

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR “MIRIKIRI”**

**CARRERA: GESTIÓN DE AGUA Y RIEGO**



**PROYECTO DE GRADO**

**IMPLEMENTACIÓN DE MACRO TÚNEL PARA EL CULTIVO DE  
FRUTILLA EN SISTEMA DE PRODUCCIÓN SEMI – HIDROPÓNICO  
VERTICAL URBANO**

**Por**

**DIANA PRINCESA AJNOTA GUARACHI**

**Tutor**

**ING. ROGELIO NINA HUANCA**

**Proyecto de Grado presentado para optar el Título de Técnico Superior en  
Gestión de Agua y Riego**

**Comanche - Bolivia**

**2019**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto va dedicado;

A mis padres; Marco Antonio Ajnota Condori y Mery Irene Guarachi Alavi, quienes guiaron mi camino para culminar mis estudios.

Gracias a su apoyo, comprensión, motivación, esfuerzo y el gran sacrificio que siempre hicieron por mí. Por guiarme y ayudarme a cumplir esta meta, para ustedes estas líneas con amor y respeto infinito

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente darle las gracias a Dios por la sabiduría y paciencia que me dio para poder culminar este proyecto.

Al Instituto Tecnológico Superior Mirikiri, en especial a la carrera de Gestión de Agua y Riego por el apoyo brindado en mi formación académica.

A mis Asesores Ing. Rogelio Nina Huanca e Ing. David Villca Lequepi, por guiarme, brindándome siempre su apoyo y sugerencias para poder concluir con este proyecto.

A los miembros del tribunal revisor Ing. Ing. Teddy Gutiérrez y Javier Yugra Tintaya, por dedicar su tiempo para las correcciones y observaciones del presente proyecto.

A mis amigos; Sandra Aide Mamani Herrera, Jhesica Mayde Tuco Cusi, Daniel José Velásquez Colque, Micky Turco Mamani y Marcelo Diego Pongo, a los que colaboraron en el presente proyecto, brindando su ayuda incondicional, pero más que todo por ofrecerme su amistad durante todos estos años de estudio.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. DIAGNÓSTICO.....	1
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.5. OBJETIVOS.....	4
a)    OBJETIVO GENERAL.....	4
b)    OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.6. ALCANCE.....	4
a)    ALCANCE TEMPORAL.....	4
b)    ALCANCE ESPACIAL.....	4
1.7. MATERIALES Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION.....	4
a)    UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	4
b)    MATERIALES.....	5
c)    MÉTODOS.....	7
d)    TÉCNICAS.....	7
 <b>CAPÍTULO II.....</b>	 <b>8</b>
2.1. PRODUCCIÓN BAJO AMBIENTES PROTEGIDOS.....	8
2.1.1. CARPAS SOLARES.....	9
2.1.2. MACRO TÚNEL.....	10
¿Porque un macro túnel?.....	10
2.1.2.1. CARACTERÍSTICAS DE UN MACRO TUNEL.....	10
a)    Dimensiones.....	10
b)    Alto y anchura.....	11
c)    Largo.....	11
d)    Aspectos ambientales.....	12
2.1.3. VENTAJAS QUE BRINDA ESTA TECNOLOGÍA.....	12
2.1.4. CULTIVOS QUE SE ADECUAN A LOS MACRO TÚNELES.....	13

2.2. PRODUCCIÓN DE FRUTILLA.....	13
2.2.1. PRODUCCIÓN MUNDIAL .....	13
2.2.2. PRODUCCIÓN DEPARTAMENTAL .....	14
2.2.3. PRODUCCIÓN NACIONAL .....	15
2.3. CULTIVO DE FRUTILLA .....	15
2.3.1. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL CULTIVO.....	15
2.3.2. TAXONOMÍA DEL CULTIVO DE FRUTILLA.....	16
2.3.3. MORFOLOGÍA DEL CULTIVO DE FRUTILLA.....	17
a) Planta de la frutilla.....	17
b) Raíces de la planta frutilla .....	17
c) Tallo de la planta frutilla .....	18
d) Hojas de planta frutilla.....	19
e) Estolones o Guías.....	19
f) Flores de la planta frutilla .....	20
g) Inflorescencia.....	21
h) Fruto de la planta frutilla.....	21
2.3.4. MADURACIÓN DEL FRUTO .....	22
2.3.4.1. Crecimiento de la frutilla .....	22
2.3.4.2. Desarrollo y maduración de la frutilla.....	23
2.3.4.3. Requerimientos Nutritivos .....	23
2.3.4.4. Micronutrientes.....	24
2.3.5. FENOLOGÍA DEL CULTIVO DE FRUTILLA .....	24
2.3.5.1. Variedades .....	24
• Oso grande.....	25
2.3.6. EXIGENCIAS AGROECOLÓGICAS DEL CULTIVO .....	25
2.3.6.1. Temperatura.....	25
2.3.6.2. Humedad.....	26
2.3.6.3. Luz .....	26
2.3.6.4. Suelo .....	26
2.3.7. CARACTERÍSTICAS AGRONOMICAS .....	27
2.3.7.1. Preparación del suelo.....	27

2.3.7.2.	Retención de humedad .....	27
2.3.7.3.	Trasplante .....	28
2.3.7.4.	Densidad de la siembra.....	28
2.3.7.5.	Riego del cultivo .....	28
2.3.7.6.	Control de malezas .....	29
2.3.8.	CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES .....	29
a)	Plagas de la planta frutilla .....	29
b)	Enfermedades de la planta frutilla .....	30
2.3.9.	COSECHA.....	32
2.4.	RENDIMIENTO.....	32
2.4.1.	PROPAGACIÓN .....	32
2.4.2.	PLANTACIÓN.....	33
2.4.2.1.	Suspensión de flores .....	33
2.5.	CULTIVO VERTICAL.....	34
2.5.1.	CULTIVO VERTICAL DE FRUTILLA .....	34
2.5.2.	IMPORTANCIA Y CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO .....	35
2.6.	CASCARILLA DE ARROZ.....	35
2.6.1.	BENEFICIO DE LA CASCARILLA DE ARROZ EN LAS PLANTAS .....	35
2.6.2.	INFLUENCIA DE LA CASCARILLA DE ARROZ EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO .....	36
2.6.3.	TIPOS DE SUSTRATO.....	36
a)	Turba .....	36
b)	Cascarilla de arroz .....	37
c)	El humus de lombriz.....	37
2.7.	SISTEMA DE RIEGO HIDRÓPONICO .....	38
2.7.1.	QUE ES LA HIDROPONÍA .....	38
2.7.2.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA HIDROPÓNICO .....	38
2.8.	CONDICIONES NECESARIAS PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO HIDROPÓNICO .....	39
2.8.1.	RIEGO EN CULTIVO HIDROPÓNICO VERTICAL .....	39
2.8.2.	FRECUENCIA DE RIEGO .....	39

2.9. SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO .....	40
2.9.1. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO.....	41
2.9.2. DESCRIPCIÓN Y COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO .....	42
a) Cabezal de riego .....	42
b) Red de distribución.....	43
c) Filtro .....	43
d) Regulador de Presión.....	43
e) Emisores .....	44
f) Cinta de riego por goteo.....	44
g) Fertirrigación .....	45
h) Accesorios .....	46
2.9.3. CONDICIONES BÁSICAS NECESARIAS PARA INSTALAR UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.....	46
2.9.3.1. Instalación .....	46
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>49</b>
PROPUESTA DE INNOVACIÓN.....	49
3.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA.....	49
3.2. LOCALIZACIÓN .....	49
a) Macro Localización .....	49
b) Micro Localización .....	49
3.3. PROPÓSITO DE LA PROPUESTA.....	51
3.4. ETAPAS DEL PROYECTO .....	51
3.4.1. ETAPA 1. CONSTRUCCIÓN DEL MACRO TÚNEL.....	51
a) Diseño del macro túnel .....	51
b) Replanteo y trazado .....	52
c) Preparación y nivelación del terreno .....	52
d) Colocado de postes laterales para la construcción del macro túnel .....	52
e) Colocado de los arcos y tensores de sujeción del macro túnel .....	53
f) Colocado y sujeción del Agrofílm .....	53

3.4.2. ETAPA 2. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO SEMI-HIDROPÓNICO VERTICAL.....	54
Fase 1. Diseño del sistema de riego semi-hidropónico vertical urbano.....	54
ETAPA 3. IMPLEMENTACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FRUTILLA EN EL SISTEMA SEMI – HIDROPÓNICO.....	58
3.5. RESULTADOS E INTERPRETACION DE DATOS .....	60
a) CONSTRUCCIÓN DEL MACRO TÚNEL .....	60
b) IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO SEMI – HIDROPÓNICO VERTICAL.....	64
c) DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO SEMI - HIDROPÓNICO .....	71
3.6. IMPACTO TECNOLÓGICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y ECONÓMICO.....	72
3.7. PRESUPUESTO.....	74
3.8. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	75
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>76</b>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
4.1. CONCLUSIONES.....	76
4.2. RECOMENDACIONES .....	76
BIBLIOGRAFÍA.....	78
ANEXOS.....	89

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO 1.</b> Taxonomía de la Frutilla .....	16
---	----

## ÍNDICE DE MAPAS

<b>MAPA 1.</b> Mapa de ubicación Geográfica Provincia Pacajes .....	5
<b>MAPA 2.</b> MAPA DE UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE COMANCHE Y EL ITSM.....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Gráfica de ventas de frutilla (Mundial) .....	14
<b>FIGURA 2.</b> Equipo de fertiriego con Venturi como elemento de inyección de fertilizante .....	46
<b>FIGURA 3.</b> Plano de diseño de Macro Túnel .....	51
<b>FIGURA 4.</b> Diseño del Sistema de Riego Semi-Hidropónico.....	55
<b>FIGURA 5.</b> Sistema Venturi para la inyección de fertilizantes .....	57
<b>FIGURA 6.</b> Nº de diámetros (L/D) y coeficientes (k) para diferentes Accesorios .....	57
<b>FIGURA 7.</b> Diseño de la estructura del sistema semi-hidropónico vertical .....	58

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>IMAGEN 1.</b> Producción bajo ambientes protegidos.....	9
<b>IMAGEN 2.</b> Carpas Solares .....	9
<b>IMAGEN 3.</b> Macro Túnel .....	10
<b>IMAGEN 4.</b> Planta de frutilla .....	17
<b>IMAGEN 5.</b> Raíz de la planta de frutilla .....	18
<b>IMAGEN 6.</b> Tallo de la planta de frutilla .....	18
<b>IMAGEN 7.</b> Hojas de la planta de frutilla .....	19
<b>IMAGEN 8.</b> Estolones o Guías de la planta de frutilla .....	20
<b>IMAGEN 9.</b> Flores de la planta frutilla .....	21

