVII.	Costo mantenimiento lámina policarbonato	82
XVIII.	Costo mantenimiento lámina poliacryl GC	83
XIX.	Costo mantenimiento lámina PET.....	83
XX.	Costos administrativos.....	84

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura
W	Ancho
a	Ancho del techo, m
A	Área de captación, m ²
Dj	Demanda mensual, m ³ mes-1
L	Largo
b	Largo del techo, m
M	Meses con sequia
J	Número del mes con lluvia
Aec	Suma de las precipitaciones netas medias mensuales
V Cisterna	Volumen mínimo de la cisterna, m ³

GLOSARIO

Acuíferos	Es el estrato permeable que permite la circulación y el almacenamiento del agua subterránea.
Alquitrán	Materiales orgánicos que pueden encontrarse en la naturaleza u obtenerse de la destilación del carbón o del refinado del petróleo.
Captación	Extrae y/o recoge el agua de la naturaleza para su utilización. Conducción por arterias y conducciones primas.
CO2	Denominado dióxido de carbono, gas carbónico y anhídrido carbónico, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO ₂ .
Faena	Actividad, tarea o trabajo, especialmente el que requiere esfuerzo físico.
Filantropía	Es una forma constructiva expresada en la ayuda desinteresada a los demás. Los donativos a organizaciones humanitarias, personas, comunidades, o trabajando para ayudar a los demás, directamente o a través de organizaciones no gubernamentales con fines no lucrativos, así como lo

es el trabajo de voluntario para apoyar instituciones que tienen el propósito específico de ayudar a los seres vivos y mejorar sus vidas, son considerados actos filantrópicos, siempre y cuando no estén movidos por intereses.

PET

Es una botella de plástico, que se puede denotar como un envase ligero muy utilizado en la comercialización de líquidos en productos como de lácteos, bebidas o limpia hogares.

PVC

Sus siglas significan Poli cloruro de Vinilo, se caracteriza por ser dúctil y tenaz; presenta estabilidad dimensional y resistencia ambiental. Además, es reciclable por varios métodos.

Regadío

Consiste en el suministro de importantes cantidades de agua a los cultivos a través de diversos métodos artificiales de riego.

Tinacos

Son los depósitos donde la mayoría de las personas almacenamos el agua que se bebe y utiliza para preparar los alimentos, para el aseo personal y las labores domésticas.

RESUMEN

La captación y reuso de agua de lluvia en los viveros puede verse como una solución. El desarrollo urbano también está afectando esta situación debido a que han aumentado las zonas impermeables, a la vez que se han destruido los ecosistemas naturales que ayudaban a absorber el agua de lluvia. El agua es un líquido vital por naturaleza, ha sido un factor determinante para la evolución humana. La escasez del agua es un problema que atañe a toda la población de Guatemala, aunque el agua es un elemento que abunda en grandes cantidades en la tierra no toda es de calidad potable, ni puede ser utilizada para satisfacer otras necesidades como son los viveros.

Aprovechar el agua de lluvia permite tener líquido de calidad para diferentes usos no potables como: limpieza, procesos industriales, sanitarios, riego y recargar las reservas subterráneas. También al detener y retener el escurrimiento pluvial, se evita que se saturen drenajes y que aumenten el flujo de agua en zonas urbanas, mitigando los efectos de inundaciones. De igual forma, al evitar que escurra por superficies contaminadas y que arrastre las basuras que se encuentran en las zonas impermeables, previene la contaminación de cauces naturales y también de las reservas subterráneas.

Ahora ante el reto que supone el aumento de la población y la escasez del suministro, tanto en las zonas urbanas como rurales, la captación de agua de lluvia y nuevos sistemas para su correcta gestión, vuelven a verse como una solución para ahorrar y aumentar las reservas de agua.

Es importante denotar que el agua de lluvia es un recurso gratuito y fácil de mantener. Relativamente limpio que se puede utilizar en actividades que no requieran de su consumo.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un estudio de factibilidad para la creación de un sistema de captación de agua pluvial en el vivero forestal de la Municipalidad de Mixco, Guatemala.

Específicos

1. Proporcionar tecnología que contribuya a mejorar las condiciones de operación y uso sustentable de los recursos naturales del vivero forestal de la aldea de El Manzanillo, municipio de Mixco.
2. Abastecer de agua para el riego a través de la implementación de un sistema de captación de agua pluvial en el vivero forestal.
3. Mejorar el aprovechamiento del agua en los sistemas de riego, utilizando materiales y herramientas comunes de fácil acceso.
4. Minimizar costos para la construcción de un sistema de capacitación de agua pluvial.

INTRODUCCIÓN

El agua dulce como recurso natural es fundamental para la vida no solo para suplir necesidades básicas, sino también para impulsar el desarrollo económico de un país, la actividad agrícola es fundamental entre las comunidades guatemaltecas, mas no obstante se ve afectada por el difícil acceso a este valioso recurso, porque no siempre se tiene o este es limitado en la región debido a múltiples factores.

El aprovechamiento del agua pluvial no es un tema nuevo ya que se viene practicando desde hace miles de años en culturas pasadas, en las cuales era fundamental para su existencia, actualmente se vió olvidada debido a la explotación de mantos acuíferos que han abastecido a la población, ante la creciente población y la escasez de este suministro, la capacitación de agua pluvial y nuevos sistemas para su correcta utilización podrían ser la solución para abastecer de dicho recurso.

Entre la diversidad de viveros que se manejan en la actualidad según su función, se encuentran los viveros forestales, encargados de la producción de semillas de diferentes tipos de árboles y plantas, hasta llegar a un crecimiento adecuado, para su posterior utilización en la reforestación de áreas explotadas por el hombre en la producción de diferentes bienes.

En Guatemala este tipo de viveros está a cargo de las municipalidades, en las cuales desarrollan dicha actividad para reforestar o crear áreas verdes, la Municipalidad de Mixco atendiendo a esta responsabilidad, tiene un vivero

situado en la aldea El Manzanillo zona 1 de Mixco, a cargo de la Secretaría de Áreas Verdes y Medio Ambiente en el cual se lleva dicha actividad.

Uno de los problemas que se tiene en dicho vivero es la falta de un abastecimiento constante de agua para el riego, por lo cual las autoridades correspondientes han pensado dar solución a dicho problema. Por lo que se desea hacer un estudio de factibilidad para un sistema de captación de agua pluvial.

El presente trabajo se enfoca en realizar un documento de factibilidad para la construcción de un sistema de captación de agua pluvial, donde los estudios propongan herramientas necesarias para enfrentar y resolver dicha problemática.

1. ESTUDIO DE MERCADO

1.1. Antecedentes históricos

El aprovechamiento de agua de lluvia es una solución eficaz para la escasez de agua en algunas comunidades, tal tradición se viene practicando desde miles de años. A través de la historia muchas culturas desarrollaron distintos métodos para recolectar y utilizar el agua de lluvia, pero con la urbanización y las crecientes ciudades el agua entubada extraída de pozos alrededor, era la solución más sencilla para abastecerse de este recurso dejando en discontinuo uso estos métodos y pareciéndolos ser obsoletos.

Ante una creciente población en el municipio de Mixco del departamento de Guatemala, aproximadamente de 462 753 habitantes y con ello el aumento de la demanda de este recurso y tanto para el consumo como para las actividades productivas, la dificultad para obtener dicho recurso para ambas zonas tanto las rurales como las urbanas, la captación de agua de lluvia y nuevos sistemas para su correcta gestión, vuelven a verse como una solución para ahorrar y aumentar las reservas de agua.

En la Municipalidad de Mixco, departamento de Guatemala, se extrae líquido de los pozos debido a la falta de lluvia. Estos pozos están ubicados alrededor del municipio y son aproximadamente 13 pozos artesanales de poca profundidad, los nacimientos de agua que abastecen el casco urbano de Mixco se observan a flor de tierra. Para poder abastecer de agua a las comunidades de Mixco, el área de infraestructura de la Municipalidad de Mixco, redistribuye

los horarios de abastecimiento entre dos y cuatro horas diarias de tal manera que se pueda cubrir la demanda y no agotar este recurso drásticamente.

Lamentablemente durante los últimos ocho años el problema se ha ido agudizando, a causa del mantenimiento de los pozos y de la red de distribución. Mucho del líquido se piensa que se pierde debido a fugas y tuberías en mal estado, en el caso de las tuberías, se deben cambiar, pero no es un proyecto que tengan planificado a mediano plazo. Por lo que una solución inmediata es la construcción de un sistema de captación de lluvia.

Una de las ventajas con las que cuenta, es que el 40 por ciento de las cordilleras están en Mixco, sin embargo uno de los temas principales a tratar es que aun cuando el municipio tiene la más grande reserva de la región, esta abastece a los vecinos de la capital y no a los mizqueños quienes no cuentan con un servicio adecuado y constante de líquido.

El territorio de Mixco posee una precipitación pluvial aproximadamente de 1 350 mm, pero el suelo solo capta el 35 por ciento.

Esta reserva tiene la capacidad de producir aproximadamente 21,8 millones de metros cúbicos de agua anual, que podrían abastecer a más de 300 mil personas. El problema más representativo es que las colonias están literalmente sin agua y los vecinos deben comprarla a camiones cisternas para sobrevivir, esto se debe a la mala administración del recurso hídrico.

Lo que se debe analizar hoy en día es que la recolección de agua de lluvia, es una práctica que se ha venido utilizando desde tiempos ancestrales en muchas partes del mundo y en diferentes culturas, demostrando ser un método eficaz en el ahorro de este suministro, estos métodos pueden ser utilizados

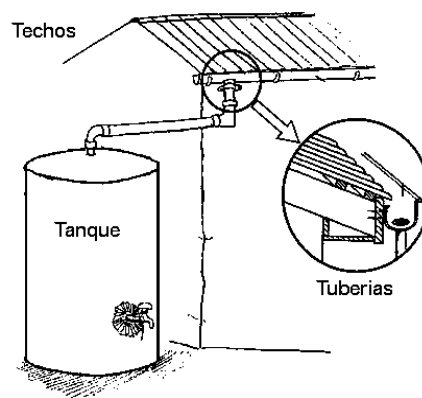
desde una familia que quiere recolectar agua de lluvia con un techo artesanal o de materiales improvisados, hasta un edificio con todas la comodidades construido para captar el agua de lluvia y ahorrar en el consumo de agua potable. Este método es al que se debe apuntar la Municipalidad de Mixco, Guatemala.

1.2. Descripción del producto

Los sistemas de captación de lluvia sirven para recolectar agua de precipitaciones, para poder ser utilizada posteriormente para diferentes usos básicos, sin previo tratamiento del agua, un ejemplo de estos sería la agricultura pero incluso si se somete a un sistema de filtración y purificación puede llegar a ser potable. El sistema puede captar tanta agua como precipitación se presente en el lugar y área techada, instalada para satisfacer la demanda.

La gran mayoría de los sistemas de captación de agua pluvial, están compuestos de 3 módulos que funcionan en conjunto, descritos a continuación.

Figura 1. **Ejemplo de los módulos de un sistema de captación de agua de lluvia**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Paint.

El primer módulo son los techos que son una de las partes fundamentales estas, pueden estar construidas de los siguientes 3 materiales:

- Láminas de Poliacryl GC
- Láminas de policarbonato
- Láminas fabricadas de botellas PET

Se eligen estos tres materiales con el fin de contar con excelente estructura que sea duradera, resistente, fácil de mantener y sobre todo que los costos no sean elevados, una característica fundamental de estos tres materiales es que se adapta a las necesidades del vivero, ya que filtra la luz por el día, puede contener ambientes de temperaturas variadas de acuerdo a las necesidades que estos viveros forestales presenten.

El segundo módulo son las tuberías y canaletas, estas distribuyen el agua de lluvia captada de los techos hacia el tanque de almacenamiento. Toda la tubería puede estar compuesta de PVC, un material duradero y muy manipulable para su instalación en el caso de conducción de agua.

El tercer módulo es el tanque de almacenamiento, este por lo regular está ubicado cerca del lugar de captación y almacena toda el agua recolectada y la mantiene disponible para su utilización en algunos sistemas, este tanque está al nivel del suelo, en algunos otros este es subterráneo, todo depende del diseño y su funcionalidad para poder utilizarla posteriormente.

1.3. Características generales del producto

Los sistemas de captación de agua pluvial en techos SCAPT por sus siglas, son los más utilizados, por sus características entre ellas están:

- Bajo costo de mantenimiento.
- Bajo costo de implementación.
- Su instalación es sencilla y escalable de forma modular.
- Libre de productos químicos.
- Al estar contruidos de materiales plásticos de gran calidad garantiza la máxima duración.
- Materiales no tóxicos que pueden perjudicar a los cultivos y al ambiente exterior.
- La mayoría de sus materiales son reciclables.
- La cosecha de agua se determina por la superficie captadora, entre la mayor sea la superficie mayor será la captación pluvial.
- Es un recurso esencialmente gratuito y totalmente independiente de las compañías suministradoras habituales.
- Infraestructura bastante sencilla para su captación, almacenamiento y distribución.

1.3.1. Variedades del producto

Existen varios métodos para la captación de agua de lluvia entre los cuales se destacan:

- Cosecha de lluvia

Es la práctica de recolectar y utilizar el agua de lluvia que se almacena de las superficies duras, tales como los techos o el escurrimiento de los suelos. Para poder captar agua de lluvia a través de este método es necesario que las superficies expuestas al agua permitan su escurrimiento, ya sea porque la superficie es impermeable o porque su capacidad de absorción es similar a terrenos con pendiente.

En el área rural las superficies expuestas a la lluvia son techos, calles y estacionamientos, por lo que las captaciones se pueden hacer con presupuestos pequeños de inversión. La conducción de los escurrimientos a los cuerpos de almacenaje se efectúa por medio de canales en techos, tuberías de lámina y/o PVC y canaletas con o sin rejillas en los pisos.

Depósitos para captar y almacenar agua de lluvia

- Tanques sobre el piso

Se pueden poner junto la casa para recibir el agua de lluvia que cae del techo, también se pueden usar tinacos para captar agua de lluvia. Los techos de paja no sirven porque atrapan mucha tierra que puede ensuciar el agua, los techos fabricados con plomo o alquitrán contienen químicos tóxicos que contaminan el agua; como en los techos caen hojas secas, tierra y excremento de aves se debe dejar que la primera lluvia del año escurra por el techo y lo lave.

- Los depósitos superficiales

Se usan para captar agua que escurre sobre el suelo. Es posible construir un depósito simple para almacenar agua al cavar un hoyo en la tierra y forrarlo con arcilla, azulejo, concreto o plástico. Estos depósitos sirven para darle agua al ganado o para tener agua para bañarse. Si un depósito se usa para almacenar agua para beber, debe cercarse para mantener fuera los animales y el agua debe purificarse para hacerla potable.

- Cisternas

Una cisterna es un depósito subterráneo que se utiliza para recoger y guardar agua de lluvia. Es una buena manera de mantener el agua fresca. También es más económico construir que comprar tanques.

- Tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento son estructuras de diversos materiales, por lo general de forma cilíndrica, que son usadas para guardar y/o preservar líquidos o gases a presión ambiente. Los tanques de almacenamiento suelen ser usados para almacenar líquidos, su utilización es para el almacenamiento a mediano o largo plazo de los productos y subproductos que se obtienen de sus actividades.

También se puede mencionar que se trata de tinacos o sistemas modulares en donde se conserva agua de lluvia captada, se pueden situar por encima o por debajo de la tierra. Deben ser de material resistente e impermeable, para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración y

estar cubiertos para impedir el ingreso de polvo, insectos, luz solar y posible contaminantes.

- **Tanques tormenta**

Es una infraestructura de alcantarillado consistente en un depósito dedicado a capturar y retener agua de lluvia, sobre todo cuando hay precipitaciones muy intensas, para disminuir la posibilidad de inundaciones en los casos en que la capacidad de escurrido de agua es menor que el volumen de lluvia.