<b>IMAGEN 10.</b> Inflorescencia de la planta frutilla .....	21
<b>IMAGEN 11.</b> Fruto de la planta frutilla.....	22
<b>IMAGEN 12.</b> Etapas de crecimiento de la frutilla.....	23
<b>IMAGEN 13.</b> Desarrollo y maduración de la frutilla .....	23
<b>IMAGEN 14.</b> Araña roja ( <i>tetranychus urticae</i> ) .....	29
<b>IMAGEN 15.</b> Pulgon ( <i>Aphys gossypi</i> y <i>Myzus persicae</i> ) .....	30
<b>IMAGEN 16.</b> Trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> ) .....	30
<b>IMAGEN 17.</b> Enfermedad de Oídio (frutilla) .....	31
<b>IMAGEN 18.</b> Mancha radicular de la hoja .....	31
<b>IMAGEN 19.</b> Podredumbre gris del fruto.....	31
<b>IMAGEN 20.</b> Sustrato Turba .....	36
<b>IMAGEN 21.</b> Cascarilla de arroz .....	37
<b>IMAGEN 22.</b> Humus de Lombriz.....	37
<b>IMAGEN 23.</b> Sistema de Riego hidropónico .....	38
<b>IMAGEN 24.</b> Sistema de Riego por Goteo .....	40

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> Temperaturas para el crecimiento de la frutilla .....	25
<b>TABLA 2.</b> Clasificación de las aguas del sistema de agua potable ITSM .....	55
<b>TABLA 3.</b> Frecuencia y tiempo de riego .....	66
<b>TABLA 4.</b> Presupuesto para la implementación de producción de frutilla con un Sistema hidropónico vertical .....	74

### ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>FOTOGRAFIA 1.</b> Replanteo y trazado de terreno.....	60
<b>FOTOGRAFIA 2.</b> Elaboración de muescas para las estacas .....	61
<b>FOTOGRAFIA 3.</b> Elaboración de hoyos para las estacas.....	61
<b>FOTOGRAFIA 4.</b> Colocado de las estacas de madera .....	61
<b>FOTOGRAFIA 5.</b> Colocado de los arcos del macro túnel .....	62

<b>FOTOGRAFIA 6.</b> Colocado de tubo PVC en las laterales del macro túnel.....	62
<b>FOTOGRAFIA 7.</b> Colocado de ganchitos para sujetar el nylon polietileno .....	63
<b>FOTOGRAFIA 8.</b> Tapado del plástico del macro túnel de las laterales .....	63
<b>FOTOGRAFIA 9.</b> Macro túnel con cubierta de plástico .....	63
<b>FOTOGRAFIA 10.</b> Tubería principal de salida de agua .....	65
<b>FOTOGRAFIA 11.</b> Componentes del equipo de riego y sistema Venturi .....	66
<b>FOTOGRAFIA 12.</b> Materiales para la construcción vertical del sistema de riego semi - hidropónico .....	67
<b>FOTOGRAFIA 13.</b> Armado de la estructura vertical.....	67
<b>FOTOGRAFIA 14.</b> Bandeja metálica revestida con plástico .....	67
<b>FOTOGRAFIA 15.</b> Perforación de los tubos PVC .....	68
<b>FOTOGRAFIA 16.</b> Colocado de conectores para la cinta de riego .....	68
<b>FOTOGRAFIA 17.</b> Colocado de las cintas de riego y cascarilla de arroz.....	69
<b>FOTOGRAFIA 18.</b> Colocado de tela en los tubos de drenaje .....	69
<b>FOTOGRAFIA 19.</b> Instalación terminada del sistema de riego semi-hidropónico vertical .....	69
<b>FOTOGRAFIA 20.</b> Plantines de frutilla.....	75
<b>FOTOGRAFIA 21.</b> Descubrir las raíces .....	70
<b>FOTOGRAFIA 22.</b> Lavado de raíces .....	70
<b>FOTOGRAFIA 23.</b> Colocado de los plantines de frutilla.....	71
<b>FOTOGRAFIA 24.</b> Sistema semi - hidropónico vertical para la producción de frutilla terminado.....	71
<b>FOTOGRAFIA 25.</b> Trazado de terreno .....	90
<b>FOTOGRAFIA 26.</b> Elaboración de muescas.....	90
<b>FOTOGRAFIA 27.</b> Cavar hoyos para las estacas .....	90
<b>FOTOGRAFIA 28.</b> Colocado de las estacas .....	91
<b>FOTOGRAFIA 29.</b> Colocado de los arcos del macro túnel .....	91
<b>FOTOGRAFIA 30.</b> Colocado de ganchos para sujetar el Agrofilm .....	91
<b>FOTOGRAFIA 31.</b> Tapado de las laterales para la sujeción del Agrofilm .....	92
<b>FOTOGRAFIA 32.</b> Macro túnel terminado .....	92
<b>FOTOGRAFIA 33.</b> Tubería principal de salida de agua del tanque.....	92

<b>FOTOGRAFIA 34.</b> Tubería secundaria y Sistema Venturi .....	93
<b>FOTOGRAFIA 35.</b> Materiales para la construcción vertical del sistema de riego.....	93
<b>FOTOGRAFIA 36.</b> Construcción y armado de la estructura vertical.....	93
<b>FOTOGRAFIA 37.</b> Bandeja metálica revestida con plástico e instalación del sistema de drenaje .....	94
<b>FOTOGRAFIA 38.</b> Perforación de los tubos PVC para el colocado de conectores ..	94
<b>FOTOGRAFIA 39.</b> Colocado de conectores para la instalación de las cintas para el sistema de riego.....	94
<b>FOTOGRAFIA 40.</b> Colocado de las cintas de riego y cascarilla de arroz.....	95
<b>FOTOGRAFIA 41.</b> Colocado de malla para el sistema de drenaje.....	95
<b>FOTOGRAFIA 42.</b> Sistema de riego semi - hidropónico vertical terminado .....	95
<b>FOTOGRAFIA 43.</b> Plantines de frutilla.....	96
<b>FOTOGRAFIA 44.</b> Separar el suelo de las raíces.....	96
<b>FOTOGRAFIA 45.</b> Lavado de raíces .....	96
<b>FOTOGRAFIA 46.</b> Trasplante de los plantines de frutilla al Sistema de riego semi-hidropónico vertical .....	97
<b>FOTOGRAFIA 47.</b> Sistema semi - hidropónico vertical para la producción de frutilla terminado .....	97
<b>FOTOGRAFIA 48.</b> Análisis Físico Químico de Aguas.....	98

## **CAPÍTULO I**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

Según (Alejandra P. , 2018), la producción de frutilla en Bolivia es limitada, esto se debe a un bajo consumo de la población. La principal zona productora del país constituye al departamento de Santa Cruz – Comarapa.

Aproximadamente se produce entre un 80 - 85% de frutilla en todo el país boliviano y un 60 - 70% de la producción de Comarapa llega al mercado del departamento de Cochabamba para su consumo y distribución a otros departamentos (IDEM, 2018).

Una alternativa para la producción del cultivo de frutilla es este nuevo sistema de riego semi-hidropónico vertical urbano en mini carpas familiares o macro túnel. Ayuda a utilizar todo el espacio aéreo de la carpa, incrementado el rendimiento del cultivo sin degradar el suelo (Beltrano J. y Gimenez D., 2015).

El objetivo del presente proyecto es incentivar la producción de frutilla en las comunidades, con el principal propósito de que la población consuma más hortalizas para garantizar la seguridad alimentaria.

La frutilla es un cultivo de adaptabilidad extraordinaria por la cantidad de variedades que existe, demuestra que puede ser cultivado en diversas zonas de nuestro país. Pero para poder introducir el cultivo en el altiplano, es necesario tomar en cuenta ciertos factores como; las bajas temperaturas y la limitada fertilidad de suelos propios del sector (Infoagro, 2012).

### **1.2. DIAGNÓSTICO**

Según (PDM, 2001 - 2005), en el Municipio de Comanche en el que encuentra ubicado el Instituto Tecnológico Superior Mirikiri, se caracteriza por tener condiciones climáticas adversas y suelos arcillosos.

Los principales cultivos que se presentan en la zona son: cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), cebada (*Hordeum vulgare*) y quinua (*Chenopodium quinoa*). En algunas comunidades también se produce trigo y cañahua.

Comanche basa su economía en la producción ganadera complementada con la actividad agrícola y adicionalmente se realiza la explotación de la caliza y la piedra de Comanche.

Según (PDM, 2001 - 2005), la clasificación establecida en el mapa ecológico de Bolivia, Comanche se encuentra en el piso Alto andino, donde es frecuente la presencia de heladas y precipitaciones en forma de nieve o granizo, con temperaturas media anuales que varían entre 6°C y 12 °C.

Noches muy frías, con 200 días de helada al año; con alta incidencia de radiación solar en el día, con precipitaciones pluviales que varían entre 300 a 550 mm/año y un déficit hídrico que permiten definirla como micro región semi-árida (PDM, 2001 - 2005).

Dentro de la zona por falta de conocimiento, no se desarrollan sistemas de riego tecnificado, el cual puede mejorar los sistemas de producción y dar buenos rendimientos en las plantas.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

El presente proyecto se llevó a cabo, con el objeto de contribuir a la producción del cultivo de la frutilla, se implementó un macro túnel con un sistema de producción semi-hidropónico vertical.

El sistema de riego semi-hidropónico vertical urbano es de fácil construcción, no precisa mano de obra especializado. Además de que este proyecto no requiere mucha inversión y se puede elaborar con materiales baratos como; el tubo de plástico PVC, fierros, nylon y madera.

La función más importante que cumplirá el sistema de riego, es utilizar todo el espacio aéreo de la carpa, incrementado el rendimiento del cultivo sin

degradar el suelo. Además de que será más fácil realizar las labores culturales ayudando a prevenir plagas y enfermedades en el cultivo.

Para obtener una mejor eficiencia en la utilización del agua, se implementó, un sistema de riego por goteo. Este nos dará una alta ventaja para la producción de frutillas, además de que no requiere de alta presión.

La implementación del sistema de producción semi-hidropónico vertical urbano, nos dará un mejor resultado para la producción. Beneficiando de esta manera a la comunidad del Municipio de Comanche.

#### **1.4. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La baja producción de frutilla en el Municipio de Comanche se debe a las condiciones climáticas adversas como las sequías, heladas y granizadas. Estos factores hacen que se presente un déficit hídrico en la planta afectando así la floración, llegando a dañar la maduración del producto.

Se pudo observar que, el Municipio de Comanche presenta un suelo arcilloso que afecta al desarrollo de la planta, este tipo de suelo tiene baja capacidad de infiltración y fertilización.

También está la falta de asistencia y conocimiento sobre las nuevas tecnologías para el manejo de cultivos ya que la mayoría de las personas que habitan Comanche, despilfarran el agua realizando riegos tradicionales para mantener sus cultivos.

Todos factores tienden a que el cultivo de la frutilla no pueda desarrollarse de manera considerable y sea baja la producción. Es por eso que en base a estos problemas se realizará el proyecto de implementar un sistema de riego semi-hidropónico vertical para el cultivo de la frutilla en Comanche.

## **1.5. OBJETIVOS**

### **a) OBJETIVO GENERAL**

- Implementar la producción de frutilla con un sistema semi-hidropónico vertical, para el mejoramiento de las técnicas de cultivo mediante la introducción de tecnología y el manejo de cultivos bajo un sistema de riego, en el Municipio de Comanche - Departamento de La Paz.

### **b) OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar la construcción del macro túnel de acuerdo al diseño planteado.
- Construir el sistema semi-hidropónico vertical urbano para la producción del cultivo de la frutilla.
- Implementar la producción de la frutilla, en el sistema de producción semi-hidropónico vertical.

## **1.6. ALCANCE**

### **a) ALCANCE TEMPORAL**

La siguiente propuesta será elaborada durante el Tercer y Cuarto Bimestre de la presente gestión 2019.

### **b) ALCANCE ESPACIAL**

El presente proyecto se llevó a cabo en predios del Instituto Tecnológico Superior Mirikiri, y tendrá un alcance espacial a todo el Municipio de Comanche y parte de la Provincia Pacajes.

## **1.7. MATERIALES Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **a) UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

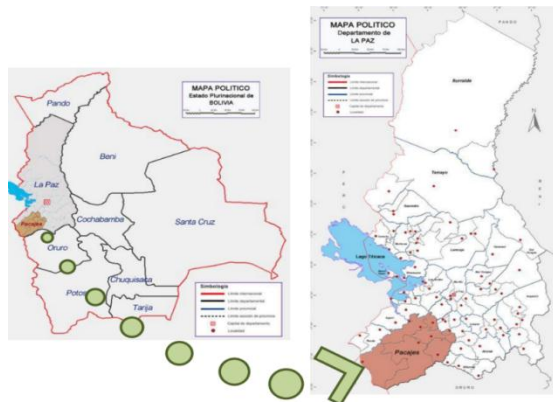
El Instituto Tecnológico Superior Mirikiri se encuentra ubicado en la Cuarta Sección de la Provincia Pacajes, al Noreste de la Provincia y al Sudoeste del Departamento de La Paz, a una distancia de 70 km.

La ruta de acceso al Municipio de Comanche es a través de la carretera troncal La Paz - Charaña. Limitada al norte con el municipio de Viacha, al oeste con el municipio Caquiaviri y al este con los municipios de Collana y Colquencha (PDM, 2001 - 2005).

## COORDENADAS

El municipio de Comanche se encuentra situado entre las coordenadas; 16° 45' 49" - 17° 5' 19" de Latitud Sur y 68° 2' 27"- 68° 35' 43" de Longitud Oeste.

**MAPA 1.** Mapa de ubicación Geográfica Provincia Pacajes



Fuente: (IGM, 2011)

## b) MATERIALES

### - Material vegetativo

- Plantines de frutilla

### - Sustrato

- Cascarilla de arroz

### - Materiales de construcción para el macro túnel

- Tubos de plástico PVC de  $\frac{1}{2}$
- Barras de fierro corrugado de  $\frac{3}{8}$

- Postes circulares de madera (Estacas)
- Agrofilm (Nylon Polietileno de 9 micras)
- Lienzo

**- Materiales de construcción de la plataforma del tanque**

- Vigas de madera semi dura
- Tablas de madera semi dura
- Tornillos de acero
- Volandas de acero
- Clavos de acero

**- Materiales de construcción de la plataforma del tanque donde se deposita el fertilizante**

- Tabla de madera
- Clavos de acero
- Vigas de madera

**- Materiales de construcción para el sistema de riego semi-hidropónico vertical**

- Cintas de riego
- Vigas de madera
- Tubos PVC  $\frac{3}{4}$
- Codos- te $\frac{3}{4}$
- Reductor de  $\frac{3}{4}$  a  $\frac{1}{2}$
- Nivel de agua
- Hierro angular en U
- Nylon negro
- Silicona en barra
- Chupones

- **Materiales para la construcción de sistema Venturi**

- Tubos PVC ½
- 1 Filtro
- 4 Codos ½ y te ½
- 3 Llaves de paso ½
- Reductor de ½ a ¾
- Unión universal ½

**c) MÉTODOS**

El presente proyecto utilizó el método descriptivo. Según (Triviño A. L., 2017), este método, consiste en evaluar ciertas características de una situación particular en uno o más puntos del tiempo.

En esta investigación se describirán las características más importantes de un determinado objeto de estudio con respecto a su aparición. El investigador buscara describir los datos obtenidos para descubrir cuales variables están relacionadas entre sí.

La investigación descriptiva busca especificar las propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Miden de manera independiente los conceptos o variables a los que se refieren y se centran en medir con la mayor precisión posible (Hernandez Fernandez y Baptista, 2003).

**d) TÉCNICAS**

En el presente proyecto se aplicará las siguientes técnicas que se detallan a continuación:

- **Observación:** Se observara los resultados tras la producción de frutilla implementado al sistema de riego semi – hidropónico vertical urbano

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

El presente proyecto se desarrollará bajo el siguiente marco teórico:

#### **2.1. PRODUCCIÓN BAJO AMBIENTES PROTEGIDOS**

La principal diferencia entre el cultivo al aire libre y en invernadero es el control que se puede tener sobre el clima o ambiente, para obtener desarrollos óptimos de las plantas (Yuste, 2014).

Un cultivo protegido es aquel que pasa parte a todo su ciclo de producción en un ambiente donde se ha modificado el microclima que rodea a la planta. Esta superficie incluye estructuras de protección permanentes (invernaderos y micro túneles) y no permanentes (acolchados y pequeños túneles) (QAMPO, 2017).

Según (UCDAVIS, 2018), el objetivo de la agricultura protegida es obtener producciones con alto valor agregado (hortalizas, frutas, flores, ornamentales y plantas de vivero). Además de:

- Proteger los cultivos de las bajas temperaturas.
- Limitar el impacto de climas áridos y desérticos.
- Reducir los daños ocasionados por plagas, enfermedades, nematodos, malezas, pájaros y otros predadores.
- Reducir las necesidades de agua.
- Extender las áreas de producción y ciclos de cultivo.
- Aumentar la producción, mejorar la calidad y preservar los recuerdos mediante el control climático.
- Producir fuera de época.

### **IMAGEN 1.** Producción bajo ambientes protegidos



Fuente: (wikilHows, 2019)

#### **2.1.1. CARPAS SOLARES**

Son construcciones permanentes, con abundancia de luz, control de temperatura y humedad, pudiendo poseer infraestructura de metal o madera, recubiertas por plástico, lo cual permite adelantar la cosecha (Altamirano, 2016).

(Dias, 2015), indica que los invernaderos o carpas solares, son ambientes relativamente reducidos que permitan conformar microclimas atemperados a la vez minimizan los efectos y consecuencias de las heladas.

Con la implementación de los invernaderos o carpas, se podrá suplir durante todo el año de estas hortalizas (Delgadillo, 2014).

En la actualidad en la ciudad de El Alto, algunas familias realizan cultivos a través de carpas solares que les permite incrementar la variedad, cantidad de los productos hortícolas (Machicado, 2014).

### **IMAGEN 2.** Carpas Solares



Fuente: (Gisbert, 2013)

### 2.1.2. MACRO TÚNEL

Los macro túneles son estructuras cubiertas para proteger los cultivos de fenómenos climáticos, teniendo en cuenta: Orientación, Tamaño del macro túnel y ventilación (INTA, 2018).

Estructura pequeña y construida con arcos sobre los que se adhieren cubiertas de plástico. Disminuye los efectos perjudiciales de las bajas temperaturas en los cultivos (InfoAgro, 2017).

El Macro túnel IMA es una estructura económica y muy sencilla, que permite cubrir grandes superficies de cultivo (Invernaderos IMA, 2019).

**IMAGEN 3.** Macro Túnel



Fuente: (Garcia, 2019)

#### **¿Porque un macro túnel?**

Debido a muchos factores como falta de espacio en sus terrenos, factores climáticos adversos; altos costos de los productos agrícolas, es que el macro túnel es una opción para producir hortalizas de excelente calidad para mejorar la dieta de la familia rural (InfoAgro, 2008).

#### **2.1.2.1. CARACTERÍSTICAS DE UN MACRO TÚNEL**

##### **a) Dimensiones**

El macro túnel es una estructura económica y muy sencilla que permite cubrir grandes superficies de cultivo cuando no se precisa controlar en

exceso las condiciones interiores del invernadero. Permite cubrir con plástico y malla (Dias, 2015).

Diseñados con estructura modular, de acero galvanizado de fácil y rápido embalse. Módulos adaptados a posibles modificaciones o ampliaciones posteriores (Bastida A., 2019).

(Zambrana, 2018), indica que las carpas solares o los macro túneles deben tener caída, la cual permite el deslizamiento de agua, heladas y granizadas que se acumulen en el techo de la infraestructura y controlar el movimiento del aire (vientos).

#### **b) Alto y anchura**

Según (Hartmann, 2013), indica lo siguiente:

- Ancho 3,30 metros
- Altura posterior 2.50 metros

Altura anterior 1.2 metros Según (Agro FDM, 2014), los macro túneles son estructuras que tienen:

- Ancho 4.0 a 8.0. metros
- Altura central es de 2.8 a 4.8 metros
- Altura lateral 1.0 a 2.5 metros

#### **c) Largo**

Las estructuras que tienen una medida aproximada de 17 metros por 5 de largo (Suarez, 2016).

El largo que debe de tener una carpa solar es de 9.60 metros y un ancho de 3.30 metros. La puerta debe de estar aproximadamente a 1.60 metros y las ventanas a 0.70 x 0.50 metros (Hartmann, 2013).

En cuanto al largo, se recomienda que no excedan los 50 a 60 metros, esto para facilitar su manejo, principalmente la colocación de los plásticos. Sin embargo, puede llegar a los 100 metros de largo (Invernaderos IMA, 2019).

#### **d) Aspectos ambientales**

El aspecto que se destaca en estas estructuras es que permiten aumentar las temperaturas medias y máximas diarias durante la temporada de producción y evitan, además que las temperaturas desciendan del grado en el mismo periodo. Por consiguiente, sería una herramienta de protección a las heladas (Miserendino, 2011).

La humedad relativa de un invernadero o carpa solar interviene en varios procesos, como: El amortiguamiento de los cambios de temperatura. Cuanto más húmedo este el ambiente, menos posibilidades existen de aumentar la evaporación y la transpiración de las plantas (Castellvi y Serrano, 2001 - 2002).

Una carpa solar es un sistema, capaz de transformar una serie de insumos, en alimentos no solo económicos sino energético, ambiental, etc. Lo que indica que, si el clima cambia, el ambiente del invernadero estará supeditado a las características (Velazquez, 2016).

#### **2.1.3. VENTAJAS QUE BRINDA ESTA TECNOLOGÍA**

Según (David G y Marco V, 2011), las ventajas de esta tecnología son las siguientes:

- Aumenta el rendimiento de los cultivos, en comparación de los cultivos al aire libre.
- Mejora la calidad del producto (mayor grosor del tallo, color intenso y sin daño por lluvia o granizo).
- Se facilita el deshierbe de malezas.
- Incrementa el margen neto de los cultivos bajo macro túnel.