Tiene además la función de hacer una predepuración al evitar que las primeras aguas, que son las más contaminadas -porque aunque la lluvia esté muy limpia, produce un lavado del asfalto, se viertan directamente a sistemas naturales acuáticos como por ejemplo, ríos, cuando realizan un proceso de depuración de aguas residuales, para que una vez descontaminada, el agua pueda ser vertida a corrientes o masas de agua para su aprovechamiento posterior.

Figura 2. Ejemplo de un sistema de captación de agua de lluvia



Fuente: CONANT, Jeff; FADEM, Pam. *La protección de agua de la comunidad*. p. 86.

1.3.2. Alternativas de uso

El techo construido puede tener varios usos que beneficiarían al vivero, cumpliendo distintas funciones agregándole valor al diseño. Cada una de estas funciones juega un papel fundamental para el desempeño en la producción del vivero. Se mencionan algunas de las que se consideran más importantes como lo son:

- **Cubierta protectora**

Uno de los principales usos que este tipo de estructura tiene es el de cubierta protectora, en algunos casos para un vivero es fundamental que en la producción de plantas se reduzca la intensidad del sol, para evitar el daño que causa la radiación solar directa sobre las planta.

En climas de sol fuerte como en Guatemala, es necesario brindar a las plantas un resguardo, para protegerlas y conservar más agua para la planta, reduciendo la evaporación. Algunas de las láminas o materiales utilizados para el techo cuentan con protectores ultra violeta, reduciendo la intensidad y controlando así la luminosidad del sol para las plantas.

- **Recolector de agua**

Es un punto fundamental para el vivero. El agua puede venir de un canal represa o pozo. En época de verano pueden usarse micro represas de captación para juntar y almacenar agua de lluvia. Para viveros muy pequeños se puede utilizar el agua de red, es decir agua entubada.

Debe contarse con una buena reserva para que una falta de ingreso de agua (falta de lluvias, o cortes de red), pueda comprometer la producción del vivero. El agua siempre debe estar asegurada al menos para una o dos semanas, por lo que es aconsejable una combinación de los métodos mencionados anteriormente.

- **Control del medio ambiente**

Muchas de las plantas producidas en el vivero requieren de un clima constante que muchas veces se ve afectado por variaciones climáticas del lugar, por lo que producir en un vivero puede servir como un invernadero que impida la entrada de agua de lluvia y vectores transmisores de virus.

El control de la luz húmeda y de la temperatura se obtiene con una combinación de puertas y ventanas que se puedan abrir, ventiladores, dispositivos de almacenamiento de calor y sensores que pueden generar las condiciones óptimas para la producción de plantas.

Usar un termómetro es la mejor forma de decidir cuándo abrir una ventana en el vivero. La temperatura óptima 10 °C a 27 °C. Abrir una ventana es la forma fácil de deshacerse del calor húmedo. Una brisa que atraviese el lugar se puede lograr abriendo otra puerta o ventana para crear corriente.

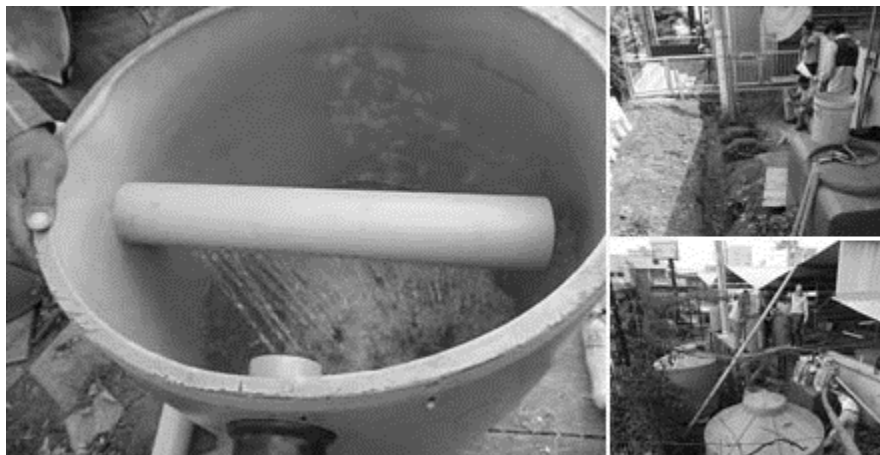
1.4. El producto en el mercado

La Municipalidad de Guatemala ya se encuentra trabajando en proyectos de cosecha de agua de lluvia uno de ellos es en la Plaza El Amate, el cual consiste en la captación de este líquido para utilizarse en los servicios sanitarios

y riego de plantas. Esta práctica ayuda en gran medida a ahorrar gran cantidad de agua.

El sistema de captación de agua pasa por filtros y luego llega a varios depósitos de donde se distribuye. La capacidad de captación del agua pluvial es de 5 000 litros, utilizan el diseño del techo inclinado para canalizar el agua hacia los depósitos.

Figura 3. **Sistema captación de agua de lluvia Plaza El Amate ciudad Guatemala**



Fuente: Plaza El Amate, Municipalidad de Guatemala.

Este mismo sistema se está implementando también en varias comunidades una de ellas es la zona 25, en donde la aceptación y colaboración por parte de los lugareños a este proyecto ha sido muy buena. Tiene planificado que este proyecto también sea replicado en diversas zonas de la ciudad y centros educativos.

- La demanda

Un huerto casero de 50 m² en una zona caliente requiere la extracción de 500 litros de agua del pozo o 50 baldes de 10 litros todos los días. También se considera el consumo de agua que requiere el personal del vivero, la demanda o dotación por persona es la cantidad de agua que necesita una persona diariamente, para cumplir con las funciones físicas y biológicas de su cuerpo.

Esta necesidad de agua puede variar de 14 litros por día por persona, como mínimo, hasta 80 litros por día. Para efectos de cálculo y debido a que los trabajadores no están más que un promedio de 8 horas diarias, la cantidad asignada por persona será la mínima por persona.

Para un vivero de alrededor de 50 m² y un trabajador la demanda mínima de agua es alrededor de 64 litros de agua diaria, y de 1 920 litros de agua mensuales.

- La oferta

El agua de lluvia es el medio más común y sin costo de aporte de agua al vivero. A pesar de que la lluvia se distribuye naturalmente por toda el área y sin costo, no se tiene el control sobre su volumen, frecuencia o distribución geográfica. En este sentido, la lluvia es un fenómeno natural totalmente aleatorio, aunque se puedan establecer parámetros estadísticos sobre su comportamiento para una determinada zona, a partir de su ocurrencia histórica y de modelos de predicción.

Tabla I. **Acumulados mensuales de lluvia en milímetros (mm) 10 años**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
2004	0,2	0,5	23,9	5,2	24,3	314	197	97,6	228	165	2,9	0,2	88,38
2005	2	0	6,7	2,6	141	211	415	278	180	128	23	2,5	116,0
2006	11,3	0,4	6,3	32,6	153	449	192	94,3	211	216	39,2	9,1	118,1
2007	1,4	0	0,9	31,2	84,8	206	219	333	287	114	2,1	1,5	106,8
2008	3,3	11,9	3,4	22,4	169	460	410	187	354	67,4	0	0	140,9
2009	0	4	0	17,3	161	189,	94,4	141	90,2	81,2	130	29	78,27
2010	0	1,3	0	108	427	376	317	470	342	26	6,4	0	173,1
2011	0	7,2	13,4	15	102	223	238	414	247	385	14,2	1,5	138,4
2012	3,2	5,3	5,1	40,9	135	165	121	397	128	71,9	3,2	1,1	89,96
2013	0,2	2,6	34,2	12,7	167	166	262	300	273	224	4,9	2	120,9

Fuente: elaboración propia.

Según los datos tomados del INSIVUMEH de los últimos 10 años se puede promediar que mensualmente se puede obtener un aproximado de 177 mm de lluvia al mes en el departamento de Guatemala.

De acuerdo a la relación de área techada y el promedio de precipitación en el lugar en mm de la tabla II del capítulo 2, se puede estimar la cantidad de agua de lluvia que puede ofrecer el sistema para un área de 50 m².

Interpolando entre los datos proporcionados por la tabla II se obtiene.

10 mm → 500 litros
 17 mm → y litros
 100 mm → 5 000 litros

$$y - y_0 = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$y - 500 = \frac{5\,000 - 500}{100 - 10} (17 - 10)$$

$$y = \frac{4\,500}{90} (7) + 500$$

$$y = 850 \text{ litros}$$

Para un vivero de aproximadamente 50 m² la demanda de agua es de 1 920 litros al mes, y un sistema de captación para esas dimensiones y condiciones de lluvia puede suministrar 850 litros de agua pluvial por mes. Aproximadamente un sistema SCAP puede suministrar un 44 por ciento de la necesidad total de agua en el vivero.

Tomando como referencia el dato anterior y con base en el hecho que muchas de las municipalidades tiene activo el proyecto de viveros forestales, y la mayoría de ellos utilizan el agua que proviene de los sistemas abastecimientos de la comunidad mediante extracción de pozos, se puede decir que la demanda podría estimarse que al menos el 70 % del total de los municipios que poseen viveros forestales, podrían optar por este sistema un número aproximado de 200 en total.

1.4.1. Descripción específica del producto

Un sistema de captación de agua de lluvia diseñado para un vivero ayuda a mantener una ventaja sobre la estación de cultivo al aire libre. Proteger las plantas de los elementos, pero permite que entre la luz que necesitan para crecer.

El techo del vivero es el elemento clave de su estructura. Una buena cubierta reducirá la pérdida del calor, lo retendrá durante la noche, bajará los costos de calefacción y aumentará la producción de las plantas.

Hay varias opciones para el techo de un vivero, paneles de polietileno, de vidrio y paneles de fibra de vidrio, todos estos permiten que una buena cantidad de luz solar pueda llegar hasta las plantas.

Para colocar los techos se necesitan bastidores o estructuras que generalmente están hechas de hierro o madera, estas por ser resistentes y fáciles de instalar, la madera es la más utilizada por poseer un bajo costo y tiende a adaptarse muy bien a las condiciones ambientales del vivero.

Las tuberías y tanques pueden estar hechas de PVC por sus propiedades duraderas, y ya que es un material estable e inerte puede transportar y almacenar perfectamente agua pluvial e incluso agua potable.

- Características de los materiales a utilizar

Las características de los materiales para los techos de un vivero más comunes por su fácil instalación y por cumplir con las necesidades antes mencionadas son los siguientes:

- Láminas de Poliacryl GC: es un laminado plástico termo fijo, transparente elaborado con resina poliéster y acrílica reforzado con fibra de vidrio.
- Lamina de policarbonato: son láminas rígidas y transparentes hechas de policarbonato con una capa protectora UV construida

en el lado superior. Las cuales se distinguen por sus características a primera vista.

- Lamina fabricada de botellas PET: esta es un tipo de lámina artesanal que se construye con botellas PET utilizadas que se cortan por la mitad y se unen con grapas sucesivamente construyendo un área superficial con ondulaciones similar a la de una lámina común. Su construcción es muy fácil y representa una alternativa muy económica y un ideal de responsabilidad con el medio ambiente. Esta lámina ya que está construida de botellas PET (tereftalato de polietileno) posee las características propias de este material como lo son:
 - Bloquea los rayos UV dañinos.
 - Livianas, menos de la mitad del peso del vidrio.
 - Transparentes, hasta un 98 % de transmisión de luz.
 - Resistentes al clima, sus propiedades son mantenidas por años.
 - Fáciles de limpiar.
 - Mayor resistencia química.
 - Alta resistencia al desgaste y corrosión.
 - Muy buen coeficiente de deslizamiento.
 - Buena resistencia química y térmica.
 - Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica.
 - Fáciles de trabajar utilizando herramientas corrientes.

Las estructuras para el vivero están compuestas de madera o bien un sustituto como el bambú u otro como el hierro. Las características de la madera varían según la especie del árbol, origen e incluso dentro de la misma especie por las condiciones del lugar de crecimiento. Aun así hay algunas características cualitativas comunes a casi todas las maderas.

- Buena resistencia o elasticidad.
- Absorbe la humedad tanto del ambiente.
- Bajo costo respecto de otros materiales.
- La resistencia al desgaste, rayado, clavado, corte con herramientas, entre otros.
- Buen aislante térmico.

La mejor manera de implementar el sistema es construir un armazón de madera o metal que pueda sostener los techos, una vez construido se inicia por techar con el material elegido para el vivero, lámina por lámina hasta cubrir la mayor cantidad posible de área.

Por último se instala las tuberías que dirigirán el agua de lluvia hacia el lugar de almacenamiento y la distribución al vivero mismo.

1.5. Área del mercado

El municipio de Mixco, está ubicado al oeste del departamento de Guatemala posee una extensión territorial de ciento treinta y dos (132) kilómetros cuadrados. La cabecera municipal se encuentra a 17 kilómetros de la capital, de carretera totalmente asfaltada.

- Hidrografía: los recursos hidrológicos con que cuenta el municipio son el río San Lucas que corre en el límite con el municipio de Villa Nueva; Salayá en el límite con el municipio de Chinautla; Pansanlik que nace en Mixco y más adelante recibe el nombre de Molino; el Manila que atraviesa la parte de oriente se une con el Mariscal que corre al sur de la aldea El Naranjito y desemboca en la Presa de la Brigada, propiedad de la Municipalidad de Guatemala; Mariscal que corre por el barranco que divide la aldea La Comunidad y las colonias de San Cristóbal cuya aguas aprovecha la empresa del mismo nombre. El Zapote que atraviesa las aldeas de Lo de Bran, Sacoj y El Milagro, sirviendo de límite con el municipio de San Pedro Sacatepéquez. También se encuentran los manantiales San Jerónimo y El Mancillo que surten el agua potable a la cabecera municipal. Hacia el oriente de la población se encuentra la laguna denominada El Naranjo.
- Orografía (montañas y volcanes): por su ubicación en el altiplano central este municipio presenta considerables elevaciones cubiertas de vegetación, entre estas están Quebrada del Coyote, San Jerónimo, San Miguel, El Cucurucho, El Naranjo, y Aguacatan, así como los cerros El Naranjo y Cerro Alux.
- Topografía y climas: su territorio es generalmente quebrado, se encuentran también algunas planicies localizadas al este del mismo (sector de Las Vacas). Este municipio registra alturas que van desde 1 400 hasta 2 405 metros sobre el nivel del mar. La cabecera municipal está situada a 1 739 metros de altura sobre el nivel del mar. El clima es templado aunque en la parte alta de sus montañas es templado-frío, especialmente en un lugar húmedo.

El municipio presenta las condiciones ideales para la instalación de viveros para el cultivo de muchas especies, en especial de plantas lugareñas para reforestar y jardinizar áreas recreativas, parques y áreas protegidas.

1.5.1. Descripción del área geográfica

El vivero forestal se encuentra ubicado en la aldea El Manzanillo en el municipio de Mixco, departamento de Guatemala, se encuentra aproximadamente a 3 kilómetros de distancia del centro municipal, situada a una altura aproximada de 2 000 m sobre el nivel del mar. La ubicación exacta es 4 calle 46-50 zona 1, aldea El Manzanillo, finca 21 693, folio 187, libro 213, el propietario es la Municipalidad de Mixco.

Altitud	2 000 m sobre el nivel del mar
Precipitación pluvial	1 000 a 1 500 mm por año
Temperatura media	28 °C – 33 °C grados
Suelos superficiales	Textura media, drenado imperfecto de color pardo
Pendiente	30° aproximadamente
Producción	Silvícola, pino, roble, eucalipto y cedro

Figura 4. **Plantas producidas en vivero forestal**



Fuente: vivero forestal, 2012, Municipalidad de Mixco.

Figura 5. **Ejemplos de plantas producidas en viveros frutales**



Fuente: vivero forestal, 2012, Municipalidad de Mixco.

1.5.2. Población

El municipio de Mixco cuenta con una población de 462 753 habitantes de acuerdo a datos del Instituto Nacional de Estadística para el 2008. La densidad población de Mixco en la actualidad es uno de los municipios más densamente poblado, no solo del departamento, sino de la República. Pues cuenta aproximadamente con 2 313 habitantes por kilómetros cuadrados.

Si se observa la tabla II se puede apreciar la densidad para el departamento de Guatemala en los últimos años, datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE). La densidad poblacional del municipio de Mixco es mayor, por lo que muchas de sus áreas verdes se ven perjudicadas por su crecimiento y se va esparciendo a áreas antes no habitadas.

Tabla II. **Densidad población departamento de Guatemala habitantes por Km²**

Años	Guatemala
2008	1 408
2009	1 434
2010	1 460
2011	1 485
2012	1 509
2013	1 532
2014	1 555

Fuente: elaboración propia.

1.6. Análisis de la demanda

La deforestación del municipio de Mixco se ha visto en gran parte en el cerro de Alux, el cual también es llamado por los mixqueños el pulmón de oxígeno debido a que produce aire puro, se pueden apreciar variedad de árboles tales como pino, ciprés, encino, eucalipto, tarai, taxisco, oilamo.

Actualmente la deforestación se ha incrementado debido a que algunas personas han establecido su vivienda en las faldas de este, sembradíos, corte de árboles para ser utilizado como fuente de energía para los hogares, robo de árboles para la industria pino y ciprés de más de cien años de existencia, han sido talados, por esta razón los viveros deben de abastecerse nuevamente de estos tipos de árboles.

Se puede analizar también no solo la demanda local, sino la demanda nacional que se está viviendo debido a incendios forestales, tráfico ilegal de madera en zonas como Peten entre otras, en los cuales se puede observar que existen un mercado potencial para poder ser abastecido.

1.6.1. Demanda histórica y actual

La tala de árboles deviene de una práctica ancestral y que, sin embargo, curiosamente se desconoce que la forma de evitarlo no es tratar de impedirlo sino promoviendo la siembra de más árboles, pues al final resulta la forma más económica de hacerlo. Una gran parte de la población en Guatemala utiliza leña, incluso por motivos culturales, pues aunque se tengan los recursos para comprar estufas de gas, muchas familias utilizan derivados de la leña para cocinar varios platillos de la gastronomía Guatemalteca.

El estudio que realizó el Plan de Acción Forestal Guatemala (PAFG) en 1996, muestra la cobertura boscosa por departamento del total de la cobertura boscosa, se estima que 31 % se encuentra fuera de áreas protegidas y 69 % dentro de áreas protegidas. De la cobertura boscosa dentro de áreas protegidas 40 % se encuentra administrada bajo la categoría de área núcleo, y para el restante 60 % sus planes maestros admiten algún tipo de actividad forestal productiva. La mayor parte de las áreas protegidas son propiedad de la nación y algunas han sido dadas en concesión.

Del 31 % de la cobertura boscosa fuera de áreas protegidas, alrededor de la quinta parte son de propiedad comunal, ubicadas principalmente en territorios habitados por grupos étnicos, que son a su vez sus propietarios.

Tabla III. **Distribución de la cobertura boscosa por departamento, Guatemala**

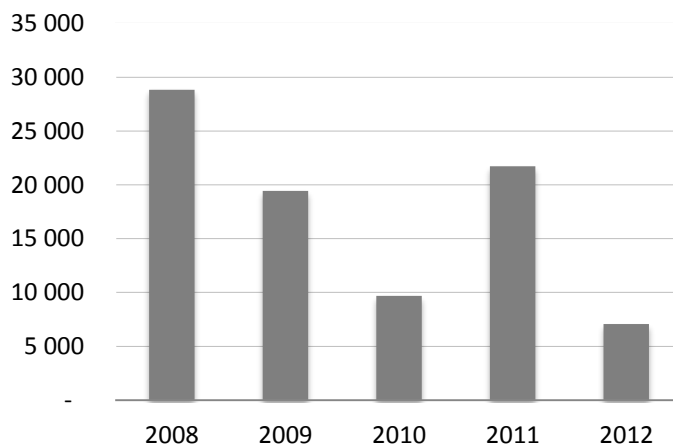
Departamento	Extensión (ha)	Cobertura boscosa (ha)	% del total del área boscosa
Petén	3 585 400	1 880 000	61,1
Quiché	837 800	323 250	10,5
Izabal	903 800	200 650	6,5
Huehuetenango	740 000	1 880 200	6,1
Alta Verapaz	868 600	118 450	3,9
Total	6 935 600	4 402 550	88,1

Fuente: elaboración propia.

Según el estudio de la dinámica de la cobertura forestal de Guatemala del 2001 al 2006 la cobertura boscosa de Guatemala cambio de 4,15 millones de hectáreas a 3,87 millones de hectáreas, con una tasa aproximada de deforestación anual de 48 084 hectáreas.

Otro problema que se puede observar en cuanto a la pérdida de bosques son los incendios forestales, ya que unas 1 782 hectáreas de bosques han sido consumidas por incendios forestales que se han registrado tan solo en la época de verano del 2012 al 2013 en Guatemala, según datos de la Conred.

Figura 6. **Superficie afectada por incendios forestales (Ha) 1**



Fuente: elaboración propia.

La demanda en cuanto a hectáreas de bosques se puede observar según los datos del Instituto Nacional de Bosques (INAB), que dan cuenta que Guatemala pierde anualmente un aproximado de 130 mil hectáreas de bosques entre la tala y los incendios forestales.

1.7. Análisis de la oferta

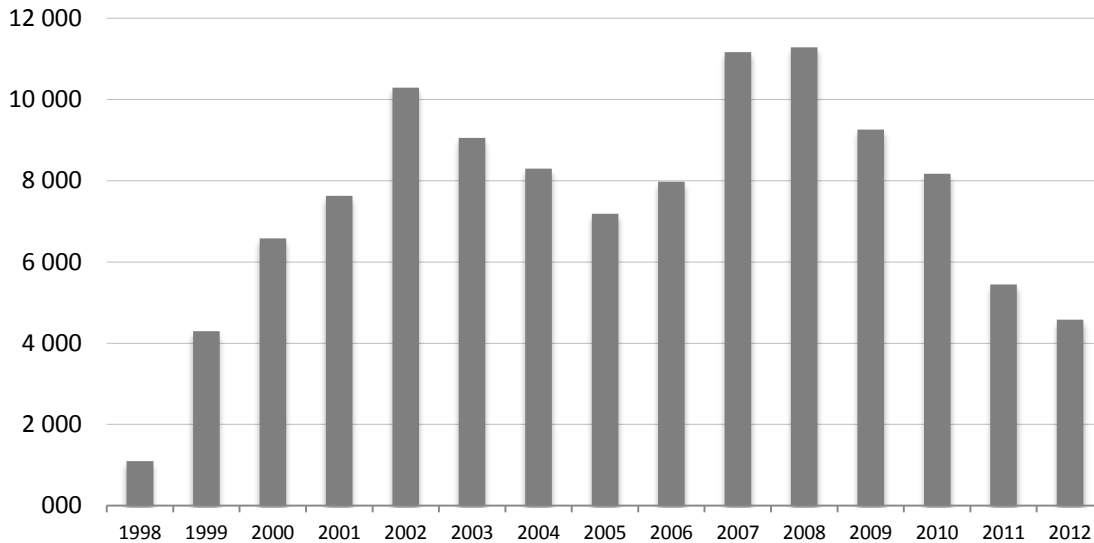
Las ONG e instituciones como el Instituto Nacional de Bosques (INAB) promueven a través de proyectos y leyes la regeneración de bosques, esta última institución que se caracteriza por ser estatal autónoma, es el órgano de dirección y autoridad competente del sector público agrícola en materia forestal. El INAB a través de proyectos realizados ha reducido la deforestación promovida, la reforestación y ha incrementado la productividad de los bosques existentes.

Los proyectos como los viveros forestales actúan como entes productores de plantas y árboles que son utilizados para reforestar áreas afectadas, sin embargo, son muy pocos los viveros registrados en el INAB que producen para esta causa plantas y árboles, y aun contando también con donaciones externas de semillas y plantas, la oferta no puede satisfacer la demanda de hectáreas necesitadas de reforestar.

1.7.1. Oferta histórica y actual

A través de programas como PINFOR programa de incentivos forestales que otorga el gobierno por medio del INAB, se ha logrado reforestar hasta el 2012 un total de 112 341,94 hectáreas para 4 889 proyectos incentivados, dando como resultado un promedio de 7 489,46 hectáreas por año. Los proyectos con incentivos PINFOR según acuerdo gubernativo, estarían funcionando desde 1997 y tendría vigencia hasta el 2016 por lo que disminuirá la oferta para ese periodo.

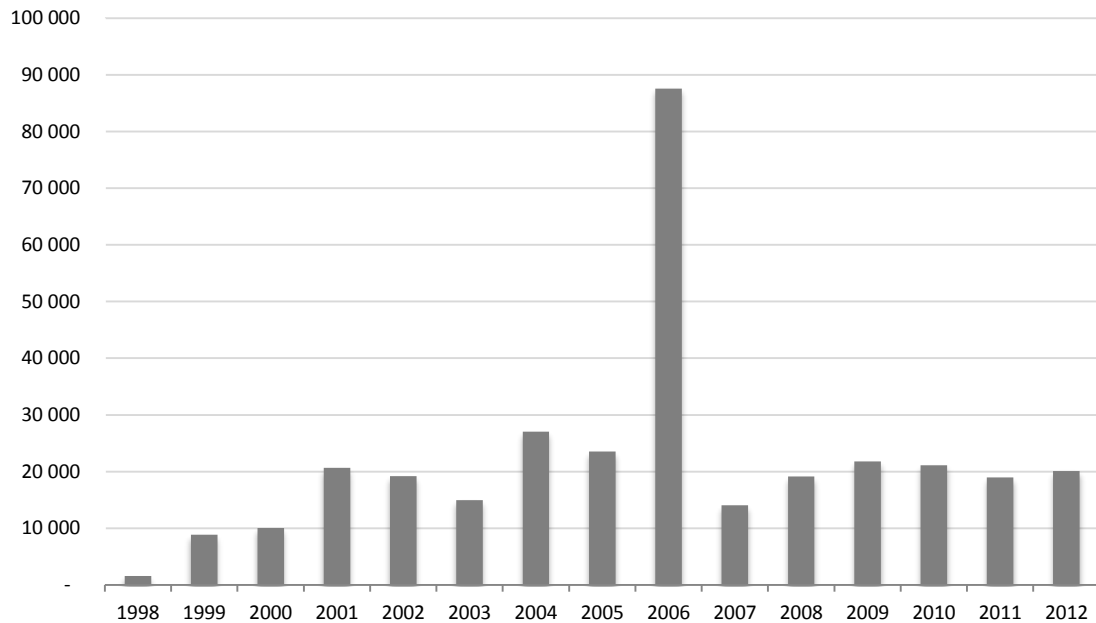
Figura 7. Superficie afectada por incendios forestales (Ha) 2



Fuente: elaboración propia.

Diversos proyectos por parte de ONG y programas de concientización con base en el tema de calentamiento global, motivan a que comunidades se sumen a proyectos de reforestación, también empresas que tienen programas de responsabilidad social empresarial como Cementos Progreso entre muchas otras se añaden a la labor. El INE reporta las cifras globales en la siguiente gráfica.

Figura 8. Superficie de tierras reforestadas (Ha)



Fuente: elaboración propia.

El promedio de la superficie reforestada es de 21 905 hectáreas al año tomando este dato como la actual oferta para Guatemala.

1.8. Fracción del mercado a captar

Un análisis de la oferta y la demanda arroja como resultado un déficit de 108 095 hectáreas de bosque por reforestar o un 83,15 %. Debido a que la oferta no es suficiente para satisfacer la demanda actual, se deberá hacer más productivas las áreas donde se cultivan las diversas plantas para las áreas que serán reforestadas, uno de estos puntos son los viveros forestales.

Actualmente son pocos los viveros forestales registrados por el INAB, alrededor de 14 para el 2013, y muchos carecen de los recursos necesarios para poder laborar. Uno de los recursos esenciales es el agua, este recurso es escaso en muchos lugares y restringe la producción de plantas. Los sistemas de captación de agua de lluvia son la solución para abastecer a este nicho de mercado, ya que no requieren de una inversión grande y el agua captada sin ser tratada contiene minerales esenciales para la reproducción de tales plantas.

2. ESTUDIO TÉCNICO

2.1. Infraestructura básica

Independientemente del tipo de planta, con la intención de lograr que la mayoría de plantas sobreviva hasta la etapa final, las instalaciones deben contar con las condiciones ambientales adecuadas, proporcionando las condiciones de crecimiento más favorables, para que las nuevas plantas continúen su desarrollo y adquieran la fortaleza necesaria para trasplantarlas al lugar en el cual pasarán el resto de su vida.

El vivero forestal de la Municipalidad de Mixco cuenta con un suministro de agua de la red que abastece al municipio de Mixco, también su orientación del terreno y la topografía garantizan el buen drenaje y funcionamiento del vivero y que se minimice la erosión de su suelo.

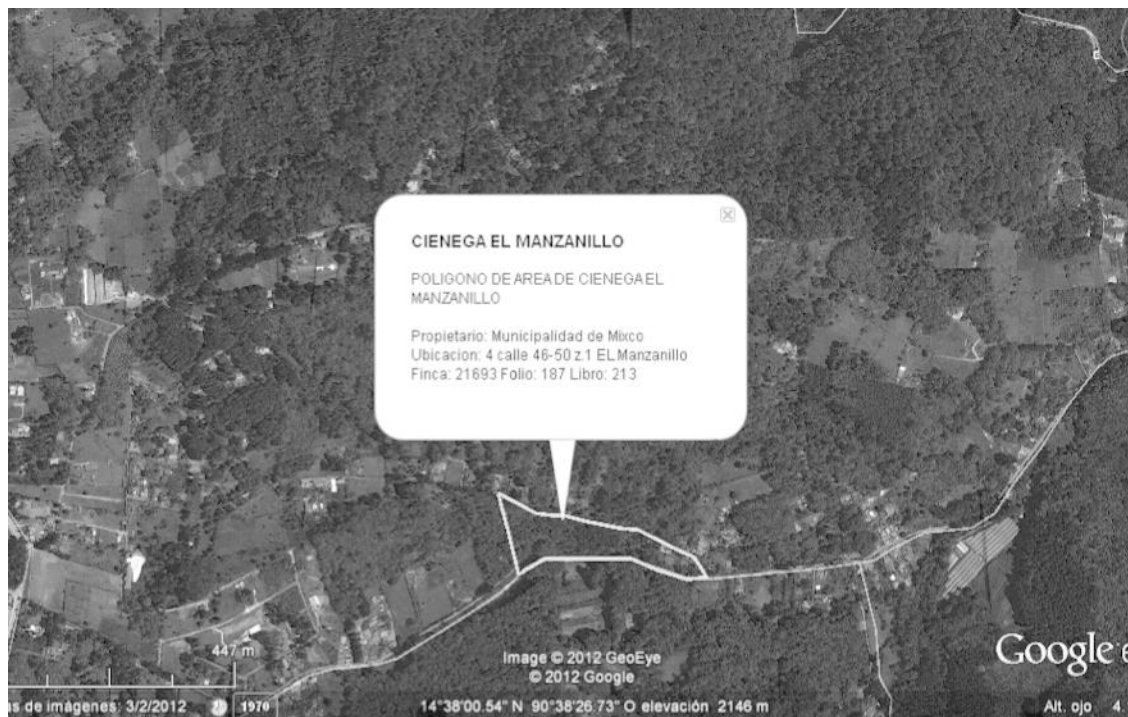
El pH del suelo (que tan ácido o básico es el suelo) se encuentra entre el rango de pH más recomendable que es neutro, alrededor de (pH=7), el suelo cuenta con una muy buena textura y fertilidad para los requerimientos necesarios para la propagación de las especies.

El pH se encuentra muy relacionado con el contenido de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes necesarios para el buen desarrollo de las plantas. El clima que envuelve al vivero resulta favorable, ya que se encuentra con áreas boscosas que protegen al vivero de corrientes de aires fuertes, y proporcionan una temperatura ambiente propicia para el cultivo y la humedad necesaria.

2.2. Especificaciones técnicas del vivero

El vivero forestal cuenta con alrededor de 1 800 m² de área del cual menos del 50 % es utilizado por las instalaciones, en los años de funcionamiento del vivero las instalaciones han presentado las condiciones óptimas para realizar dicha actividad.