Según (Sanchez, 2018), las ventajas que nos brinda esta tecnología son:

- Calidad de la producción
- Ciclo de riego controlado
- Mejor control sobre las plagas y enfermedades

Las ventajas del macro túnel según (Velasquez M. , 2013), son los siguientes:

- Mejor calidad de verduras
- El riego puede llegar a ser neto
- Control de plagas
- Control de hongos

#### **2.1.4. CULTIVOS QUE SE ADECUAN A LOS MACRO TÚNELES**

En Patagonia se han realizado evaluaciones de distintas especies y se comprobó que la lechuga y frutillas trasplantadas responden satisfactoriamente al sistema (Miserendino, 2011).

Por otro lado, se pueden utilizar como forma de forzado para especies que requieren mayores temperaturas al comienzo de su ciclo o para la colocación de bandejas de germinación o macetas (Agro FDM, 2014).

Según (Hister, 2015), en la cuenca mediterránea, el cultivo bajo invernadero es relativamente reducido. El más importante es el tomate, pimiento y melón. También se le puede incluir calabacín, fresa y lechuga.

## **2.2. PRODUCCIÓN DE FRUTILLA**

### **2.2.1. PRODUCCIÓN MUNDIAL**

Las frutillas son actualmente, el principal producto agrícola de exportación de España después de los cítricos. Este país abastece principalmente a la

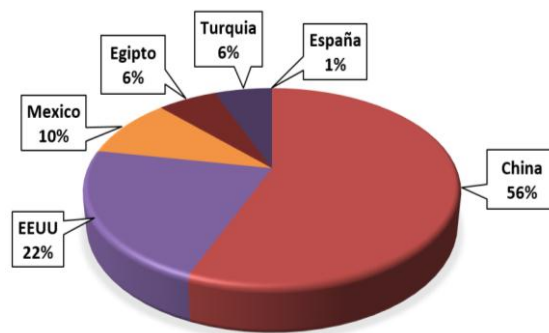
unión europea. En el año 2017 se exportó alrededor de 195 mil toneladas de frutilla (Olleran, 2010).

A finales de junio de 2018 se habían producido 93.545 toneladas de fresas en Australia con un valor de 445 millones de dólares (Velasquez, 2019).

China fue también el primer país productor en el mundo de la fresa, con una producción de 3.717.283 de toneladas en 2017 (Posada, 2019).

(Perdomo, 2019), señala que los otros productores importantes fueron los EEUU (15,7%), México (7,1%), Egipto (4,4%), Turquía (4,3%) y España (3,9%).

**FIGURA 1.** Gráfica de ventas de frutilla (Mundial)



Fuente:(Perdomo, 2019)

A nivel mundial la producción de frutillas ha crecido 13% en los últimos cinco años, alcanzando 4.516,810 toneladas en el año 2012. El principal productor es Estados Unidos, con 1.366,850 toneladas. De ellas, el 80% se destinó a mercado fresco (Pefaur, 2014).

## 2.2.2. PRODUCCIÓN DEPARTAMENTAL

En el municipio de Comarapa-Santa Cruz producen de 10 a 15 toneladas de frutilla por hectárea. Actualmente se produce entre el 80 y 85% de la frutilla de todo el país boliviano (Alejandra P. , 2018).

Entre 60 y 70 por ciento de la producción de Comarapa llega al mercado del departamento de Cochabamba para su consumo y distribución a otros departamentos (Carrillo, 2016).

Según (Sahonero, 2017), en el año 2016 el departamento de Cochabamba alcanzó las 4.3 toneladas de frutilla y en el año 2017 llegó a las 5.3 toneladas de frutilla.

El departamento de Tarija produce más de 30 mil kilos de frutilla al año (Céspedes, 2014).

### **2.2.3. PRODUCCIÓN NACIONAL**

(Alejandra, 2018), señala que en Comarapa se produce más de 12 variedades de frutilla, entre las que se destacan Camarosa, Monterrey, Camino Real y Sweet Charlie. La producción se prolonga, durante todo el año. Durante ese periodo puede salir ocho toneladas diarias rumbo a los mercados de Santa Cruz de la Sierra, Sucre, Cochabamba y La Paz.

El distrito rural Ucuchi del municipio de Sacaba es el mayor productor de frutilla a nivel departamental, produce entre 80 a 100 toneladas de cuatro variedades de esta fruta por año (Mamani G. , 2018).

## **2.3. CULTIVO DE FRUTILLA**

### **2.3.1. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL CULTIVO**

La planta de frutilla puede vivir varios años, sin embargo, dura uno o dos años en producción económica, ya que en cultivos de mayor edad las plantas se muestran visiblemente más débiles, con bajo rendimiento y frutas de menor calidad debido a una mayor incidencia de plagas y enfermedades (Proexant, 2004).

La frutilla es una planta que pertenece a la familia de las Rosáceas, género *Fragariae*. El origen de las actuales variedades comerciales de frutilla está

dado por el cruzamiento de una frutilla silvestre europea, obteniendo así híbridos de mayores rendimientos, mejor tamaño, sabor, aroma y calidad de su conservación post-cosecha (Quipildor, 2001).

La planta es una semirrecta. Presenta buena capacidad para producir coronas. Las hojas son grandes y de color ligeramente más claro. Se adaptan bien a una gran diversidad de condiciones edafológicas y tiene un alto potencial de producción (Douglas, 2002).

### 2.3.2. TAXONOMÍA DEL CULTIVO DE FRUTILLA

El origen del genero *Fragaria* no está definido. No obstante, este género agrupa unos 400 taxones descritos de los cuales 20 están reconocidos (Infoagro, 2012).

(Jorgensen y Ulloa, 2008), mencionan que la clasificación taxonómica de la frutilla es la siguiente:

**CUADRO 1.** Taxonomía de la Frutilla

<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<i>Fragaria vesca</i>
<b>REINO</b>	<i>Plantae</i>
<b>FAMILIA</b>	<i>Rosaceae</i>
<b>SUB FAMILIA</b>	<i>Rosaideae</i>
<b>GÉNERO</b>	<i>Fragaria</i>
<b>ESPECIE</b>	<i>F. vesca</i>
<b>ORDEN</b>	<i>Rosales</i>
<b>SUPERORDEN</b>	<i>Rosanae Takht</i>
<b>DIVISION</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>CLASE</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>TRIBU</b>	<i>Potentilleae</i>
<b>NOMBRE COMÚN</b>	<i>Fresa, frutilla</i>

Fuente: (Infoagro, 2012)

### 2.3.3. MORFOLOGÍA DEL CULTIVO DE FRUTILLA

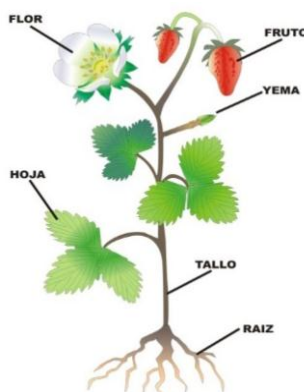
#### a) Planta de la frutilla

Es una planta silvestre, considerada la más antigua todos los continentes, y que ha dado origen a más de 400 variedades (Turizo, 2006).

La planta es semi-erecta, vegetación vigorosa y muy densa. Se adapta bien a suelos de poca fertilidad pero es sensible a Botrytis, Oidio y Viruela, también es atacad con facilidad por la araña roja (Douglas, 2002).

Es pequeña, de no más de 50 cm. de altura con numerosas hojas trilobuladas de pecíolos largos (Ordonez, 2015).

**IMAGEN 4.** Planta de frutilla



Fuente: (Ordonez, 2015)

#### b) Raíces de la planta frutilla

La mayor parte del sistema radical se encuentra en los primeros 20 cm del suelo, si bien hay una serie de raíces que llegan a mayor profundidad tanto la planta madre como los estolones, emiten raíces adventicias en la zona del tallo en contacto con el suelo húmedo (Maroto J., 2001).

Son de aspecto fibroso, se originan en la corona, se dividen en primarias que son responsables del soporte y nacen en la base de las hojas, y secundarias que son más delgadas y de color marfil (Olias, 2002).

Las raíces pueden penetrar en el suelo hasta 0,80 m, pero generalmente se encuentran en los primeros 0,40 m. Las raíces secundarias forman la masa radicular cuya función principal es la absorción de los nutrientes (Douglas, 2002).

**IMAGEN 5.** Raíz de la planta de frutilla



Fuente:(Infoagro, 2012)

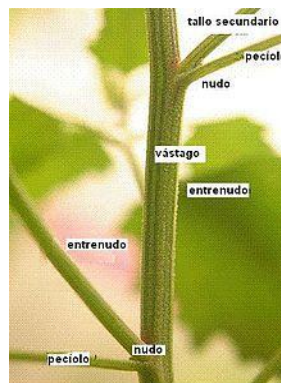
### c) Tallo de la planta frutilla

Según (Ospina, 2008), el tallo está compuesto por fragmentos muy cortos, el cual tiende a lignificarse e introducirse verticalmente al suelo.

La frutilla presenta un tallo de tamaño reducido denominado corona, lleva las yemas tanto vegetativas como florales y de ella nacen: las hojas, estolones o guías y las inflorescencias (Quipildor, 2001).

En una corona sana, al hacer un corte vertical o transversal, se deben observar su centro de color claro, sin manchas o coloraciones rojizas, que serán índice de alguna enfermedad fungosa (Ordóñez, 2015).

**IMAGEN 6.** Tallo de la planta de frutilla



Fuente: Wikipedia (2019)

#### **d) Hojas de planta frutilla**

(Llanos, 2006), citado por (Paredes, 2014) indica que los pecíolos de longitud variable, son pinnadas o palmeadas, subdivididas en tres folíolos, pero es común que en algunas variedades existan 4 o 5.

Tienen muchos estomas lo que permite su transpiración y a la vez las hace muy susceptibles a la falta de humedad; las hojas que posee le permite transpirar más o menos medio litro de agua en un día caluroso (Ordonez, 2015).

Las hojas se insertan en la corona. Son largamente pecioladas y provistas de dos estipulas rojizas. Su limbo está dividido en tres peciolos (Morales F. A., 2010).

**IMAGEN 7.** Hojas de la planta de frutilla



Fuente: Google (2019)

#### **e) Estolones o Guías**

Es un brote delgado, largo rastrero que se forma a partir de las yemas axilares de las hojas situadas en la base de la corona, se desarrollan en gran cantidad en épocas de alta temperatura (Ordonez, 2015).

Si todos los estolones se desarrollan libremente en forma radial. Sin embargo, en una plantación comercial no es aconsejable dejar crecer estos estolones ya que debilitan las plantas, bajando la producción de frutas. (Folquer, 2014).

Los estolones son las guías que emite la planta como estrategia de reproducción, estos deben ser eliminados para evitar que la planta destine esfuerzos (Douglas, 2002).

Se sugiere eliminarlos lo antes posible, al igual que las hojas envejecidas y enfermas. Durante el ciclo del cultivo será necesario efectuar el deshoje 2 o 3 veces (Hennig, 2007).

**IMAGEN 8.** Estolones o Guías de la planta de frutilla



Fuente: (Infoagro, 2012)

#### **f) Flores de la planta frutilla**

La flor de la frutilla es de simetría actimorfa (radial) pedunculada con un grueso receptáculo que se hipertrofia después de la fecundación para convertirse en la parte carnosa y comestible de la planta (Ordóñez, 2015).