Figura 9. Vista aérea del vivero en El Manzanillo, Mixco



Fuente: Municipalidad de Mixco, Guatemala, Departamento de Áreas Verdes.

El vivero cuenta con 2 invernaderos, cada invernadero ocupa un espacio de 40 m² compuestos de 4 m de ancho y 10 m de largo los cuales utilizan como semilleros. Estos invernaderos están contruidos de madera de 4 pulgadas de grosor que sostienen los techos y las paredes.

Figura 10. **Instalaciones del vivero municipal 1**



Fuente: vivero forestal, Municipalidad de Mixco.

También posee áreas con cielo abierto donde son colocadas las plantas que salen de los invernaderos para continuar con el proceso de cultivo hasta que son trasladadas al lugar donde serán plantadas.

Figura 11. **Instalaciones del vivero municipal 2**



Fuente: vivero forestal, Municipalidad de Mixco.

2.3. Especificaciones técnicas de los materiales

Según los materiales detallados se deberá elegir aquellos que demuestren la calidad y se adapten a las necesidades de este proyecto.

El material más relevante es el que se refiere a los techos, las propiedades deberán adaptarse a la necesidad, el material más común y barato son las láminas ya que estas son las que mejor se pueden utilizar para el techo, las estructuras o bastidores del vivero podrán ser de madera más sin embargo, será necesario verificar la calidad de estos materiales para poder garantizar la vida útil de este sistema.

Las láminas de policarbonato son de un material que cumple con las características necesarias para un vivero y para el sistema de captación de agua de lluvia ya que son láminas troqueladas, rígidas y transparentes, están hechas de policarbonato con una capa protectora UV coextruída en el lado superior. Las cuales se distinguen por sus características a primera vista:

- Resistentes al impacto, prácticamente irrompibles.
- Bloquea 100 % de los rayos UV dañinos.
- Livianas, menos de la mitad del peso del vidrio.
- Transparentes, 98 % de transmisión de luz, y Bronce, 90 %.
- Resistentes al clima, sus propiedades son mantenidas por años.
- Fáciles de trabajar utilizando herramientas corrientes.
- Fáciles de limpiar.
- Resistentes al fuego y no emiten gases tóxicos cuando están encendidas.
- Resistente a los efectos destructores de la radiación UV. No cambia de color y retiene su claridad por muchos años.

2.4. Especificaciones técnicas del tanque

El almacenamiento del agua de lluvia consiste en depositarla dentro de cisternas, para abastecer a una demanda considerada durante los meses de sequía y los de no sequía. Los materiales de construcción de la cisterna son de concreto, este resulta más económico, impermeable y proporciona agua segura para uso doméstico y consumo humano.

Se deberá disponer de un área adecuada para el normal desenvolvimiento de los trabajos de trazo y replanteo, la nivelación de terreno consistirá en ejecutar los cortes y rellenos de terreno, de tal manera que estos queden de acuerdo a los niveles adecuados.

Generalidades

Las presentes especificaciones se refieren al concreto armado que figuran en el proyecto de la cisterna.

- Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en cisterna
- Acero en cisterna $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$, $\emptyset 1/2''$
- Acero en cisterna $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$, $\emptyset 3/8''$

Cemento

El cemento a usarse será Pórtland tipo I que cumpla con las Normas ASTM-C-150 y podrá usarse envasado o a granel.

Los agregados

Los agregados que se usarán son: agregados finos o arena y el agregado grueso (piedra partida) o grava. Los agregados finos y gruesos deberán ser considerados como ingredientes separados y cumplirán con las Normas ASTM-C-33.

Agregado fino

Deberá ser limpia, silicosa y lavada, de granos duros, fuertes, resistentes y lustrosos, libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas suaves o escamosas, o pizarra, álcalis y material orgánicos con tamaño máxima de partículas de 2/16" y cumplir con las normas establecidas en las especificaciones ASTM-C-330.

El módulo de la fineza de la arena estará en los valores de 2,50 a 2,90, sin embargo, la variación del módulo de fineza no excederá a 0,30.

Agregado grueso

Deberá ser piedra, grava o roca chancada, de grano duro y compacto, la piedra deberá estar limpia de polvo, material o barro, marga u otra sustancia de carácter deletéreo en general, deberá cumplir con la Norma ASTM-C-33.

En agregado grueso para concreto será grava natural, limpia, piedra partida o combinada, la forma de las partículas de agregados deberá ser dentro de lo posible redonda cúbica.

Hormigón

El hormigón será un material de río o cantera, compuesto de partículas fuertes, duras y livianas; estará libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, ácidas, materiales orgánicos u otras sustancias perjudiciales. Su granulometría deberá ser uniforme entre las mallas N° 100 como mínimo y 2" como máximo.

Acero

El acero está especificado sobre la base de su carga de fluencia $f_y = 4\ 200\ Kg/cm^2$ debiendo satisfacer las siguientes condiciones:

Corrugaciones de acuerdo a la Norma ASTM EA-615. Carga de rotura mínima $5,900\ Kg/cm^2$. Elongación en 20 cm 8 %.

2.4.1. Localización del tanque

El tanque será ubicado cerca de la entrada principal, para que en condiciones de sequía este tenga acceso a ser llenado por camiones cisternas abasteciendo al vivero de agua para el riego. Esta ubicación también es adecuada ya que se encuentra entre las dos áreas principales del vivero los invernaderos y las áreas con cielo abierto.

Figura 12. **Entrada a las instalaciones del vivero municipal**



Fuente: vivero forestal, 2012, Municipalidad de Mixco.

2.4.2. Volumen del tanque

El criterio para el diseño del volumen de la cisterna consiste en considerar la demanda de agua mensual que necesita una población, durante los meses de sequía más dos meses (coeficiente de seguridad), con el objetivo de asegurar el abastecimiento de agua a la población.

$$V_{\text{Cisterna}} = D_j * M_{\text{sequía}+2}$$

Dónde:

$$V_{\text{Cisterna}} = \text{volumen mínimo de la cisterna, m}^3$$

$$D_j = \text{demanda mensual, m}^3 \text{ mes}^{-1}$$

$$M_{\text{sequía}+2} = \text{meses con sequía más 2}$$

Tabla IV. **Acumulados mensuales de lluvia en milímetros (mm)**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2000	0,4	0,0	0,2	40,9	231	306	62,1	130	220	41,5	14,5	1,6	1049,2
2001	1,1	4,8	2,6	4,1	129	162	175	223	152	137	19,6	1,3	1014,5
2002	0,0	6,6	0,0	12,7	76,4	208	163	109	242	108	83,6	0,2	1012,4
2003	0,9	14,4	20,3	36,8	159	303	186	109	374	42,1	18,6	2,0	1268,5
2004	0,2	0,5	23,9	5,2	24,3	314	197	97,6	228	165	2,9	0,2	1060,6
2005	2,0	0,0	6,7	2,6	141	211	415	278	180	128	23,0	2,5	1392,8
2006	11,3	0,4	6,3	32,6	153	449	192	94,3	211	216	39,2	9,1	1417,7
2007	1,4	0,0	0,9	31,2	84,8	206	219	333	287	114	2,1	1,5	1282,6
2008	3,3	11,9	3,4	22,4	169	460	410	187	354	67,4	0,0	0,0	1691,0
2009	0,0	4,0	0,0	17,3	161	189	94,4	141	90,2	81,2	130	29,5	939,2
2010	0,0	1,3	0,0	108	427	376	317	470	342	26,8	6,4	0,0	2078,1
2011	0,0	7,2	13,4	15	102	223	238	414	247	385	14,2	1,5	1659,5
Prom	1,7	4,2	6,4	27	155	284	222	215	244	126	29	4,1	1322

Fuente: elaboración propia.

Según las estadísticas de lluvia proporcionadas por el INSIVUMEH tabla II, se puede obtener una proyección, de cuáles son los meses de escasez del agua en esta región y se obtienen los meses de sequía requeridos por la fórmula.

$$V_{\text{Cisterna}} = D_j * M_{\text{sequía}+2}$$

$$V_{\text{Cisterna}} = 6,24 * 8 = 49,92 \cong 50 \text{ m}^3$$

Dónde:

$$V_{\text{Cisterna}} = 50 \text{ m}^3$$

$$D_j = 6,24 \text{ m}^3$$

$$M_{\text{sequía}+2} = 6 + 2 = 8$$

2.4.3. Dimensiones y secciones del tanque

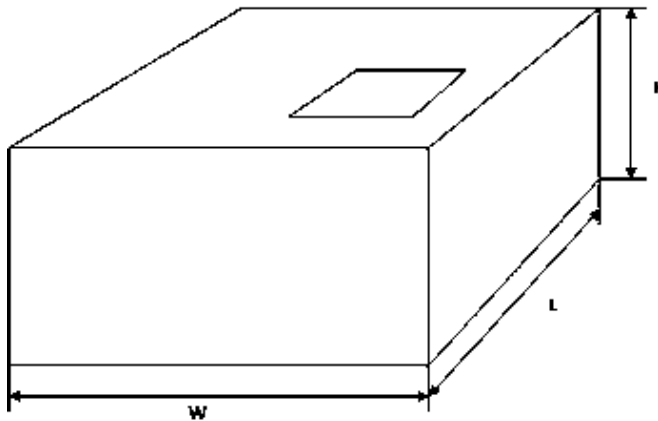
Según los cálculos anteriores las dimensiones del tanque son las siguientes:

$$W = 5 \text{ m}$$

$$L = 5 \text{ m}$$

$$H = 2 \text{ m}$$

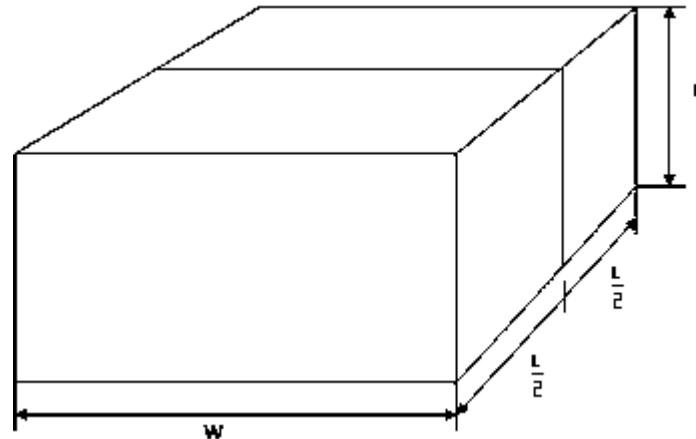
Figura 13. Dimensiones de la cisterna



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Paint.

Las secciones del tanque están pensadas para disminuir la presión del agua que ejercería sobre sus paredes, corriendo el riesgo de partir la cisterna en caso de temblores o desastres naturales, la cisterna se seccionará en dos como lo muestra la siguiente figura.

Figura 14. **Secciones de la cisterna**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Paint.

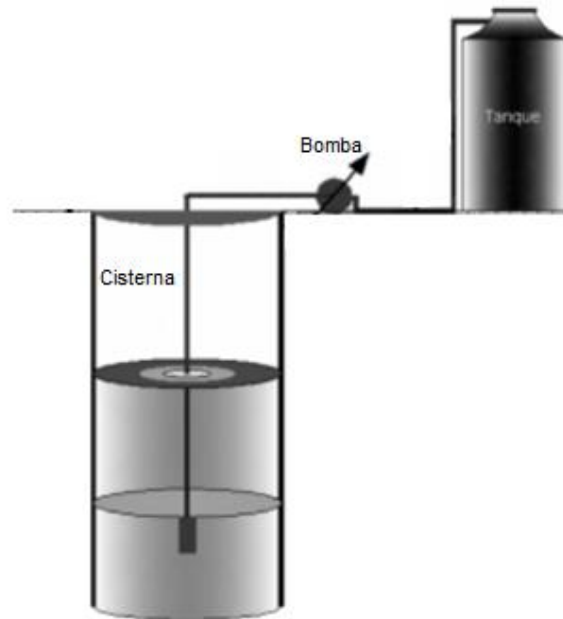
2.4.4. Bomba de agua

Consiste en extraer el agua almacenada y captada en los meses con precipitación pluvial mediante un equipo de bombeo. Para evitar que la bomba bombee cada vez que se requiera agua, se tiene pensado la instalación contigua de un tinaco, este es alimentando directamente de la cisterna y utiliza la gravedad para abastecer al vivero de agua, encendiendo la bomba únicamente para llenar el tanque cuando este se encuentre vacío.

No se requiere de una bomba muy grande, ya que para el tamaño del tanque estaría útil una bomba de alrededor de un caballo de fuerza (1 HP).

1 HP = 746 watts

Figura 15. **Diagrama de bombeo de agua almacenada**



Fuente: GARDUÑO, Manuel. *Sistema de captación de agua de lluvia, para uso doméstico y consumo humano*. p. 61.

2.5. Estimación del requerimiento de agua

La precipitación es uno de los factores que se debe analizar para definir si es, o no factible realizar obras de captación. Para un planificador en captación de agua de lluvia, la tarea más difícil es seleccionar el diseño apropiado de acuerdo a la lluvia.

El requerimiento de agua que se debe cubrir con el agua de lluvia y parte de la red de suministro que presta la Municipalidad de Mixco, debe de cubrir no solo la demanda de agua necesaria para el riego de las plantas, sino también con las necesidades de los trabajadores como por ejemplo limpieza de herramientas, materiales, así como también mantenimiento del lugar. Esto

podría representar un tonel o dos semanales adicionales al a la demanda necesaria para el riego.

2.5.1. Cantidad de agua necesaria para el riego

La cantidad de agua necesaria para el riego se ha tomado con base en la necesidad del vivero en tiempos de su producción más alta, que esta medida en toneles. El vivero requiere 8 toneles semanales para riego.

$$8 \frac{\text{toneles}}{\text{semana}}$$

$$1 \text{ tonel} = 0,195 \text{ m}^3$$

$$8 \frac{\text{toneles}}{\text{semana}} * 0,195 \text{ m}^3 = 1,56 \frac{\text{m}^3}{\text{semana}} * 4 \frac{\text{semanas}}{\text{mes}}$$

La cantidad mensual de agua necesaria para el riego es de:

$$6,24 \text{ m}^3$$

La cantidad anual considerando el aproximado extra al riego para cubrir las necesidades que requiera la actividad del vivero y esta expresada por:

$$Demanda_{anual} = 7 \text{ m}^3 * 12 = 84 \text{ m}^3$$

2.5.2. Área techada necesaria para cubrir la demanda

El área de captación del agua de lluvia se obtiene de manera muy fácil con la siguiente ecuación:

$$A = a * b$$

Dónde:

$$A = \text{Área de captación, } m^2$$

$$a = \text{Ancho del techo, } m$$

$$b = \text{Largo del techo, } m$$

En caso de que no exista el área de captación del SCALL, se diseñará en función de la demanda anual necesaria y de la precipitación pluvial neta anual, este dato se puede obtener de la tabla I y es promedio anual de lluvias. Los datos importantes se obtienen de las estaciones meteorológicas que cuenten con datos de precipitación mensual de por lo menos diez años. Para conocer el área necesaria a techar se puede utilizar la tabla II y ya que teniendo la cantidad de precipitación anual promedio se obtiene según las relaciones que muestra la tabla que el área techada para la demanda dada será de:

$$50 m^2 \rightarrow 50\,000 \text{ litros } (50 m^3)$$

$$\text{Área} \rightarrow 84\,000 \text{ litros } (84 m^3)$$

$$100 m^2 \rightarrow 100\,000 \text{ litros } (100 m^3)$$

$$\frac{x - 50}{84\,000 - 50\,000} = \frac{100 - x}{100\,000 - 84\,000}$$

$$\frac{x - 50}{34\,000} = \frac{100 - x}{16\,000}$$

$$16\,000(x - 50) = 34\,000(100 - x)$$

$$x = 84 m^2$$

Interpolando con los datos obtenidos de la tabla II se obtiene que se necesitan 84 m² de área techada para satisfacer la demanda de agua captada.

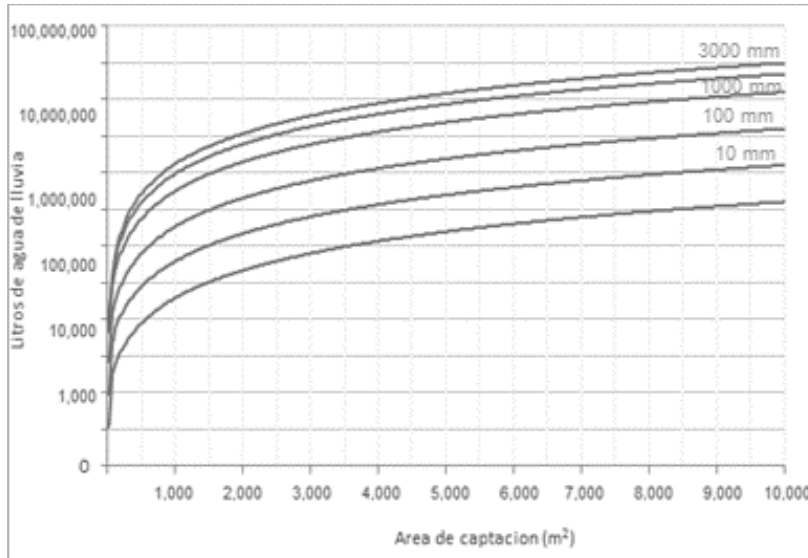
Tabla V. **Volumen de agua captado en litros con relación al área de captación y a la precipitación pluvial promedio**

Área de captación (m ²)	Precipitación pluvial promedio (mm)					
	1	10	100	1 000	2 000	3 000
1	1	10	100	1 000	2 000	3 000
10	10	100	1 000	10 000	20 000	30 000
50	50	500	5 000	50 000	100 000	150 000
100	100	1 000	10 000	100 000	200 000	300 000
50	150	1 500	15 000	150 000	300 000	450 000
200	200	2 000	20 000	200 000	400 000	600 000
250	250	2 500	25 000	250 000	500 000	750 000
300	300	3 000	30 000	300 000	600 000	900 000
350	350	3 500	35 000	350 000	700 000	1 050 000
400	400	4 000	40 000	400 000	800 000	1 200 000
450	450	4 500	45 000	450 000	900 000	1 350 000
500	500	5 000	50 000	500 000	1 000 000	1 500 000

Fuente: elaboración propia.

En la gráfica I se puede observar las diferentes variaciones que se obtienen respecto al área techada y la captación de agua de lluvia en litros, para una determinada cantidad de precipitación promedio anual.

Figura 16. **Método gráfico para obtener el volumen de agua captada (litros) por unidad de superficie (m²)**



Fuente: GARDUÑO, Manuel. *Sistema de captación de agua de lluvia, para uso doméstico y consumo humano*. p. 54.

2.6. Descripción del proceso

El proceso inicia cuando la lluvia cae sobre los techos del vivero, esta es conducida por canales y tuberías hacia la cisterna para su almacenamiento. Posteriormente esta es extraída por método de bombeo hacia un tanque que está a una elevación considerada hasta llenarlo. El tanque abastece por medio de la gravedad a los sistemas de riego y trabajadores del vivero.

2.6.1. Diagrama del flujo del proceso

Diagrama de Flujo del proceso									
Operador / Material / Equipos	Diagrama #1			Hoja 1 de 1					
Objetivo: Identificar detalladamente todas las actividades en el proceso de captación de agua de lluvia	Resumen								
	Actividad			Actual	Propuesta	Economía			
Actividad: Captación de agua de lluvia	Operación	●			4				
	Inspección	■			0				
Método: Propuesto	Transporte	➔			1				
	Espera	◐			0				
Compuesto por: Diego Lemus	Almacenamiento	▼			1				
	Distancia (m)			5					
	Tiempo (min)			ND					
Descripción	Cantidad (L)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones
				●	■	➔	◐	▼	
Precipitación	ND		ND	↓					
Captación de agua de lluvia sobre el techo.			ND	↓					
Conducción del agua por las tuberías.		5				➔			
Almacenamiento en la cisterna.	50 000						▼		
Bombeo hacia el tanque de agua.	1 000		15						
Alimentación de los sistemas de riego y otros.	1 000			↓					

Fuente: elaboración propia.

2.6.2. Capacidad de producción de agua

La capacidad de producción de agua de lluvia está determinada por los meses de invierno, en algunos años el país se ve afectado por intensas lluvias debido a huracanes que suelen llegar al país, en estos casos la cantidad de lluvia superaría la planificada de manera estándar. Pero de no ocurrir esto en el transcurso del año se esperaría producir lo calculado para la demanda requerida.

Capacidad de Producción de agua

$$= \text{Área techada} * \text{precipitación promedio del lugar}$$

$$\text{Capacidad de producción mensual} = 84 \text{ m}^2 * 1,33 \text{ m}$$

$$= 111,97 \text{ m}^3 = 11\,972 \text{ litros de agua}$$

2.7. Recursos físicos para llevar a cabo el proceso

Es importante que se tengan las herramientas y los materiales necesarios para poder llevar a cabo una buena obra, de tal forma que sea duradera y eficiente para el trabajo requerido y que este no se retrase a falta de ellos. También es importante tomar en cuenta los riesgos que se corren en la implementación del proyecto, para evitar situaciones que pongan en riesgo la vida de las personas encargadas en la construcción del mismo y para ello es importante el equipo de protección personal.

También se deberá definir los recursos necesarios para conseguir las metas y los objetivos establecidos.

Recursos humanos

Serán las personas encargadas de construir todos los elementos que componen el sistema de captación de agua de lluvia. Para este proyecto se necesitarán de al menos de 3 personas con conocimientos en construcción y mantenimiento de obras civiles y un líder de proyecto ingeniero civil o arquitecto.

Recursos físicos

Para llevar a cabo este proyecto es necesario contar con una superficie cerrada y techada no menor a 4 m² para conservar los materiales y herramientas que se puedan utilizar en el proyecto.

2.7.1. Herramientas

Estas son las herramientas mínimas necesarias para realizar el proyecto.

Tabla VI. **Herramientas necesarias para la construcción del proyecto de captación de agua de lluvia**

Num	Descripción
2	Martillos de orejas de 0,7 Kg con mango de madera tamaño estándar.
2	Alicates de acero con mango de goma dimensiones estándar.
2	Escuadras de acero templado con mago plástico y regla de acero graduado en milímetros y pulgadas tamaño estándar.
1	Tijeras corta metal de corte derecho dimensiones estándar.
2	Destornilladores de estrella con mango de goma dimensiones estándar.
2	Destornilladores planos con mango de goma dimensiones estándar.

Continuación de la tabla VI.

2	Llaves francesas de 12" de acero inoxidable.
1	Llave inglesa de 12" de acero inoxidable.
1	Arco de sierra de 12" con hoja de sierra de acero.
1	SERRUCHO de hoja de acero al carbono mango de madera dimensiones estándar.
1	Taladro de mano 3/8" de velocidad variable.
1	Escalera de metal aluminio de dos secciones 2,4 metros de altura con escalones reforzados.
1	Cinta métrica extensible de 10 m de longitud.
2	Picos de punta y pala ancha con cabezas de 5 libras mango de madera de 90 cm.
1	Pala recta de acero al carbono con mango de madera 1 metro de largo.
1	Pala de cuchara de acero al carbono con mango de madera 1 metro de largo.
5	Baldes metálicos de 5 galones.
1	Carretilla de mano para construcción estándar con capacidad para 3 pies cúbicos.
2	Cuchara de albañil de una sola pieza acero al carbono mango de madera de 8".
3	Cinturón para carpintero material de cuero compartimientos para herramientas y clavos.

Fuente: elaboración propia.

2.7.2. Equipo de protección

El equipo de protección personal está diseñado para proteger a los empleados en el lugar de trabajo, de lesiones serias que puedan resultar del contacto con peligros físicos, eléctricos, mecánicos u otros.

El equipo de protección es el que deben utilizar las personas a cargo de construir el sistema de captación de lluvia, cascos, zapatos de seguridad, guantes, entre otros.

Cascos de seguridad: al estar compuestos de un material resistente, sirven para la protección de la cabeza contra objetos que caen o colisiones a alta velocidad.

Características

- Dimensiones altura de 0140 mm
- Luz lateral de 11 mm
- Luz vertical de 26 mm
- Peso total del casco en suspensión no sea mayor de 450 gr.
- Impacto: resistencia al impacto y capacidad de amortiguación es de 406 kg.
- Inflamabilidad: la velocidad de propagación del fuego en el material del casco será inferior o igual a 75 mm/minuto.

Guantes de cuero de seguridad: la función de guantes es proteger las manos y cortaduras, abrasiones o cualquier otro riesgo al estar manipulando alguna herramienta o material punzante o peligroso.

Características

- Material cuero flexible
- Material del puño: cuero de descarné
- Talla: 9 y 10
- Abrasión y cortes
- Refuerzo: palma y pulgar

Botas de seguridad con punta de acero: cumplen una función muy importante, de proteger los pies de sus usuarios del peligro potencial que se enfrentan durante un día laboral cualquiera.

Características

- Color negro
- Cuero: Box Calf 2 mm
- Forro: cambrel laminado
- Cuello: acolchonado
- Planta: caucho antideslizante con neopreno
- Puntera: acero reforzado
- Entresuela: caucho
- Plantilla: antisudoral
- Costuras: entre la caña a la capellada con triple refuerzo
- Ojalillo: metal

Chaleco de seguridad: juegan un papel importante al mantener a los trabajadores a salvo. Al mejorar la visibilidad, los chalecos de seguridad protegen a los trabajadores de personal.

Características

- Fabricado en malla fluorescente de punto abierto con recubrimiento plástico (apresto).
- Dos cintas reflejantes de microprismas 1 3/8 pulgadas de ancho al frente y dos en la espalda.
- Cierre de contactel al frente.
- Elásticos en costados para ajuste.
- Bies de polipropileno en su contorno.
- Color recomendado anaranjado.

Además del equipo de protección personal es recomendable que el equipo cuente también con un equipo de primeros auxilios. El equipo básico de primeros auxilios para daños menores de víctimas, deberá contener al menos los siguientes elementos:

Tabla VII. **Contenido del botiquín de primeros auxilios**

Num	Descripción
1	Frasco de 120 ml de alcohol
1	Frasco de 60 ml de antiséptico incoloro
1	Frasco de 120 ml de agua oxigenada
1	Paquete de 10 grs de algodón
10	Sobres de gasa estéril
2	Rollos de venda de gasa
2	Rollos de venda elásticas
2	Rollos de vendas rectangulares
6	Almohadillas de gasa 10 x 10 cm

Continuación de la tabla VII.

1	Kit lava ojos
1	Rollo de esparadrapo
12	Curitas
1	Frasco de 30 gr balsámico
1	Tijera para uso exclusivo
12	Hisopos de algodón

Fuente: elaboración propia.

3. ESTUDIO ADMINISTRATIVO-LEGAL Y DE SOSTENIBILIDAD

3.1. Funciones generales del Departamento de Áreas Verdes en el vivero

Las labores que el vivero realiza son canalizadas por la Secretaria de Áreas Verdes y Medio Ambiente, la cual está encargada de proveer los recursos humanos y materiales que pueda necesitar el vivero para su correcto funcionamiento.

El funcionamiento se lleva a cabo en tema del recurso humano por medio de los trabajadores asignados al vivero, para este caso cuenta con 5 trabajadores asignados directamente, laborando en una jornada diurna dedicada al sustento del vivero. Este mismo departamento les provee de los recursos necesarios, materiales, herramientas y capacitación, necesarios para que puedan desempeñar el trabajo de acuerdo a las áreas en el que cada trabajador está enfocado.

La Secretaria de Áreas Verdes y Medio Ambiente se encarga de promover actividades, que utilicen los recursos del vivero para fomentar la reforestación en niños de escuelas aledañas al lugar, tales actividades las realizan conjunto con los encargados de los establecimientos, entre otras actividades que puedan ser de beneficio y o le agreguen valor a la municipalidad, en cuanto se refiere al aprovechamiento de los recursos que se obtienen en el vivero.

3.2. Estructura organizacional

La estructura organizacional necesaria para operar en el vivero son las siguientes.

Tabla VIII. **Estructura organizacional**

1	Representante legal
1	Ingeniero agrónomo
1	Contador
5	Agricultores

Fuente: elaboración propia.

Representante legal

Es aquella persona que cuenta con las facultades legales para que conforme a la ley y a sus estatutos pueda realizar las acciones necesarias para que el vivero realice su objetivo social.

Deberá ser un profesional con formación integral, con capacidad de adaptación, alto nivel de conocimiento, trabajo en equipo, capacidad de liderazgo, proactivo, dinámico, con valores éticos tales como: honestidad, profesionalismo, confianza, integridad, respeto, compromiso, puntualidad, compromiso, comunicativo y conciliador en diferentes aspectos que se puedan presentar.

Titulado universitario en administración de empresas o ingeniería industrial preferiblemente con conocimientos en las áreas de aprovisionamiento, gestión logística, servicio al cliente, recurso humano, conocimiento en herramientas

informáticas, con estudios de especialización en planificación, desarrollo de planes estratégicos logísticos, gestión de negocios, relaciones públicas y aseguramiento de calidad.

Sus principales responsabilidades serán aumentar y mantener la competitividad cumpliendo con las normas de calidad establecidas, mantener las buenas relaciones comerciales entre las diferentes áreas de la Municipalidad de Mixco.

Funciones:

- Análisis y diagnóstico de los procesos del sistema.
- Análisis de costos de la operativa.
- Describir las responsabilidades que definen cada puesto laboral y las cualidades que debe tener la persona que lo ocupe.
- Evaluar el desempeño del personal, promocionando el desarrollo del liderazgo.
- Reclutar al personal idóneo para cada puesto.
- Capacitar y desarrollar programas, cursos y toda actividad que vaya en función del mejoramiento de los conocimientos del personal.

Ingeniero agrónomo

Persona que manejará los recursos naturales renovables en forma racional. Su actividad va dirigida a planificar, coordinar y realizar estudios sobre manejo de suelos, fertilidad, riego y drenaje. Así como se dedica a estudios de impacto ambiental y energías renovables.

Sus principales responsabilidades serán aumentar y mantener la productividad del vivero, sin afectar la sostenibilidad del mismo y comprometido con mejoramiento del medio ambiente, cumpliendo con las normas de calidad establecidas.

Graduado con un sólido conocimiento de los sistemas agropecuarios y agroalimentarios regionales, con principios éticos de responsabilidad social y normas legales, atendiendo a las necesidades y demandas de consumo, sin descuidar la sostenibilidad de los ecosistemas.

Funciones:

- Encargado de estudiar los factores de producción vegetal.
- Capacidad de analizar, diseñar y actualizar modelos alternativos de producción en los viveros.
- Competencia para la adaptación y aplicación de tecnologías productivas y de gestión, con criterios de sostenibilidad, rentabilidad y equidad.
- Controlar la calidad de los productos y catalogar aquellos para su uso industrial.
- Manejar herramientas, maquinaria, instrumentos, equipo de laboratorio y campo, que le permitan un mejor manejo de los sistemas de producción agrícola.

Contador

Es la persona encargada de llevar los libros o registros de contabilidad del vivero, registrando los movimientos monetarios de ingresos y egresos. También redactar informes donde se encuentran los estados contables o estados

financieros, los presupuestos y las rendiciones de cuentas o balances de ejecuciones presupuestales, utilizados internamente.

Contar con los conocimientos teóricos y prácticos en contaduría general, costos, contribuciones, auditoría y finanzas, que da posibilidad para elaborar, supervisar e interpretar información financiera y administrativa, coadyuvando en la toma de decisiones del Departamento de Áreas Verdes de la Municipalidad de Guatemala, apoyado en una sólida ética profesional, sustentada en valores morales que le permiten ser un ciudadano útil y factor de cambio en la sociedad.