Una corola está compuesta generalmente por 5 pétalos que a menudo pueden ser más de 12, generalmente blancos - rosados de forma variable, desde elípticos a redondeados u ovalados (Atle G. y Camargo A., 2005).

Van en inflorescencias largas y son polinizadas por insectos, en especial por abejas y por el viento. Si la polinización no es completa y quedan pistilos sin polinizar, el fruto resultará deformado (Maroto J., 2001).

**IMAGEN 9.** Flores de la planta frutilla



Fuente: (Infoagro, 2012)

**g) Inflorescencia**

(Olias, 2002), indica que las flores están agrupadas en inflorescencias, poseen tallos modificados en las que una bráctea sustituye en cada nudo a una hoja, mientras que la yema axilar de ésta se desarrolla en una rama secundaria o eje de la inflorescencia.

Las inflorescencias son del tipo “cima bífora” que pueden tener un raquis con ramificación alta o ramificación basal, para el primer caso dan una mayor facilidad para la recolección y en el segundo dan a veces frutos más grandes (Ordóñez, 2015).

**IMAGEN 10.** Inflorescencia de la planta frutilla



Fuente:(Olias, 2002)

**h) Fruto de la planta frutilla**

Su forma según Scott citado por (Folquer, 2014), puede ser achatada globosa cónica, cónica alargada, cónica alargada con cuello, en cuña alargada y en cuña corta y su color puede ser rosado, carmín, rojo o púrpura. Los “aquenios”, llamados vulgarmente semillas.

Son frutos secos insertados en la superficie del receptáculo o en pequeñas depresiones más o menos profundas denominadas criptas (Fujita M y Jurado P, 1990).

El color de los aquenios puede ser amarillo, rojo, verde o marrón. Un fruto mediano suele tener 150 a 200 aquenios, pudiendo llegar hasta 400 en los frutos de gran tamaño (Pérez, 2004).

**IMAGEN 11.** Fruto de la planta frutilla



Fuente: (Pérez, 2004)

#### **2.3.4. MADURACIÓN DEL FRUTO**

##### **2.3.4.1. Crecimiento de la frutilla**

Los frutos muestran un crecimiento rápido logrando el máximo tamaño 30 días luego de la anthesis dependiendo de las condiciones ambientales (Moore, 1970).

La cinética de crecimiento muestra patrones diferentes según el cultivar estudiado. En algunos casos se observan curvas sigmoideas simples, mientras que en otros se han descrito curvas doble sigmoideas (Infoagro, 2012).

El tamaño de los frutos está influenciado por la posición en la inflorescencia. Los frutos primarios presentan mayor tamaño que los secundarios y estos a su vez son más grandes que el terciario (Mamani G. , 2018).

**IMAGEN 12.** Etapas de crecimiento de la frutilla



Fuente: (Infoagro, 2012)

**2.3.4.2. Desarrollo y maduración de la frutilla**

El tiempo necesario para que los frutos se desarrollen totalmente depende de la temperatura pudiendo variar entre 20 y 60 días (Hennig, 2007).

El proceso de maduración ocurre rápidamente y las condiciones de calidad del fruto se mantienen por un corto tiempo. Este proceso involucra cambios en el color, sabor y textura (Infoagro, 2012).

El punto ideal de cosecha es cuando el 75% de la superficie del fruto presenta coloración roja, no debiendo cosecharse cuando tal coloración no alcanza el 50% de la superficie (Pizarro O. , 2006).

**IMAGEN 13.** Desarrollo y maduración de la frutilla



Fuente:(Infoagro, 2012)

**2.3.4.3. Requerimientos Nutritivos**

Según (Nina, 2003), para que la planta pueda cubrir todas estas necesidades, que juegan un papel importante en la elaboración de la

materia orgánica, traducida en hojas, raíces, tallos y frutos, son esenciales 16 elementos químicos.

Según (Hirzel, 2019), el manejo nutricional es uno de los factores de mayor importancia en el cultivo de frutilla, como el nitrógeno (N) puede generar excesivo crecimiento vegetativo y ablandamiento de la fruta, o la falta de otros como el boro (B) y potasio (K).

La frutilla, es una planta pequeña y de escaso desarrollo vegetativo, por lo que presenta una baja demanda de nutrientes minerales. Se desarrolla en climas cálidos húmedos, por lo tanto, es muy sensible a la salinidad y prefiere suelos moderadamente ácidos (Sierra, 2018).

#### **2.3.4.4. Micronutrientes**

(Cochi Rivas, 2017), señala que los micronutrientes o micro elementos son el Hierro (Fe), Manganeso (Mn), el Zinc (Zn), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl) y el Boro (B).

Según (Nina, 2003), ellos son parte de sustancias claves en el crecimiento de la planta, siendo comparables con las vitaminas en la nutrición humana; son absorbidos en cantidades minúsculas, su rango de provisión óptima es muy pequeño.

### **2.3.5. FENOLOGÍA DEL CULTIVO DE FRUTILLA**

#### **2.3.5.1. Variedades**

(Villagran A. , 2002), indica que la frutilla es una de las especies que posee más variedades debido a que es una planta sensible al clima: el rendimiento está determinada por la temperatura y luminosidad, situación que obliga a seleccionar los cultivares más adecuados a la zona de producción.

- **Oso grande:** Variedad de día cortó. planta vigorosa, de follaje oscuro y buena adaptación a climas templados. Fruto de gran tamaño, rojo – anaranjado, presenta buena residencia al transporte (Infoagro, 2012).

(Mamani S. , 2013), responde bien a trasplantes tempranos y al cultivo protegido, posee un buen equilibrio entre el desarrollo vegetativo y su entrada en producción.

Es conveniente no excederse con la nutrición nitrogenada y evitar las altas temperaturas ocasionadas por un mal manejo de la ventilación (Hartmann, 2013).

## 2.3.6. EXIGENCIAS AGROECOLÓGICAS DEL CULTIVO

### 2.3.6.1. Temperatura

Según (J. V. Maroto y López S., 1988), mencionan que la temperatura mínima de crecimiento de la planta es de 5 °C, estando la óptima entre los 20 y 26 °C.

Según (Infoagro, 2012), para el crecimiento y maduración de las frutillas son dadas por 17 °C de foto temperatura y 12 °C de micro temperatura critica.

Según (Jorgensen y Ulloa, 2008), continuación, se muestra las temperaturas optimas durante el desarrollo de la frutilla en °C.

**TABLA 1.** Temperaturas para el crecimiento de la frutilla

<b>DESARROLLO TEMPERATURAS</b>	
Germinación	23 – 27 °C
Crecimiento	20 – 26 °C
Floración	9 – 24 °C
Fructificación	16 – 18 °C

Fuentes: (Jorgensen y Ulloa, 2008)

### 2.3.6.2. Humedad

El rango óptimo de humedad relativa oscila entre el 65 y 70 por ciento. Si la presencia de humedad es excesiva, favorece la presencia de enfermedades, mientras que, si es deficiente, provoca daños en la producción (Infoagro, 2012).

La humedad relativa más o menos adecuado es de 60 y 75%, cuando es excesiva permite la presencia de enfermedad causadas por hongos, por el contrario cuando es deficiente, las plantas sufren daños fisiológicas que repercuten en la producción (Magna, 2014).

### 2.3.6.3. Luz

En cuanto a la luz necesitan 12 horas de luz diarias para tener buena productividad (Infoagro, 2012).

Según (A. Morales, 2017), el fotoperiodo se refiere a la cantidad de horas luz que tiene un día:

- **Días largos:** Días con más de 12 horas de luz. Favorecen el crecimiento de las hojas y estolones. Estos últimos inician su emisión con 12 a 14 horas de luz y disminuye con menos de 10 horas.
- **Días cortos:** Entre 8 a 11 horas de luz al día favorece el crecimiento de yemas sexuales o fructíferas.

### 2.3.6.4. Suelo

Requiere suelos, preferibles arenosos o franco arenoso, con buena capacidad de aireación y drenaje y contenido en materia orgánica. El pH debe oscila en torno a 6-7 (Infoagro, 2012).

La planta de frutilla se adapta bien a los suelos de textura franco – franco arenoso, con buen drenaje. Requieren terrenos planos o con lomajes

suaves. Con fertilidad media a alta y contenidos de materia orgánica entre 3% a 7% (A. Morales, 2017).

Según (Martinez, 2008), la granulometría óptima de un suelo para el cultivo de frutilla aproximadamente es de:

- 50% de arena silíceo
- 20% de arcilla
- 15% de calizas
- 5% de materia orgánica

## **2.3.7. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS**

### **2.3.7.1. Preparación del suelo**

El cultivo de frutilla requiere una adecuada preparación de suelo, que otorgue las condiciones favorables para el desarrollo de las raíces, circulación de agua y de aire. Para mejorar la capacidad de retención de la humedad del suelo y drenaje (Morales, 2017).

En la preparación de suelo se deben considerar las distintas acciones físicas de manipulación para modificar las características del terreno, que afectan el desarrollo de la planta (Martinez, 2008).

### **2.3.7.2. Retención de humedad**

La retención es función de granulometría del sustrato y de la porosidad de las partículas que lo componen, para juzgar adecuadamente los materiales disponibles (Ceballos y Calderón, 2001).

Es muy útil conocer la capacidad de humedad a saturación y la retención a capacidad de campo, es decir, la cantidad total de agua que el sustrato puede contener y la cantidad que retiene después de que el líquido ha sido ya eliminado por gravedad a tensión cero (A. Morales, 2017).

Este último dato es de vital importancia porque nos dice en qué medida el material mantiene la humedad alrededor de las raíces y hasta que punto permite que circule el aire (Folquer, 2014).

#### **2.3.7.3. Trasplante**

Antes de empezar el trasplante, se debe realizar una buena medición de la distancia entre plantas y la que se recomienda es de 30 cm entre plantas y 40 cm entre hileras (Vega, 2013).

Es importante tener en cuenta realizar una fertilización de cobertura y la que se recomienda es entre 8 y 10 gramos de fertilizantes cada dos plantas a una distancia de 10 cm entre estas (Alejandra, 2018).

#### **2.3.7.4. Densidad de la siembra**

La densidad de las plantas es muy importante para evitar la competencia entre plantas. La distancia normal es de 30 x 30 cm, pudiendo ser hasta de 40 x 40 cm. (Raidan L. M., 2011).

#### **2.3.7.5. Riego del cultivo**

La frutilla es un cultivo muy exigente en agua, una buena disponibilidad de este recurso representa la base necesaria para un cultivo rentable, en zonas donde las lluvias son insuficientes o mal distribuidas con relación al ciclo de la planta (Martinez, 2008).

Se considera un consumo hídrico de 400 a 600 mm anuales posee la mayor parte de sus raíces en la zona superficial y absorbe la mayor parte de sus necesidades de agua de los primeros 30 a 40 cm de profundidad (Martinez, 2008).

(Folquer, 2014), indica que la fresa es un cultivo muy exigente tanto en la cantidad de agua, bien repartida y suficiente a lo largo del cultivo, gran

sensibilidad a la salinidad, no soporta concentraciones de 1 g por litro de agua. Se considera que la planta tiene un consumo hídrico de 400 a 900 mm/año.