Funciones:

- Aplicar las distintas leyes fiscales relacionadas con la profesión y la solución de problemas de tipo fiscal, en lo referente al cálculo de contribuciones, trámites fiscales y asesoría a clientes.
- Elaborar e interpretar la información financiera más relevante de una entidad económica, para la toma de decisiones y fijación de políticas financieras.
- Planear, evaluar y controlar la obtención de recursos financieros.
- Aplicar técnicas de planeación, formulación, análisis y evaluación financiera.
- Analizar y evaluar los sistemas de costos en las entidades económicas, utilizando cada parte de los mismos como base para la toma de decisiones.
- Aplicar la teoría referente a las normas, técnicas y procedimientos de auditoría, y con base en ellos emitir un dictamen financiero, fiscal o de seguridad social.

- Estudiar y evaluar el control interno para definir el alcance de los procedimientos de revisión en la auditoría de estados financieros.
- Participar en actividades de investigación para la búsqueda constante y sistemática de los conocimientos de la contaduría.
- Realizar actividades docentes en las instituciones de educación públicas y privadas.
- Manejar software especializado en el ejercicio de la profesión contable.
- Realizar peritajes contables para efectos legales.

Agricultor

Es la persona encargada de realizar los procesos de injertos y cuidados de las plantas y árboles de producción del vivero. También es encargada de los sistemas de producción y a la vez más respetuosos con el medio ambiente. Así, dada la elevación de las exigencias de calidad ambiental de los productos del vivero en los distintos mercados.

Contar con los conocimientos básicos para la agricultura y el manejo de los sistemas de producción, así como el de las herramientas y maquinarias utilizadas para los mismos.

Funciones:

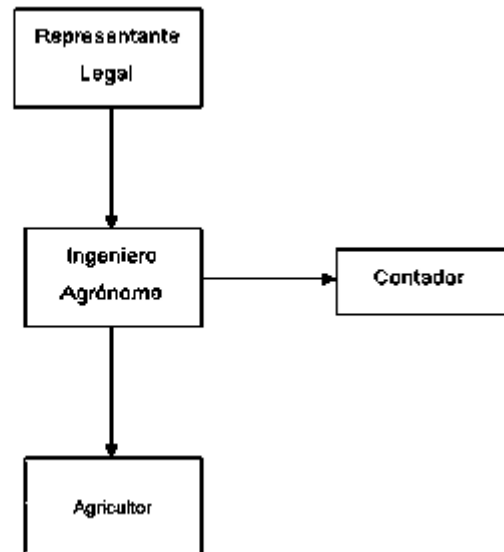
- Dar las bases para el funcionamiento de los sistemas del vivero.
- Practicar técnicas de producción respetuosas con el medio ambiente.
- Promover la producción de los diferentes productos del vivero y la mayor rentabilidad en la conservación de los cultivos y su inserción en los diferentes mercados.

- Proveer de productos competitivos y sin contaminar el medio ambiente, eliminando todos los insumos y prácticas que los perjudiquen.

3.2.1. Organigrama y descripción de puestos

El organigrama del vivero municipal estaría compuesto de la siguiente manera.

Figura 17. Organigrama del vivero municipal



Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Misión, visión y objetivos

Misión

Colaborar en el cuidado del medio ambiente, desarrollando espacios verdes armónicos, reforestando áreas taladas, manteniendo y cultivando especies. Elevar el nivel de bienestar o nivel de vida de los miembros de los

vecinos del municipio de Mixco, a través de acciones estratégicas, que permitan la obtención de ingresos adicionales, aprovechando racionalmente los recursos naturales y activos fijos ya existentes, con técnicas innovadoras y eficientes, que aprovechen la experiencia y sus conocimientos, para producir arboles forestales que contengan excelente calidad y viabilidad en los campos donde vayan a ser plantados. Asimismo, producir plantas ornamentales de todo tipo utilizadas para jardinizar áreas verdes, banquetas y bordillos del sector para mejorar el aspecto de este municipio y la calidad de vida de los vecinos.

Visión

Para el 2020 ser el mejor productor a nivel regional de las diversas especies forestales y ornamentales, basados en estándares de calidad que permitan ampliar los canales de distribución y por ende seguir contribuyendo a la preservación del medio ambiente, generando empleos a personas de la comunidad; asimismo promover la conciencia ecológica entre los vecinos y la juventud, que favorezcan la convivencia y participación ciudadana.

Objetivos

- Producir la cantidad de plantas necesarias y que estas sean buenas, fuertes y sanas, para que cuando se las plante crezcan bien para cumplir con el objetivo de la plantación.
- Incorporar especies que se adapten a las condiciones climáticas de la zona, conociendo su cultivo y aumentando la diversidad.
- Reproducir especies de un modo natural y orgánico, aprovechando los recursos disponibles en la región y con el menor costo posible.
- Proteger especies y conservar el entorno natural.

- Fomentar acciones enfocadas a la educación ambiental, involucrando la participación activa de los miembros de las comunidades locales en el cultivo de árboles, que puedan ser plantados en las áreas afectadas por la deforestación.

3.3. Aspectos legales y reglamentos para el establecimiento del vivero

En cuanto material legal para el establecimiento, no se cuenta con una ley en específico que norme la construcción o regulación de tal actividad, más sin embargo, como el proyecto de Construcción del sistema de agua de lluvia, está enfocado para un vivero y parte de la promoción de mejora del medio ambiente, cada municipalidad debería contar con un vivero forestal que fomente la actividad productiva de plantas para la utilización del municipio.

Actualmente son pocos los viveros forestales que están inscritos en programas PINFOR que incentiva el INAB, es importante hacer saber que esta actividad no se limita únicamente a entidades de servicio público, sino también está abierta la propuesta para el sector privado, cuya vigencia de estos programas esta hasta el 2016.

La Ley Forestal, en su título VII, capítulo I, artículo 71, se refiere a los Incentivos Forestales, así:

Incentivos. El estado otorgará incentivos por medio del Instituto Nacional de Bosques (INAB), en coordinación con el Ministerio de Finanzas Públicas, conforme esta ley, a los propietarios de tierras, incluyendo a las municipalidades, que se dediquen a proyectos de reforestación y mantenimiento

en tierras de vocación forestal desprovistas de bosque, así como al manejo de bosques naturales y las agrupaciones sociales con personería jurídica, que en virtud a arreglo legal, ocupan terrenos de propiedad de los municipios.

Estos incentivos no se aplicarán a la reforestación derivada de los compromisos contraídos según los casos indicados en esta ley. Las plantaciones derivadas de programas de incentivos forestales se conceptúan como bosques plantados voluntarios”.

Que son los incentivos:

Los incentivos son un pago en efectivo, que el Estado otorga al propietario de tierras de vocación forestal, por ejecutar proyectos de reforestación o manejo de bosques naturales. El incentivo se otorga una sola vez para la misma área, de acuerdo al plan de manejo aprobado por el INAB.

Beneficiarios

- Municipalidades y comunidades
- Pequeños, medianos y grandes propietarios
- Grupos sociales organizados

3.4. Empresa sostenible

El objetivo del desarrollo de este proyecto es definir proyectos viables y reconciliar los aspectos económico, social, y ambiental de las actividades humanas y municipales, ya que deben tenerse en cuenta por parte de las comunidades, tanto empresas como personas, que estos proyectos ayudan a

las áreas más necesitadas y sin recursos a desarrollar un método autosostenible por el medio ambiente.

Ya sea que si principalmente los bienes que se cultivan se encuentran el área urbana los invernaderos o viveros desempeñan un papel importante, la práctica de la sostenibilidad y buena administración puede ser una parte integral de hacer un proceso verde, tanto ecológica como económicamente.

Parte de desempeñar un proceso verde y sustentable en el vivero es necesario reutilizar materiales en desuso o también conocido como reciclar, a continuación se mencionan algunas técnicas en las que se puede poner en práctica y que ayudan a incrementar la sostenibilidad en el vivero.

- Utilizar materiales reciclados para el embalaje y envío del material vegetal.
- Usar periódicos en lugar de "maní" de poliestireno para el embalaje.
- Evitar el uso de plásticos tanto como sea posible.
- Utilizar cordeles para atar las plantas en lugar de una cuerda de plástico.
- Utilizar recipientes de tela para almacenar las plantas en el vivero.
- Crear propiamente el material de compost o comprarlo localmente de operaciones equinas o de ganado.
- Utilizar alternativas naturales y orgánicas a los diferentes herbicidas y pesticidas.
- Utilizar técnicas de micro captación de agua de lluvia y técnicas de riego por goteo para economizar el agua.

3.4.1. Sostenibilidad laboral

El proyecto pretende ofrecer a las personas de la comunidad una formación sobre recolección de agua de forma natural y plantación, siendo las personas de escasos recursos el objetivo, para que puedan desarrollarse y continuar con nuevos proyectos.

La salud y el desarrollo sostenible están íntimamente unidos. La salud de las poblaciones depende directamente de la posibilidad de acceder a fuentes de agua limpias, de contar de sistemas de evacuación de aguas residuales, de ambientes libres de contaminación.

Es por ello que el vivero creará sostenibilidad laboral, ya que irá en crecimiento hacia un valor económico a corto y largo plazo, contribuyendo de esta forma al aumento del bienestar y al auténtico progreso de las generaciones presentes y futuras, tanto en su entorno inmediato como en el planeta en general.

Además creará un estilo de desarrollo que apuntará dos aspectos centrales, primero es garantizar a la población una calidad de vida digna con empleo, esto quiere decir generar oportunidades de empleo y por ende de autonomía y vida independiente para todo tipo de persona, ya que se contará con personas con capacidades diferentes que serán los responsables del cuidado de las plantas, de la producción y también los que se encargarán del diseño, mantenimiento de jardines, todo lo que se necesite para mejorar el entorno y el segundo, garantizar un manejo adecuado de los recursos naturales bajo un estricto respeto a las capacidades de recarga de los ecosistemas y a los equilibrios ecológicos, no solo en el presente, sino también en el futuro.

3.4.2. Sostenibilidad ambiental

Persigue el crecimiento económico sin descuidar la conservación de la calidad ambiental y la equidad social, por lo que se busca obtener los recursos para vivir y progresar sin que ello implique amenazar la subsistencia del medio ambiente.

Dado que el proyecto utiliza recursos renovables, es autosostenible por el medio ambiente, además de preservar el ecosistema y evitar la degradación de los recursos naturales.

El vivero fundamentalmente posee una línea, que es el ahorro energético, y también porque se utilizará el agua captada de lluvia fomentando los procesos de riego por goteo, para toda el agua que se usará para riego, lo cual permite demostrar que se pueden realizar actividades de este tipo utilizando procesos sostenibles.

La sustentabilidad requiere, entonces, llevar adelante cambios en la sociedad y la cultura, no solo cambiar ciertos patrones de producción y consumo. En consecuencia, el cuidado del ambiente es un tema que debe interesar y del que todos deben ocuparse. El comportamiento individual cotidiano, así como las acciones de incidencia sobre otras personas o grupos, políticas, estructuras, y sistemas pueden, conjuntamente, lograr beneficios significativos para el ambiente.

3.4.3. Sostenibilidad económica

Los recursos financieros para la ejecución del proyecto serán asignados por la Municipalidad de Mixco, dentro del marco de lineamientos de leyes locales. El proyecto promueve un uso inteligente de los recursos económicos en busca no sólo de ahorrar, sino de conseguir que el valor de la intervención sea mucho menor. Fomentando el uso racionalizado de los recursos naturales no renovables. Propone una economía de medios, materia y energía, proporcionalidad entre medios y fines.

La necesidad de respetar el entorno, por el buen futuro de próximas generaciones, iniciativas que orienten a regular los comportamientos organizacionales, con el objetivo de conseguir impulsar la toma de decisiones dentro de un marco que haga posible un desarrollo sostenible.

Esto puede posibilitar, no solo la protección del medio ambiente y desde todos los ámbitos de la sociedad, sino que además, asegure que la parte económica que toda actividad conlleva pueda tener una razón de ser, no exclusivamente en la búsqueda de un beneficio económico inmediato, sino en el sentido de permanencia a lo largo del tiempo, favoreciendo la creación de un entorno empresarial y laboral saludable lleno de enriquecimiento desde otros puntos de vista, como el del desarrollo personal, el sentimiento de realización y el pleno desempeño en sintonía con el mundo.

Para lograr esto, la economía sostenible debe satisfacer las necesidades de la sociedad tales como la alimentación, ropa, vivienda y trabajo. Por otro lado, el factor tecnológico, los recursos del medio ambiente y la capacidad del medio ambiente para absorber los efectos de la actividad humana, son básicos para un desarrollo en el tiempo.

4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

4.1. Justificación ambiental

Los impactos ambientales generados en esta etapa serán puntuales relacionados a una área específica y temporales, por cuanto, sus efectos sobre el medio no serán significativos. Los aspectos identificados están asociados al movimiento de tierras y montaje de las instalaciones para el proyecto.

El estudio de factibilidad demuestra que el proyecto con las características y dimensión recomendadas, generaría beneficios ambientales principales que corresponden a los objetivos básicos del estudio.

Menos dependencia en cuanto a la utilización de agua del sistema de abastecimiento de los vecinos de Mixco, la cual proviene de los pozos de la comunidad y que es escasa y racionada.

Reutilización de materiales reciclados, recuperar los materiales reciclables disminuye la cantidad de residuos sólidos que se depositan en los sistemas de relleno sanitario, y se prolonga la vida útil de estas facilidades. Al disminuir el volumen de los residuos sólidos destinados a los sistemas de relleno sanitario, los costos de recolección y disposición final son menores. El uso de materiales reciclables como materia prima en la manufactura de nuevos productos, ayuda a conservar recursos naturales renovables y no renovables.

4.2. Impactos negativos al ambiente

Ya que el vivero se encuentra en funcionamiento y el proyecto contempla implementar la construcción de un sistema de captación de agua pluvial sobre este mismo vivero, se considerarán los factores que en este proyecto afectaría al medio ambiente y la parte del reciclaje de materiales para la construcción del mismo, el cual estará sujeto al análisis de su impacto al ambiente.

Son muy pocos los impactos negativos cuando se trata temas de aprovechamiento de recursos naturales alternos como lo es el agua de lluvia, los principales efectos negativos sobre el ambiente en la cosecha de agua de lluvia es por la energía usada en la reutilización, reprocesamiento y distribución del agua dependiendo a que uso va destinada.

Parte de la instalación pueden ocasionar impactos negativos al medio ambiente:

- Las externalidades de la recolección, separación y transporte de los materiales que serán necesarios para el proyecto.
- Desecho que el proyecto genera como materiales restantes que pudieran existir: cemento, ripio, tubería, adhesivos, alambres, cables, entre otros.
- Los movimientos de tierra generarán incomodidades a la comunidad al inicio del proyecto.

4.3. Impactos positivos

El buen aprovechamiento de los recursos naturales escasos es ampliamente considerado como una opción a incentivar, debido a sus beneficios ambientales ya que mitiga la escasez de recursos naturales, vírgenes, disminuye los riesgos de alteración de ecosistemas, reduce la demanda de espacio en tiraderos y generalmente involucra ahorros en el consumo de energía.

Como se pudo observar en el capítulo 2.6.2 el sistema bajo las condiciones de ubicación y áreas de diseño especificadas, puede entregar un aproximado de 11 972 litros de agua mensuales por lo que actualmente para abastecer la demanda, se hace uso del sistema de abastecimiento de agua de la comunidad y camiones cisternas y de llevarse a cabo el proyecto, esta cantidad de agua no sería sustraída de los sistemas de distribución de las comunidades.

Por lo que el proyecto contribuye a reducir el agotamiento del agua potable del sistema suministrando agua de lluvia para el riego. Como parte del desarrollo sostenible planteado en el capítulo 3.4 con normas que incluso ya se llevan a cabo en el vivero, como es el reciclaje de productos para la producción, también es un impacto ambiental positivo ya que ayuda a la disposición de desechos sólidos, las emisiones a la atmósfera, la generación de lixiviados y los malos olores.

El beneficio más reconocido de la actividad de reciclaje es la disminución del uso de materias vírgenes o primas. Este proceso puede implicar también ahorros de energía, debido a que la utilización de ciertos materiales vírgenes,

resulta más intensiva en consumo de energía que el reprocesamiento de materiales reciclados.