#### 2.3.7.6. Control de malezas

Según (Pedreros, 2019), las estrategias a considerar en el control de malezas en frutilla incluyen aspectos antes y después de plantar y se pueden resumir en:

- Desmalezado de perímetro de la plantación..
- Fumigación y preparación del suelo.
- Solarización y herbicidas
- Cubiertas orgánicas

#### 2.3.8. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

##### a) Plagas de la planta frutilla

Según (A. Morales, 2017), las plagas de la frutilla son las siguientes:

- **Araña roja (*tetranychus urticae*):** Se puede considerar la principal plaga, por la elevada incidencia, produciendo graves daño y por la dificultad que entraña su control mediante aplicaciones fitosanitarias (IDEM, 2019).

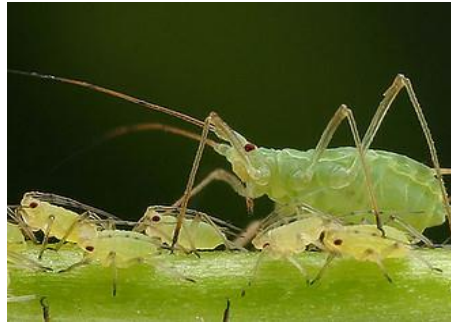
**IMAGEN 14.** Araña roja (*tetranychus urticae*)



Fuente: (Sudsuki F., 1992)

- **Pulgón (*Aphysgossypi* y *Myzuspersicae*):** Anatómicamente su característica más relevante es la posesión de un estilete en su aparato bucal, estructura capaz de atravesar la epidermis de las plantas hasta llegar al floema (IDEM, 2019).

**IMAGEN 15.** Pulgón (*Aphysgossypi* y *Myzuspersicae*)



Fuente: (Villagran A. V., 2006)

- **Trips (*Frankliniella occidentalis*):** Es un insecto que puede en muchos casos ser una plaga muy importante debido a las afecciones que causa en cultivos con fertilización nitrogenada (IDEM, 2019).

**IMAGEN 16.** Trips (*Frankliniella occidentalis*)



Fuente: (Farfan M., 2004)

## b) Enfermedades de la planta frutilla

Según (Cochi Rivas, 2017), las principales enfermedades de la frutilla son:

- **Oídio:** Según (Gonzales, 2017), el oídio afecta a las frutillas tanto en las hojas, flores y frutos. Primero aparecen manchas blancas constituidas por el crecimiento del hongo.

**IMAGEN 17.** Enfermedad de Oídio (frutilla)



Fuente: (Gonzales B. , 2017)

- **Podredumbre Gris del fruto:** según (Gonzales A, 2017), la enfermedad afecta a las infraestructuras de las frutillas en cualquier estado de madurez; también a las coronas.

**IMAGEN 18.** Podredumbre gris del fruto



Fuente: (Gonzales B. , 2017)

- **Mancha radicular de la hoja:** Según (Yabar, 2017), es una enfermedad esporádica. Es más frecuente en las hojas.

**IMAGEN 19.** Mancha radicular de la hoja



Fuente: (Gonzales B. , 2017)

### **2.3.9. COSECHA**

Según (Atle G. y Camargo A., 2005), mencionan que las frutillas maduran muy rápido en la planta, si es posible la cosecha debe hacerse todos los días durante la época de mayor producción.

(Nina, 2003), su estado de madurez debe estar a punto al presionarla, o sea cuando los frutos tengan tres cuartos de maduración ni demasiado verde ni demasiado maduro y a medida que se van recogiendo se coloca el receptáculo de escasa fondo que permitirá vaciarlas cómodamente.

Se realiza la poda en frutilla, esto para que las hojas que ya no sirve no consuman sus nutrientes haciendo que la planta distribuya nutrientes envano (Lema, 2010).

### **2.4. RENDIMIENTO**

(Mendoza C., 2013), indica que los factores que ejercen influencias sobre los rendimientos son el vigor general de las plantas, la ausencia de virus y nematodos, el cultivar, la estación (incluyendo posibles pérdidas por frío en la floración y la distribución de las lluvias o riego suplementario.

La producción mundial de fresa creció, entre 1990 y el 2000, a una tasa anual promedio de 2,4%, mientras que el área lo hizo al 5%, de manera que el rendimiento reporto un aumento promedio anual de 1,9% durante el mismo periodo. El 95% de producción mundial de fresa se concentra en el hemisferio Norte (Lema, 2010).

#### **2.4.1. PROPAGACIÓN**

(Chiqui, 2010), menciona que las plantas para la siembra definitiva pueden ser obtenidas de tres formas:

- Por semillas se obtienen plantas si se necesitan tener plantas híbridas, pero su propagación resulta ser muy lenta.

- Por estolón esta es la forma más rápida de obtener plantas puras ya que a poco tiempo de su plantación la planta madre inicia el brote de un gran número de estolones de los cuales se pueden obtener muchas plantas de un mismo estolón.
- Por hijuelo este método no proporciona muchas plantas debido a que las plantas madres emiten pocos hijuelos porque su mayor actividad es producir inflorescencias.

## **2.4.2. PLANTACIÓN**

(Stolk, 1963), señala que es preferible plantar en días nublados o en las últimas horas de la tarde, se debe colocar a una distancia de 0,20 a 0,40 m entre sí, se dará especial atención a los siguientes puntos:

- Las raíces han de quedar bien distribuidas dentro de los pequeños hoyos.
- El cuello de la planta debe quedar a nivel del suelo.
- Se ha de comprimirse bien el suelo de su alrededor. Cualquier falla en estos aspectos determinará la muerte de muchas plantas y la reducción de las cosechas.
- (Stolk E. , 2006), señala que al finalizar la siembra se dará un riego de asiento con lo que se logrará que las plantas queden en mejor contacto con el suelo.

### **2.4.2.1. Suspensión de flores**

(Pérez, 2004), señala que a veces al poco tiempo de trasplantar, cuando la planta aún no tiene vigor, empieza a florecer; estas primeras flores se deben suprimir para que la planta tome su vigor conveniente, ya que en caso contrario se quedaría pequeña y disminuiría su rendimiento.

## **2.5. CULTIVO VERTICAL**

(Montaño L., 2003), señala que el cultivo vertical implica desarrollar la técnica del cultivo sin suelo, ya que asegura condiciones físico- químicas constantes a los largos de la columna para el desarrollo radicular y distribución del agua, lo que se logra con el uso de sustratos adecuados.

Según (Douglas J., 2004) indica, que este es un tipo de cultivo forzado con un costo de mano de obra reducido y en espacio físico disponible, en el que se puede optimizar el uso de agua y la disminución de insumos, además se eleva la calidad y rendimiento.

La nutrición se hace de la misma manera que en un contenedor de madera, regando todos los días con solución nutritiva y con agua cuando es necesario (FAO C. d., 2003).

(SIPAB, 1994), en su informe anual señala que los cultivos verticales en ambientes atemperados son sistemas de producción que optimizan el espacio reducido y aprovecha la parte aérea con plantaciones caseras y comerciales.

### **2.5.1. CULTIVO VERTICAL DE FRUTILLA**

(ZAPP, 2000), indica que es una forma de cultivo forzado que constituye otra de las alternativas de producción. Cuenta el reducido costo de mano de obra, espacio físico disponible, se toma en cuenta que optimiza el uso de agua, disminuye el costo de insumos y eleva la calidad y el rendimiento.

(Alphi, 1987), quienes analizaron este tipo de sistema indican, que es un costo de mano de obra reducido y espacios físicos disponibles, en él se puede optimizar el uso del agua y la disminución de insumos, además se eleva la calidad y rendimiento

Según (Douglas J., 2004), algunas ventajas del sistema verticales de producción de la fresa.

- Mayor densidad de plantación como en el suelo.
- No hay laboreo como en el suelo.
- Fruto firme.
- Facilidad de protección cuando están en invernadero.
- Conseguir una producción unitaria más elevada.
- Disminuir gastos de operación en el cultivo.
- Mantener los cultivos en un ambiente fitosanitario bueno.

## **2.5.2. IMPORTANCIA Y CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO**

La frutilla, es una especie de amplia distribución por el mundo, los trabajos de mejoramiento varietal han desarrollado variedades adaptadas a diferentes condiciones (Maroto J., 2001).

Según (A. Morales, 2017), la frutilla es una planta herbácea, que crece en forma de roseta, posee un sistema radicular muy superficial (la mayoría de las raíces no sobrepasan los 25 cm).

Presenta un tallo poco desarrollado que se conoce con el nombre de “corona”, de la corona nacen nuevas hojas, se caracterizan por poseer un largo peciolo, están divididas en tres foliolos y cubiertas de pelos en el envés (Montaño, 2003).

## **2.6. CASCARILLA DE ARROZ**

### **2.6.1. BENEFICIO DE LA CASCARILLA DE ARROZ EN LAS PLANTAS**

La cascarilla de arroz mejora las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilitando la alteración, absorción de humedad y el filtraje de nutrientes (Fundesyram, 2018).

Beneficia el incremento de la actividad macro y microbiología de la tierra al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas (FAO C. d., 2018).

Según la (FAO C. d., 2018), Bio-arroz soluciona tres graves problemas al mismo tiempo:

- Producción eficiente de alimentos esenciales.
- Reciclaje de la cascarilla de arroz, un residuo muy contaminante.
- Regeneración de los suelos erosionados.

### **2.6.2. INFLUENCIA DE LA CASCARILLA DE ARROZ EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO**

La estabilización de los suelos arenosos adicionaron ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y residuo calcáreo de conchas de abanico (RCCA) para mejorar su capacidad de soporte (Alvarado, 2018).

Entre sus principales propiedades físico – químicas tenemos que es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje, buena aireación y su principal costo de transporte (Calderon, 2003).

### **2.6.3. TIPOS DE SUSTRATO**

#### **a) Turba**

Está formado por restos de vegetación acuática de pantanos o marismas que han sido conservados bajo el agua en estado de descomposición parcial. Siendo este medio muy rico en materia orgánica y por consiguiente, tiene una elevada captación de retención de agua y buena aireación (Pérez., 1998).

**IMAGEN 20.**SustratoTurba



Fuente: (Fernandez, 2018)

## b) Cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz tiene características y propiedades químicas con baja tasa de descomposición, es liviana, inerte, no tiene humedad y provee aireación y buen drenaje, su capacidad de retención de humedad (Montaño L., 2003).

**IMAGEN 21.** Cascarilla de arroz



Fuente: (FAO C. d., 2018)

## c) El humus de lombriz

Es uno de los mejores abonos orgánicos, porque posee un alto contenido en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, elementos esenciales para el desarrollo de las plantas. Ofrece a las plantas una alimentación equilibrada con los elementos básicos utilizables y asimilables por sus raíces (Brechelt A., 2004).

**IMAGEN 22.** Humus de Lombriz



Fuente: (Toni, 2019)

## **2.7. SISTEMA DE RIEGO HIDROPONICO**

### **2.7.1. QUE ES LA HIDROPONÍA**

Hidroponía, es un conjunto de técnicas que permite el cultivo de plantas en un medio libre de suelo. La hidroponía permite en estructuras simples o complejas (Beltrano J. y Gimenez D., 2015).

Un cultivo hidropónico es un sistema aislado del suelo, utilizado para cultivar plantas cuyo crecimiento es posible gracias al suministro adecuado del requerimiento hídrico nutricional, a través del agua y solución nutritiva (Douglas J., 2004).

El desarrollo actual de la técnica de los cultivos hidropónicos, está basada en la utilización de mínimo espacio, mínimo consumo de agua y máxima producción y calidad (Pefaur, 2014).

**IMAGEN 23.** Sistema de Riego hidropónico



Fuente: (ZAPP, 2000)

### **2.7.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA HIDROPÓNICO**

La hidroponía es una técnica de cultivo sin tierra, en la cual se hace crecer plantas con o sin sustrato (el cual nunca es tierra, puede ser arena, concha de coco, concha de arroz, técnica suspensión en el aire), el cual solo sirve de sostén para las raíces (Fabian, 2019).

El cultivo de las plantas sin suelo se desarrolló a partir de investigaciones llevadas a cabo para determinar que sustancias hacían crecer a las plantas y la composición de ellas (Céspedes, 2014).

Según (Hagget, 2013), principalmente este sistema está compuesto por:

- Una fuente de agua que impulsa por bombeo este recurso hídrico a través del sistema.
- Recipiente con soluciones madre (nutrientes concentrados)
- Cabezales de riego y canales donde están los sustratos.
- Las plantas
- Los conductos para aplicación de fertiriego.
- Un receptor del efluente.

## **2.8. CONDICIONES NECESARIAS PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO HIDROPÓNICO**

### **2.8.1. RIEGO EN CULTIVO HIDROPÓNICO VERTICAL**

Según (Verdier M., 2000), menciona que los sacos pueden ser irrigados por medio de tuberías con puntos de descarga cada 0,30 m y caudales de 2,9 L/hora/goteo, a una presión de trabajo de 0,7 Kg/m<sup>2</sup>.

Los volúmenes de agua aplicados están en función de las circunstancias medio ambientales y de los requerimientos de la planta, de manera que se obtenga la mínima percolación en los orificios de drenaje en la parte inferior del saco (Zarate, 2014).

### **2.8.2. FRECUENCIA DE RIEGO**

(Medina J. , 2006), indica que la otra tendencia es regar con intervalos fijos que naturalmente habrá que cambiar según las épocas del año. Las cantidades de agua aplicada no serán las mismas, y la eficiencia en el aprovechamiento del agua por el cultivo es ligeramente inferior.

Para (Stolk E. , 2006), indica que la fresa es muy exigente en cuanto a humedad del suelo y como se dijo, no tolera ni el exceso ni deficiencia de agua.

Por lo tanto, deberá prestarse especial atención en no incurrir en ninguno de los extremos, y ajustar la frecuencia de los riegos a las características de cada zona (Mamani S., 2013),

## 2.9. SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

Según (Mendoza, 2015), los sistemas de riego por goteo permiten conducir el agua mediante una red de tuberías y aplicarla a los cultivos a través de emisores que entregan el agua en forma de gota por medio de goteros.

(Lopez, 2010), citado (Valdez, 2008), el riego por goteo se establece en los sistemas, que aplican el agua con caudal no superior a 16 l/h por punto de emisión o metro lineal de manguera de goteo.

Según (Maroto, 2005), es un riego que consiste en hacer circular una lámina de agua por la tierra. Con este sistema se reduce el peligro de erosión, se evita el mojado directo de la planta.

A su vez (Irristock, 2010), indica que el riego por goteo fomenta el control responsable del regadío de un cultivo, independientemente de su tamaño. Un sistema de riego por goteo eficaz ahorra una gran cantidad de agua.

**IMAGEN 24.** Sistema de Riego por Goteo



Fuente: (Gardeneas, 2016)

### **2.9.1. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO**

(Hayshi, 2010), menciona que las características del riego por goteo son las siguientes:

- Emisión de agua por fuentes puntuales que mantienen baja la tensión del agua en la zona mojada.
- Utilizan pequeños caudales.
- El agua es emitida bajo forma de gotas o pequeños chorros.
- El principal medio de propagación del agua es el suelo.

Así mismo (Liotta, 2015), señala que las ventajas del riego por goteo con respecto a los sistemas de riegos tradicionales son las siguientes:

- Mejor aprovechamiento del agua.
- Posibilidad de utilizar agua con un índice de salinidad más alto.
- Mayor uniformidad del riego.
- Mejor aprovechamiento de los fertilizantes.
- Aumento de la cantidad y calidad de las cosechas.
- Menor infestación por malas hierbas, debido a la menor superficie de suelo humedecido.
- Posibilidad de aplicación de fertilizantes, correctores y pesticidas con el agua de riego.
- Facilidad de ejecución de las labores agrícolas, al permanecer seca una buena parte de la superficie del suelo.
- Ahorro de la mano de obra.

Entre tanto los inconvenientes de acuerdo a (Dominguez, 2019), son:

- Se necesita un personal más calificado.
- Hay que hacer un análisis inicial del agua.
- Cuando se maneja mal el riego existe riesgo de salinización del bulbo húmedo.

- Hay que vigilar periódicamente el funcionamiento del cabezal y de los emisores, con el fin de prevenir las obstrucciones.
- Es preciso hacer un control de las dosis de agua, fertilizantes, pesticidas y productos aplicados al agua de riego.
- Exige una mayor inversión inicial.

(Medina J. , 2006), citado por (Farfan M., 2004) señala que en el riego por goteo, el suelo no es mojado en su totalidad. Este riego solo abastece la parte de las raíces.

Mientras que (Moya, 2005), menciona que, a mayor cantidad de agua y tiempo de riego, el bulbo se hace mayor hasta un cierto límite. El exceso de agua podría perderse sin aumentar la superficie humedecida en suelos muy permeables (arenosos y pedregosos).

(Valdez, 2008), señala que las grandes ventajas que aporta el sistema de riego compensan sobradamente los inconvenientes citados, por otra parte, puede tener una solución relativamente simple. El costo inicial se puede amortizar en poco tiempo y la obstrucción de goteros se puede evitar si se sigue una tecnología de fertirrigación adecuada.

## **2.9.2. DESCRIPCIÓN Y COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO**

**a) Cabezal de riego:** Según (Valdez, 2008), el cabezal de riego consta de los siguientes componentes;

- Contador:
  - ✓ Normalmente este aparato de control de agua va situado después del filtro, pero por las características de Lanzarote se sitúa al principio del cabezal.
  - ✓ Es importante hacer las lecturas después de cada riego para saber qué cantidad de agua estamos dando al cultivo.

- Bomba:
  - ✓ Solamente es necesaria en los sitios en los que la presión de trabajo no es suficiente para que el riego funcione correctamente.
  
- Abonadora:
  - ✓ Este accesorio es importante para poder realizar el abonado y el riego a la vez.
  - ✓ No es imprescindible, siempre y cuando se realicen las labores de abonado de otra manera.
  - ✓ Existen tres sistemas de abonado:
    - Tanque de abonado
    - Inyector de abono
    - Bomba de inyección.

**b) Red de distribución:** Según (Gurovich, 2004), a la hora de planificar el diseño de la red de distribución, es imprescindible conocer los caudales que vamos a necesitar a la hora de realizar los riegos. Una vez conocidos éstos, podemos dimensionar la tubería principal, la tubería secundaria y la línea porta goteros.

**c) Filtro:** (Fuentes S. , 2006), menciona que es un elemento imprescindible en cualquier sistema de riego por goteo, aunque creamos que el agua viene limpia y no es necesario filtrarla.

En el mercado existen tres tipos de filtros. Filtro de arena (filtra sustancias orgánicas como bacterias). Filtro de malla (filtra sustancias inorgánicas como arena), Filtro de Disco (cumple las dos funciones), (IDEM, 2019).

**d) Regulador de Presión:** (Cadahia, 2000), indica que es importante para controlar la presión a la que queremos trabajar, dado que los goteros no

auto compensados dan más cantidad de agua a mayor presión. Para saber la presión del sistema existe un accesorio que se llama manómetro.

#### **e) Emisores o Goteros de la cinta de riego**

(Moya, 2005), indica que antes de instalar un sistema de riego debemos saber qué tipo de goteros vamos a utilizar. En el mercado existen dos tipos de goteros:

##### **I. Auto compensados:**

- Compensan la presión en cualquier punto del sistema de riego, esto quiere decir, que todos los goteros van a dar la misma cantidad de agua (Lopez, 2010).

##### **II. No auto compensados:**

- Estos goteros no compensan la presión en el sistema, pero se pueden utilizar sin ningún problema en terrenos llanos (Lopez, 2010).

#### **f) Cinta de riego por goteo**

(Gomez, 2007), menciona que las cintas de goteo son construidas de polietileno semi rígido o blando, vienen en rollos con longitudes que van de 300 a 200 metros.

(Lopez, 2010), menciona que la colocación de estas cintas es muy sencilla y rápida, en virtud de la gran longitud de los rollos y se emplea por su bajo costo.

En cultivos de marco de plantación muy estrecho que pueden persuadir una gran densidad de goteros. En general son bastante sensibles a las obstrucciones ya que cuentan generalmente con orificios de salida de

diámetro inferior a 1mm, trabajan a presiones inferiores a los 10 m.c.a. (Valdez, 2008).

### **g) Fertirrigación**

(Moya, 2005), menciona que consiste en aplicar el abono disuelto en el agua de riego, distribuyéndolo uniformemente los nutrientes para que prácticamente cada gota de agua contenga la misma cantidad de fertilizante.

(Dominguez, 2019), menciona que la fertirrigación es la aplicación de los fertilizantes, más concretamente de los elementos nutritivos que precisan los cultivos junto con el agua de riego. Se trata por tanto de aprovechar los sistemas de riego como medio para la distribución de estos elementos nutritivos.

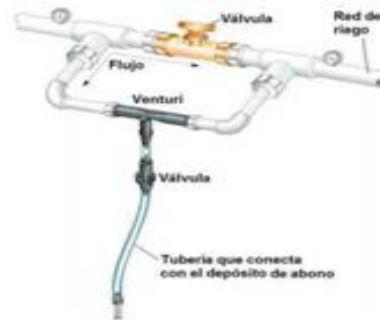
#### **- Sistema Venturi**

El Venturi es un dispositivo hidráulico con forma de dos embudos unidos por la parte más angosta. El agua al pasar por la “garganta” aumenta rápidamente su velocidad, esto provoca una presión negativa que es aprovechada para inyectar una solución madre en este punto (Environment, 2019)

El efecto Venturi, que consiste en producir una disminución drástica de la presión de la tubería. Esta depresión resulta suficiente para succionar la solución nutritiva. La mayor ventaja es su bajo costo, estructura simple y fácil mantenimiento (Tapia, 2015)

Este equipo es apto para la inyección de abonos y demás productos químicos de uso común agrícola. Solo requieren una presión mínima diferencial entre los extremos de entrada y de salida (InfoAgro, 2019).