Otros beneficios que la construcción del sistema de captación de agua de lluvia generaría para la población de Mixco serán:

- Disminución en gastos económicos ocasionados por el manejo de los desechos.
- Menor acceso a fuentes de agua.
- Disminución del volumen de desecho en los vertederos y medio ambiente.
- Generación de fuentes de empleo en sectores vulnerables.
- Disminución de los efectos directos en salud, higiene derivado de la generación de desechos.
- Disminución del gasto en inversión social y pública.

4.4. Impacto socioeconómico

La construcción está llamada a cumplir un papel fundamental en la conservación del medio ambiente y en el incremento de la producción agrícola, al ampliarse el recurso del agua, debido a la presión demográfica, uso irracional de los recursos suelo y agua, que anualmente hacen que las tasas de desertificación se incrementen significativamente.

Asimismo permitirá dinamizar la participación de las comunidades campesinas y poblados rurales organizados, en recuperar y adecuar las tecnologías propias que han hecho posible una vida mejor en civilizaciones pasadas.

El impacto socioeconómico estaría en el vivero ya que el precio de un tonel de agua está alrededor de los 8 quetzales, y si el vivero puede producir 11 972 litros de agua mensuales y 1 tonel = 195 L produce aproximadamente 62 toneles mensuales, en términos monetarios Q 496,00 mensuales en los meses con lluvia.

Tabla IX. **Beneficio económico**

Demanda mensual	
Cantidad de agua	62 toneles
Precio	Q 8,00
Total	Q 496,00

Fuente: elaboración propia.

Generación de empleo

Según estimaciones realizadas en los requerimientos de mano de obra para la construcción, serán necesarias al menos de 3 personas con conocimiento en obras civiles y un líder de proyecto, por lo cual serán 4 fuentes nuevas de empleo.

4.5. Medidas de mitigación

Las medidas contempladas, de carácter general, que se deberán tener en cuenta durante la ejecución de las obras son:

- Capacitar al personal en todos los aspectos de seguridad, salud y medio ambiente, a fin de prevenir los posibles riesgos.

- Todo el personal deberá respetar las señalizaciones y los cercos perimétricos temporales.
- Todo el personal contará con el equipo de protección personal adecuado para realizar sus labores, aplicará las políticas de seguridad y medio ambiente y recibirá la capacitación correcta para el desarrollo de sus labores.
- El personal a cargo de las labores de construcción, deberá conocer y cumplir las directivas y requerimientos sobre salud, seguridad y programas ambientales para actividades del vivero.
- El manejo de los residuos sólidos generados se realizará de acuerdo a lo señalado en el por el personal del vivero forestal.
- Se deberán llevar a cabo charlas diarias de 5 minutos antes del inicio de las labores diarias, sobre temas relacionados principalmente con seguridad y cuidado del medio ambiente.
- No exceder la capacidad de carga de los vehículos.
- Humedecimiento periódico en las zonas de trabajo, de acuerdo a las condiciones climáticas.
- Las excavaciones, montajes de estructuras y equipos, se limitará a lo estrictamente referido a los requerimientos de la obra.
- Durante las faenas de construcción se realizará el movimiento de tierras en las áreas estrictamente necesarias de manera que se minimice la intervención en la superficie de suelo y evitar mayores superficies con cambio de uso.
- Se debe instalar un baño portátil por cada 20 personas que laboren en la construcción del proyecto.
- Restringir las áreas de intervención, movilización de los vehículos y maquinarias solamente a zonas establecidas para las actividades constructivas.
- Estará prohibida la recolección o caza de fauna silvestre.

- Se mantendrá informados a los residentes locales acerca de las obras.

4.6. Impacto sobre la productividad de los viveros

La implementación del proyecto permitirá incrementar el rendimiento en las áreas del vivero a cielo abierto y permitirá disminuir los costos unitarios, y tener una mayor producción de tal manera que aumentará el ciclo de la reforestación.

Actualmente el número de plantas que salen del área del semillero son alrededor 190 por mes, de las cuales alrededor de 120 a 150 llegan a su ciclo final, un 63 % de productividad en el proceso del semillero al vivero de cielo abierto, a medida que las plantas van creciendo requieren una mayor cantidad de riego para su desarrollo de no ser así la planta va muriendo.

$$Productividad_{actual} = \frac{120 \text{ plantas obtenidas}}{190 \text{ plantas invertidas}} = 63 \%$$

El proyecto permitirá regular varios factores del clima tanto el viento directo, la lluvia y la sombra, la cual podrá ser regulada a la necesidad de la producción abriendo puertas y/o ventanas para lograr el clima adecuado, permitiendo que culminen más plantas el ciclo de producción.

El abastecimiento constante de agua suma una de las cualidades que el vivero presentaría para su producción vital, para el cultivo y actividades del vivero, permitiendo poder tener más producción no limitada por este recurso e incrementar el resultado final.

Se espera que de 190 plantas que salen del semillero puedan culminar su fase final al menos 180, eliminando los principales factores por lo que las

plantas se marchitan como es la escasez de agua, implementando asimismo sistemas de riego por goteo y promoviendo fertilizantes orgánicos.

$$Productividad_{con\ proyecto} = \frac{180\ plantas\ obtenidas}{190\ plantas\ invertidas} = 94\ \%$$

5. ESTUDIO ECONÓMICO

5.1. Inversiones iniciales del proyecto

La inversión inicial son los costos y gastos que conlleva montar el sistema de captación de agua pluvial en el vivero es decir la construcción del tanque, drenajes tuberías, equipo, en fin, todo lo necesario para que pueda llevarse a cabo el proyecto. Como el proyecto es implementarlo sobre el vivero que ya está en funcionamiento, ya no se considerarán muchos costos como el terreno, las estructuras, y algunos materiales que el vivero necesita para funcionar.

Bomba de agua

Esta se utilizará para extraer el agua de la cisterna al tanque de agua para abastecer el vivero de agua.

Tanque (tinaco)

Este se usará para almacenar agua de manera temporalmente, este está situado en una parte alta, para que por medio de gravedad pueda abastecer al vivero de agua sin necesidad del uso de electricidad.

La inversión inicial para poder llevar a cabo este proyecto se detallará más adelante y su costo total para cada uno de las 3 posibles alternativas está detallada a continuación:

Tabla X. **Inversión inicial**

Bomba de agua ½ HP	Q 580,00
Tanque rotoplas 600L	Q 1 250,00
Costo de los materiales	Q 6 855,00
Costo de las herramientas	Q 976,00
Subtotal	Q 9 661,00
Lámina policarbonato	Q 6 800,00
Mantenimiento (Lámina de policarbonato)	Q 355,00
Costo Total Alternativa 1	Q16 816,00
Lámina poliacryl	Q 6 000,00
Mantenimiento (Lámina de poliacryl)	Q 325,00
Costo Total Alternativa 2	Q15 986,00
Lámina PET	Q 5 210,00
Mantenimiento (Lámina de PET)	Q 286,00
Costo Total Alternativa 3	Q15 157,00

Fuente: elaboración propia.

5.1.1. Costo de los materiales

El costo de los materiales aproximado para la realización del proyecto se presenta a continuación, difiere únicamente en las 3 propuestas del techo con diferentes materiales botellas PET (materiales reciclados), lámina policarbonato y lámina fibra de vidrio.

Materiales para la realización del proyecto:

Tabla XI. **Costo de los materiales**

Cemento aproximadamente 20 sacos de 50 kg	Q1 480,00
Arena fina lavada 5 m ³	Q1 250,00
Hiero ¼ pulgada: aproximadamente 50 barras de hierro de	Q1 500,00
Alambre galvanizado 25 libras	Q 50,00
Grava lavada 5 m ³	Q1 500,00
Impermeabilizante para concretos 2 gal	Q 150,00
10 tiras de zinc 2 metros	Q 250,00
Cal 5 kg	Q 200,00
Plástico 12 m x 1 m	Q 80,00
Malla galvanizada 9,60 m x 1 m	Q 75,00
Tubo de PVC 75 aproximadamente 6 m de largo	Q 60,00
Tubo de PVC de ½ pulgada, aproximadamente 10 m	Q 70,00
Tubo de PVC de 1 pulgada, aproximadamente 6 m	Q 40,00
10 Curvas 45° de tubo de PVC 75	Q 150,00
Costo total	Q6 855,00

Fuente: elaboración propia.

Láminas para los techos

Diferentes tipos de techos para una misma área de aproximadamente 84 m² dimensiones de los techos, el vivero con dos áreas techadas la cual tiene un aproximado de 2 m x 10 m cada sección, cada área cuenta con 2 de estas secciones por lo que en un aproximado sería 40 m lineales de lámina por una altura de 2 m. Lo que daría un total de 80 láminas de 1 m de ancho por 2 de alto.

Lamina de poliacryl GC

Tabla XII. **Costo lámina poliacryl**

1 de láminas de poliacryl G5	Q 75,00
Costo total (80 láminas)	Q6 000,00

Fuente: elaboración propia.

Lamina de policarbonato

Tabla XIII. **Costo lámina de policarbonato**

1 de láminas de policarbonato	Q 85,00
Costo total (80 láminas)	Q6 800,00

Fuente: elaboración propia.

Botellas PET

Este tipo de lámina se construye con botellas PET utilizadas con capacidad de más de 3 litros, con la ayuda de un bastidor hecho de varillas de madera y una engrapadora a presión.

Se requiere de los siguientes materiales:

Tabla XIV. **Costos para lámina PET**

11 m lineales de madera de pino de 1 pulgada cuadrada previamente curada con aceite quemado para evitar la descomposición temprana.	Q 50,00
20 botellas PET de más de 3L	Q 2,00
50 grapas	Q 10,00
Precio unitario	Q 62,00
1 pistola para grapas a presión	Q 250,00
Costo total (80 láminas)	Q5 210,00

Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Costo de las herramientas

Los costos de las herramientas están relacionados a todas las herramientas necesarias para poder construir la cisterna y el techo de los viveros, que servirán para captar el agua pluvial y todas las demás instalaciones periféricas que servirán para llevar agua a la cisterna y de la cisterna al abastecimiento del vivero.

Las diferentes herramientas que se utilizarán están representadas de la siguiente forma:

Tabla XV. **Costo de herramientas**

Sierra mecánica para cortar hierro	Q 30,00
Pinza de puñado largo	Q 20,00
SERRUCHO para cortar madera	Q 45,00
Martillo	Q 40,00
2 palas	Q 100,00
Asadores	Q 100,00
Picos con punta ancha	Q 50,00
Cribas para arena fina	Q 65,00
Nivel de albañil	Q 25,00
Lama de alisar	Q 10,00
Palustrillo de rejuntar	Q 45,00
Hilo de nylon	Q 25,00
Una cinta métrica 5 metros	Q 20,00
Pedazo de esponja gruesa	Q 5,00
Escoba	Q 12,00
Reglas con 1,20 m de largo	Q 5,00
Regla con 1,80 m largo	Q 5,00
Paletas de albañil grande	Q 10,00
Paleta pequeña	Q 8,00
Paleta con punta	Q 9,00

Continuación de la tabla XV.

3 recipiente o baldes para contener agua	Q 35,00
Carretilla	Q 130,00
Tenaza	Q 15,00
Brochas grandes	Q 30,00
Escalera con un ancho de 44 cm y de altura de 2,5 – 3,0 m	Q 125,00
Varios metros de cuerda fina	Q 10,00
Algunos palitos de madera de varias medidas	Q 2,00
Costo Total	Q 976,00

Fuente: elaboración propia.

5.2. Costo de producción

El costo de la producción de agua refiriéndose a toda la operación necesaria para poder captar el agua pluvial y luego distribuirla al vivero, ya que no se puede producir sin incurrir previamente en costos, está mayormente enfocado en la electricidad que la bomba consume para llenar el tanque elevado para luego abastecer el vivero.

La bomba de agua tiene un consumo de 0,37 kw correspondientes al $\frac{1}{2}$ caballo de fuerza. El kilowatts por hora tiene un precio de alrededor Q 2,00 y la bomba funcionará un promedio de una hora diaria de lunes a viernes, dando un total de Q 15,00 por mes equivalente a Q 180,00 por año.

Tabla XVI. **Costo de producción**

Bomba de agua	Q 180,00
Costo Total	Q 180,00

Fuente: elaboración propia.

5.3. **Costo de mantenimiento**

El costo de mantenimiento está relacionado a mantener funcionando el proyecto alargando la vida y operación. Su mayor rubro estaría en el reemplazo de módulos de láminas, cualesquiera que fuera el material y el mantenimiento que requiriera la bomba y las tuberías que van de los tejados a la cisterna para que estas no se obstruyan.

Según los costos individuales del costo de cada una de las láminas de acuerdo a las medidas se pueden estimar los siguientes para un reemplazo de alrededor de 3 secciones por año:

Tabla XVII. **Costo mantenimiento lámina policarbonato**

3 láminas de policarbonato	Q 255,00
Mantenimiento de bomba y tuberías	Q 100,00
Costo total	Q 355,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Costo mantenimiento lámina poliacryl GC**

3 láminas de poliacryl GC	Q 225,00
Mantenimiento de bomba y tuberías	Q 100,00
Costo total	Q 325,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Costo mantenimiento lámina PET**

3 láminas PET	Q 186,00
Mantenimiento de bomba y tuberías	Q 100,00
Costo total	Q 286,00

Fuente: elaboración propia.

5.4. **Costos de administración**

Los costos administrativos para este proyecto incurren en el personal que pueda requerir contratar para iniciar y mantener operando el sistema. De acuerdo al organigrama presentado en el capítulo 3, se puede ver el personal necesario para poder operar y mantener funcionando el vivero y el sistema de captación de agua pluvial.

Tabla XX. **Costos administrativos**

1 Representante legal	Q 7 000,00
1 Ingeniero agrónomo	Q 5 500,00
1 Contador	Q 3 000,00
5 Agricultores	Q 12 500,00
Costo total	Q 28 000,00

Fuente: elaboración propia.

5.5. **Justificación ético-social-ambiental**

La escasez del agua es uno de los problemas más críticos que acontece en el mundo en el tema de los recursos naturales, ya que este recurso es cada vez más limitado y es tan vital para la humanidad.

La contaminación de mares y ríos por la utilización de elementos químicos en los procesos de fabricación de muchos productos y las catástrofes ecológicas que últimamente parecen no cesar, están consiguiendo que uno de los bienes más preciados se pueda convertir en un bien de auténtico lujo y escaso, como ya lo es en muchos rincones del planeta.

Las naciones unidas estima que el problema de la escasez de agua afecta a alrededor de 2,8 mil millones de personas en el mundo, alrededor de una de cada seis personas se ven afectadas por este problema. Guatemala se enfrentan con muchos problemas socioeconómicos como la desnutrición, la inseguridad, el desempleo, la corrupción, entre muchos otros problemas, ha venido perdiendo el equilibrio entre el ecosistema y la capacidad de coexistir

con la naturaleza, así como la cantidad y calidad de agua existente, la demanda y el equilibrio entre el volumen del agua utilizable disponible para la demanda misma.

Con todos estos problemas relacionados la población necesita recurrir a fuentes de abastecimiento alternas, una de ellas utilizada desde hace mucho tiempo como el recurso del agua pluvial, que si bien no tratada puede utilizarse para algunos usos domésticos y usos agrícolas como el riego y sometida a tratamientos hasta puede ser potable.

6. ESTUDIO SOCIAL

6.1. Stakeholders del vivero

Los *stakeholders* o grupos implicados del vivero forestal, son las políticas que forman parte de la administración y planeación del proyecto, los cuales coadyuven a la sustentabilidad del proyecto y el vivero forestal en sí.

Representados por:

La sociedad

Compuesta por todos los ciudadanos guatemaltecos ya que este proyecto impacta por la manera de solucionar un problema, que en muchas áreas del país están enfrentando, como es la escasez de agua. También se verán beneficiados con la restauración de recursos naturales, que impactan en la reducción de CO₂ y mejoran la calidad del aire de la región.

Las comunidades

Las comunidades aledañas al vivero pertenecientes al municipio de Mixco, por ende son beneficiadas con la implementación del proyecto al vivero, ya que este no dependerá en su totalidad del suministro de redes de agua del municipio y generará más recursos, beneficiando la calidad de vida de las comunidades aledañas y las comunidades donde están implantadas estos recursos naturales.

Los colaboradores

Se beneficiarán al tener más recursos para llevar a cabo sus tareas y podrán producir más plantas tratando de cubrir la demanda de este recurso.

6.2. Bien común, parques y jardines beneficiados

“El bien común es producto de un respeto al orden natural”. En la sociedad existe una serie de bienes que están al servicio de todos como son: parques, calles, bosques, ríos, lagos, entre otros, algunos de estos bienes el hombre los ha construido o los mantiene en la sociedad actual a través de impuestos.

Los bienes que pertenecen al ámbito ambiental sólo pueden conservarse cuando existe responsabilidad social de todos los ciudadanos, para lograr su sustentabilidad en el largo plazo.

Como se conoce, el agua es el elemento principal para que las plantas de cualquier parque o jardín se mantengan verdes.

Es imprescindible su presencia en el suelo para disolver los nutrientes de manera que las raíces puedan absorberlos. Las plantas extraen el agua del suelo por medio de sus raíces, y lo esparcen en el aire por medio de la evaporación a nivel de sus hojas. Los requerimientos de agua varían mucho, según las especies de árboles, el clima y el tipo de suelo.

Con este sistema de captación de lluvia todas las plantas de parques y jardines se beneficiarán ya que se concentrará todo el líquido necesario para su buen mantenimiento.

Los árboles más adaptados o las zonas áridas son capaces de desarrollarse con poca agua, gracias a varios mecanismos: raíces profundas que pueden ir a buscar el agua hasta 10 metros de profundidad.

En los parques o jardines se encuentra gran variedad de hojas pequeñas o grandes, raíces capaces de acumular agua por tiempos prolongados. Cuando llueve, obviamente se necesita menor cantidad de agua que cuando las lluvias están ausentes.

Adicionalmente, los ambientes naturales en buen estado de conservación previenen y mitigan los efectos de desastres naturales, además conserva la buena salud de los ecosistemas que a su vez protegen la vida.

6.3. Población que disfruta de los parques y jardines

Uno de los mayores problemas que se presentan es que el periodo de lluvia depende del mes y de que tanto se prolongue su inicio y su fin. Para ello se buscó una solución y en este caso es incorporar la colecta de agua de lluvia a través del techo, una metodología bastante simple y bastante antigua pero que en realidad es una muy buena solución.

El área de captación para tener una referencia y un número clave, es saber que por ejemplo 1 m² de captación equivale a 1 litro de agua acumulada por mm de lluvia caída, por lo tanto si se tuviera una precipitación de 100 mm en un techo de 30 m² se tendrían 3 000 litros de agua acumulada en una sola lluvia, muchas veces se da una lluvia de 100 mm.

A través de este proyecto se beneficiarán muchos parques, jardines, campos ya que con los canales que se crearán, el agua se acumula por lo que

la gente le puede dar el uso más adecuado y así poder disfrutar de la naturaleza que les rodea, a medida que se tenga agua va a existir semillas que germinen.

Los mayores interesados en este proyecto deben de ser estudiantes y vecinos del municipio de Mixco, ya que dichos establecimientos son utilizados para eventos como campeonatos, kermesses, actividades escolares, concursos, fiestas, así mismo como se han beneficiado de la jardinería de las banquetas; se reforestó la cordillera Alux.

El poder contar con un sistema de captación de lluvia que vaya creando mejoras en los parques y jardines, con los que cuentan en el municipio de Mixco, para que las personas que están en los alrededores pueden recrearse, es un gran avance para cualquier necesidad que se tenga, ya que no estarán dependiendo solamente de los días que llueve sino que tendrán agua de lluvia a su disposición en el momento que lo vayan requiriendo, y así poder lograr que las plantas vayan creciendo más rápido y poder ir reforestando más áreas secas o desoladas.

Por lo que se podrá ver el gran beneficio para la población, contarán con áreas verdes, y amplios espacios llenos de naturaleza, además para evitar estos daños, se tendrá la posibilidad de proteger ciertas zonas debido a su importancia para el medio ambiente. Entre las diferentes formas que tiene para concretar dicha protección, se encuentra la reforestación en los parques y jardines.

6.4. Recursos naturales restaurados

Los recursos naturales restaurados de manera directa estarían de acuerdo a la producción de los diferentes tipos de plantas con que el vivero cuenta y destina a producir, de acuerdo a las necesidades que ciertas áreas fueron previamente deforestadas. Entre los recursos naturales restaurados se tienen:

- Reforestación de la cordillera Alux
- Jardinización de parques
- Jardinización de aceras en calles de municipio de Mixco

También considera la reducción de CO₂ que las hojas de las plantas realizan con la fotosíntesis, la reacción conlleva la reducción de la molécula de CO₂ con electrones extraídos del agua, que a su vez oxida al dióxígeno (O₂) y se libera a la atmósfera como producto residual.

Existirán muchas áreas restauradas ya que el proceso de restauración será el siguiente:

En el momento que llueve cae esa agua a las canaletas que se encontrarán en la superficie del techo del vivero, el cual se desplazará hasta llegar a un recipiente donde se almacenará, con esta agua que esta almacenada se podrá regar las plantas que se tengan en el vivero y de este modo ser independientes de otros viveros que tenga la municipalidad de Mixco.

Es importante regar la planta cuando la superficie del suelo está seca al tacto. Brindar agua suficiente para humedecerlo completamente. Nunca dejar que el suelo se seque completamente. Rociar las plantas con agua todos los

días para elevar la humedad ambiental y mantener las hojas limpias y esto se logrará con el agua que estará almacenada después de una lluvia.

Al contar con más agua para poder regar las plantas, estas irán creciendo a mayor rapidez, esto depende del riego adecuado ya que las plantas tienen diferentes necesidades de riego, en función de la especie. El exceso de agua es tan perjudicial como la insuficiencia de agua.

Desafortunadamente, no hay una regla simple para determinar la cantidad de agua que se debe utilizar para cada una de las plantas, pero hay ciertas cosas que se pueden tener en cuenta. Si las hojas están creciendo lentamente, parecen inclinarse o si los bordes son de color marrón, es probable que no se estén regando lo suficiente. Si las raíces se pudren, y hay agua en el fondo del recipiente de la planta o si las hojas tienen secciones podridas, es probable que se esté echando demasiada agua.

También se puede tomar en cuenta que solo porque una planta crece lentamente no significa que requiera fertilización. Factores como la temperatura, la intensidad de la luz, el suministro de agua y la calidad del suelo afectan las tasas de crecimiento.

Luego de tener las plantas en el punto exacto para poder sacarlas del vivero, se podrán trasladar a los distintos parques o jardines con los que cuentan en Mixco y así poder plantarlos y reforestar todas las áreas que estén con disponibilidad de siembra.

6.5. Empleados indirectos del vivero con la municipalidad

El papel del trabajo indirecto se creará como resultado de las actividades que se realicen a partir del sistema de captación de lluvia. Un nuevo sistema de captación no solo proporcionará empleos para los que trabajen en el vivero, sino que también creará empleo indirecto para las personas que reforesten áreas desoladas de plantas en los jardines o parques de Mixco, a los transportistas ya que habrá que trasladar las plantas desde el vivero a sus diferentes destinos. Estos nuevos puestos de trabajo se crean como una consecuencia indirecta del sistema de captación de lluvia.

Las recicladoras también se beneficiarán ya que tendrán que proveer los materiales de láminas hechas de botellas PET.

Por otro lado para mantener los alrededores jardinizados se necesitará contratar los servicios de personas que le den el correcto mantenimiento y riego a las plantas en las áreas de parques y calles, estos serán empleos que se generan con la producción y utilización en los diferentes lugares de la comunidad.

Por lo que se dará mayor oportunidad a personas que puedan prestar sus servicios generados por la actividad económica del vivero y a su vez contribuir a que haya mayor cantidad de empleos.

6.6. Código de valores de los empleados para el vivero

La práctica de los buenos valores son fundamentales, las decisiones y relaciones sí se basan en una actuación responsable y transparente la integración de los empleados y el compromiso que tengan con su trabajo dará

un impacto positivo en la comunidad. Por consiguiente se plasman los principios, recoge la visión de excelencia que sirve como marco de referencia en la cual se fundamenta la misión del proyecto.

Al adoptar este código de valores se busca contribuir con la misión del vivero forestal y establecer las normas básicas de un buen comportamiento ético, tanto para la vida profesional como para la personal. Los cinco valores fundamentales representan los ideales más significativos para el vivero y su misión.

- Honestidad: el Servidor Público actuará con honradez, justicia, pudor, decoro y recato en cada uno de los compromisos adquiridos, también sabrá administrar correctamente los bienes propios y los ajenos.
- Excelencia: la excelencia, como un camino, logrando del todo el potencial posible, con actitud positiva, en donde el ser humano se siente capaz, buscando siempre lo mejor.
- Responsabilidad: la responsabilidad, como compromiso y asumir las consecuencias de las acciones y decisiones tomadas.
- Respeto: el respeto, como el comprender los derechos y responsabilidades de los demás, y actuar consecuentemente, valorando la diversidad y el entorno.
- Laboriosidad: el servidor público cumplirá diligentemente las actividades asignadas poniendo el mejor empeño en realizarlas, haciendo un trabajo responsable. Se alcanzarán satisfacciones valiosas y prestigio profesional.

6.7. Responsabilidad social empresarial

La responsabilidad social empresarial es una nueva cultura de negocios basada en principios éticos, respetuosa de las personas, familias, comunidades y medio ambiente, que rodea a la empresa y que contribuye a la competitividad de las empresas, bienestar general y desarrollo sostenible del país.

Para que una empresa o institución pueda tener un impacto positivo en la sociedad, abre una puerta a muchas posibilidades de intervención, ya que tradicionalmente se consideraba que donar dinero y practicar la filantropía era la forma correcta en que podían incidir positivamente en la sociedad. Ahora, la realidad demuestra que la filantropía es buena, pero de ninguna manera es suficiente para que un país de un salto significativo en desarrollo y calidad de vida.

Esta nueva cultura de negocios requiere de intervención de más innovación e involucramiento estratégico de la empresa. La buena práctica de esta metodología puede también generar oportunidades para la empresa, es decir, al mismo tiempo que la empresa contribuye con la sociedad, también se ve beneficiada y su negocio marcha mejor. Este nivel de involucramiento más innovador y más estratégico es lo que se denomina responsabilidad social empresarial, y va mucho más allá de hacer filantropía e inversiones sociales para convertirse en una nueva forma de hacer negocios.

Todo esto apunta a que la responsabilidad social forme parte de la empresa y que cada decisión que se tome considerará si las implicaciones económicas, sociales y ambientales y el impacto positivo o negativo que esta decisión podría tener sobre los *stakeholders* interesados de la empresa.

Parte del proyecto de responsabilidad social empresarial que la Municipalidad de Mixco tiene con su municipio, se ve reflejado en el vivero forestal que tiene como objetivo la restauración y producción de recursos naturales, que han sido destruidos como resultado de la urbanización. Llevando a cabo proyectos de reforestación en áreas donde han habido talas masivas de árboles y jardinería áreas que favorecen el entorno de la comunidad de Mixco.

6.8. Relación costo eficiencia

Es una herramienta de ayuda en la toma de decisión, su finalidad es identificar la manera más eficaz, desde el punto de vista económico, de alcanzar un objetivo. En el marco de la evaluación, este análisis permite contrastar la eficacia económica de un proyecto.

En el capítulo 1 se hace mención que el municipio de Mixco cuenta con 462 753 habitantes y una superficie de 132 km², el costo del proyecto es mencionado en el capítulo 5, por lo tanto el costo eficiencia es:

$$\frac{C}{E} = \frac{\text{costo del proyecto}}{\text{numero de habitantes}} = \frac{Q16\ 816}{462\ 753} = Q\ 0,36 / \text{habitante}$$

El resultado es que por cada habitante se invierte 0,36 centavos de quetzal al realizar este proyecto.

$$\frac{C}{E} = \frac{\text{costo del proyecto}}{\text{kilometro cuadrado}} = \frac{16\ 816}{132\ \text{km}^2} = Q\ 127 / \text{km}^2$$

El resultado de otro análisis es que por cada km² perteneciente al municipio se invierte 127 quetzales al realizar este proyecto.

CONCLUSIONES

1. La aparente abundancia del agua en el mundo ha dado la impresión de que se trata de un bien inagotable, pero todo ello ha conducido a que el hombre malgaste el recurso.
2. Es importante tener en cuenta la captación de aguas pluviales en el planeamiento y diseño de las ciudades, ya que supone una fuente alternativa de agua, con múltiples usos y además sirve para ahorrar agua potable.
3. Los sistemas de captación de agua pluvial a nivel comunitario consisten en captación, conducción, almacenamiento, potabilización y purificación, representando una opción eficaz, viable y aceptable desde el punto de vista cultural, económico y ecológico por las comunidades que no tienen acceso al agua.
4. Las obras de captación de agua pluvial son aceptadas por los habitantes de las localidades, debido a su fácil proceso constructivo, lo que permite disponer de una fuente de agua de buena calidad y cercana a sus viviendas.
5. Además, estos sistemas ofrecen una alta rentabilidad y mejora el bienestar social de las comunidades.

RECOMENDACIONES

1. Es importante que los materiales con los que estén construidas estas superficies, no desprendan olores, colores y sustancias que puedan contaminar el agua pluvial o alterar la eficiencia de los sistemas de tratamiento.
2. La superficie debe ser de tamaño suficiente para cumplir la demanda y tener la pendiente requerida para facilitar el escurrimiento pluvial al sistema de administración.
3. Es indispensable asegurar y verificar que las estructuras soporten el peso del canal más el agua de lluvia.
4. Se necesita la participación de los miembros de la sociedad para que desde cada una de sus actividades: en el hogar, en el trabajo, en la escuela, en la comunidad, en las áreas de recreación, consideren el valor del agua haciendo uso eficiente del recurso y cuidando de no regresarla tan contaminada para preservar la calidad de las reservas naturales del agua.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Coordinadora Indígena y Campesina de Agroforestería Comunitaria. *Cosecha de agua de lluvia*. Costa Rica: ACICAFOC, 2008. 86 p.
2. Departamento del Trabajo de Estados Unidos. *Equipo de protección personal, DOC 7*. Estados Unidos: OSHA, 2010. 2 p.
3. GARDUÑO, Manuel. *Sistema de captación del agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano*. México: CIDECALLI, 2007. 100 p.
4. GÓMEZ, Silvia. *Nuevos edificios deberán juntar el agua de lluvia* [en línea] <http://www.clarin.com/ciudades/Nuevos-edificios-deberan-juntar-lluvia_0_736126528.html> [Consulta: 10 de septiembre de 2012].
5. GUERRERO SPÍNOLA DE LÓPEZ, Alba Maritza. *Formulación y evaluación de proyectos*. Guatemala: USAC, 2004. 110 p.
6. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. *Aumento de la oferta hídrica*. República Dominicana: INDHRI, 2010. 179 p. ISBN: 978-9945-442-87-8.

7. MÉNDEZ VILLASEÑOR, Claudia. *Mixco, sin aprovechar las reservas de agua naturales, la municipalidad extrae líquido de pozos debido a la falta de proyectos de captación de lluvia*. [en línea] <<http://www.elperiodico.com.gt/es/20120323/pais/209910/>> [Consulta: 04 de mayo de 2012].
8. Ministerio del Ambiente Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, *Proyecto Araucaria XXI Nauta*. España: AECID, 2008. 20 p.
9. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. *Captación y aprovechamiento de agua de lluvia: opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina*. Chile: FAO, 2013. 276 p.
10. _____. *Manual de captación y aprovechamiento de agua de lluvia experiencias en América Latina*. Chile: FAO, 2000. 235 p.
11. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales México. *Sistemas de captación, almacenamiento y purificación de agua de lluvia*. México, DF: CONAFOR, 2010. 33 p.
12. Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural. *Guía de diseño para captación del agua de lluvia*. Lima: UNATSABAR, 2001. 18 p.