**FIGURA 2.** Equipo de fertiriego con Venturi como elemento de inyección de fertilizante



Fuente: (Gurovich, 2004)

## h) Accesorios

(Medina J. , 2006), menciona que los accesorios permiten conectar perfectamente toda la red y situar en posición definitivas todos los puntos, que son conectados por medio de presión o abrazaderas.

(Rodríguez, 2007), menciona que los accesorios son el conjunto de piezas de PE, PVC y otros materiales que se utilizan en una instalación de riego por goteo que sirven para unir tuberías, los cuales son: los manguitos, te, codos, cruces, empaques, universales y tuercas.

### 2.9.3. CONDICIONES BÁSICAS NECESARIAS PARA INSTALAR UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

#### 2.9.3.1. Instalación

Según (Cabildo, 2010), los pasos a seguir para la instalación del sistema de riego por goteo son los siguientes:

##### ⇒ Evite daños mecánicos

- Cuando reciba el equipamiento y lo instale en el campo, tenga mucho cuidado en no dañarlo.
- Evite circular sobre las tuberías cuando las está desenrollando.

⇒ **Haga coincidir el mapa de diseño con el terreno**

- Compare las dimensiones reales del terreno, topografía, número y longitud de las hileras con aquellas existentes en el plan de riego.
- Si se necesitaran modificaciones, ellas deberán incluir los cálculos hidráulicos adicionales.

⇒ **Conjunto del cabezal de control**

- Asegúrese de tener un diseño detallado del conjunto del cabezal de control.
- Puede necesitar un contratista de hormigón, un plomero, y un electricista para completar el trabajo.

⇒ **Instalación de las tuberías principales**

- La tubería principal de PVC (>110 mm) debe estar al menos a 1 metro de profundidad de forma tal que la zanja tenga una profundidad de 1,5 metros.

⇒ **Si la temperatura en el área cae por debajo de los cero grados**

- Instale la tubería principal a una profundidad de 1,5 m para protegerla.
- El relleno no debe contener piedras y si el suelo es arenoso, cubra la zanja después del tendido cada 20 metros.
- Se recomienda tapar la tubería cada metro antes de la cobertura final.

⇒ **Instalación de las tuberías secundarias**

- Despliegue las tuberías secundarias en el lugar prefijado.

⇒ **Prepare las zanjas**

- Su ubicación y profundidad debe cumplir con el plan y las especificaciones.
  - La profundidad recomendada para tuberías de PE es de 50 cm.
- ⇒ **La profundidad recomendada para las tuberías de PVC (sólo secundarias) es de 70 cm.**
- ⇒ **Distribuya las secciones de tubería a lo largo de las zanjas.**
- Asegurar de que el relleno no tenga piedras.
  - Evite dejar las zanjas abiertas por la noche.
- ⇒ **Lavado del cabezal de control, y de la tubería principal y secundaria**
- Lavar a fondo el cabezal y las tuberías, hasta que el agua salga clara.
  - Sacar hacia fuera todos los cortes plásticos y de goma, piedras, etc.
  - Se recomienda lavar justo antes de instalar fabricante del filtro.
- ⇒ **Ponga en funcionamiento el nuevo sistema de filtración y lávelo a fondo**
- Limpiar el polvo y los restos que haya en los filtros.
  - Use el modo de operación manual para lavar los filtros automáticos de mallas / discos.
  - Asegurar de que estén abiertas las válvulas correctas y que las tuberías secundarias y los extremos de los laterales estén cerrados.

## **CAPITULO III**

### **PROPUESTA DE INNOVACIÓN**

#### **3.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA**

**IMPLEMENTACIÓN DE MACRO TÚNEL PARA EL CULTIVO DE FRUTILLA EN SISTEMA DE PRODUCCIÓN SEMI – HIDROPÓNICO VERTICAL URBANO**

#### **3.2. LOCALIZACIÓN**

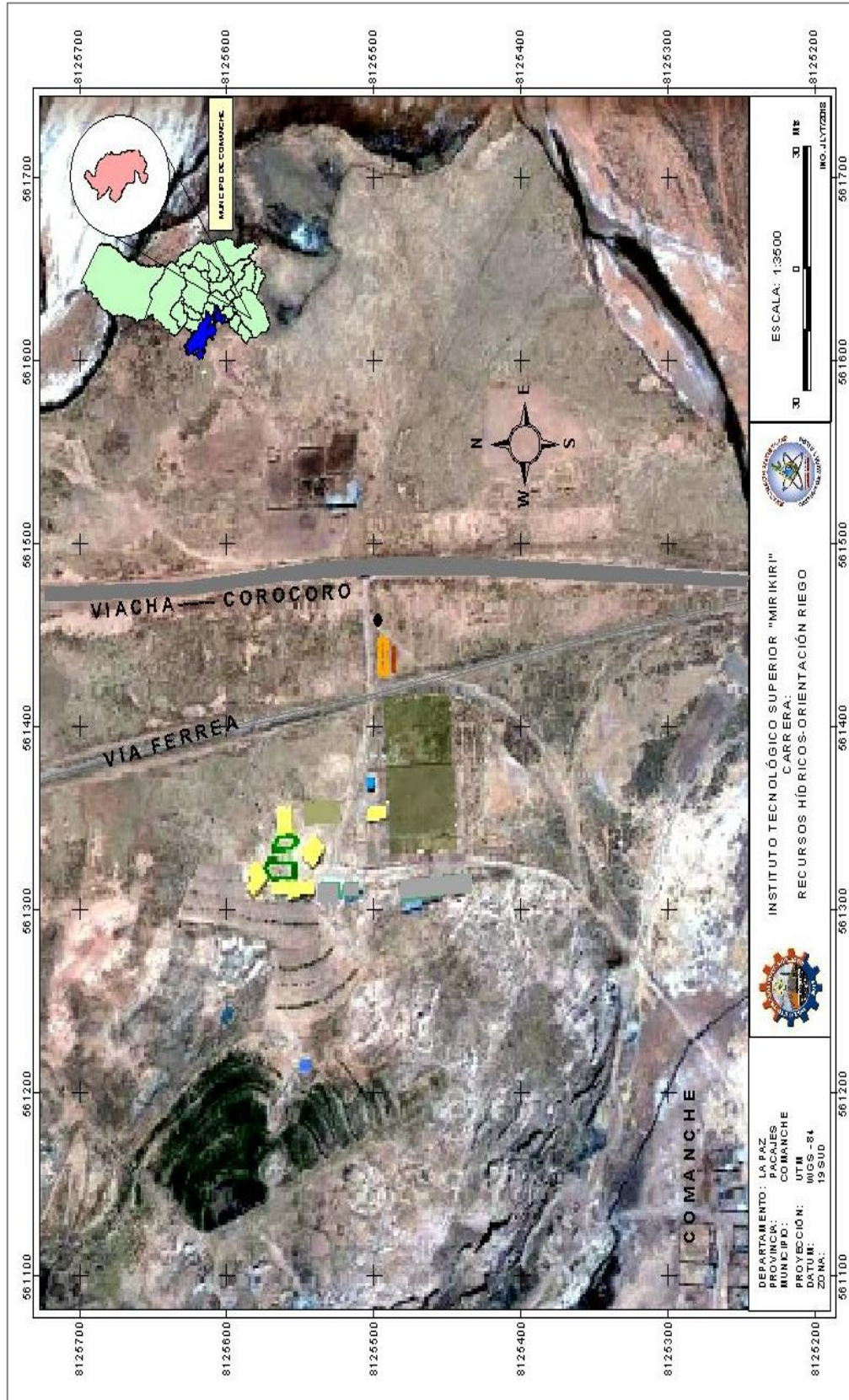
##### **a) Macro Localización**

- **Departamento:** La Paz
- **Provincia:** Pacajes
- **Municipio:** Comanche
- **Localidad:** Comanche Centro

##### **b) Micro Localización**

El proyecto se ejecutó en el Municipio de Comanche, en los predios del Instituto Tecnológico Superior Mirikiri, situado en la Provincia Pacajes del departamento de La Paz.

**MAPA 2. MAPA DE UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE COMANCHE Y EL ITSM**



Fuente: Elaboración propia (2019)

### 3.3. PROPÓSITO DE LA PROPUESTA

Poder alcanzar un mayor conocimiento de la tecnología que existe en la actualidad de esta manera contribuir a la canasta familiar en Municipio de Comanche.

### 3.4. ETAPAS DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto se enmarcará bajo las siguientes etapas:

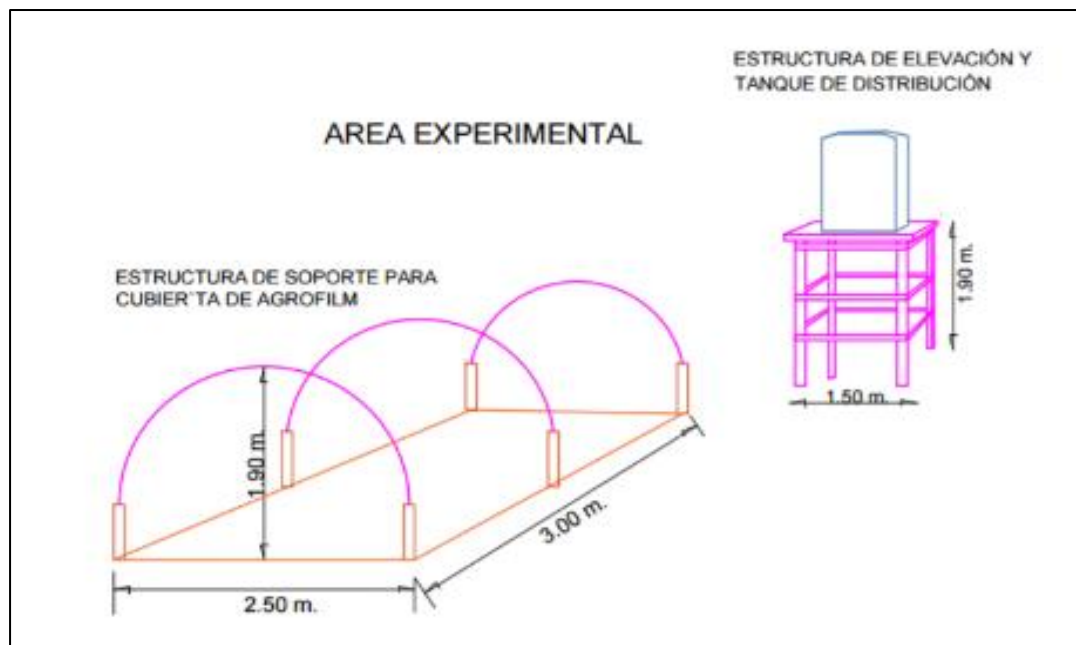
#### 3.4.1. ETAPA 1. CONSTRUCCIÓN DEL MACRO TÚNEL

La construcción del macro túnel se realizará de acuerdo a los siguientes ítems que se señala a continuación:

##### a) Diseño del macro túnel

El plano de diseño comprende la ubicación del macro túnel en el terreno señalando, sus referencias para su construcción.

**FIGURA 3.** Plano de diseño de Macro Túnel



Fuente: Elaboración propia (2019)

## **b) Replanteo y trazado**

Este ítem comprende todos los trabajos necesarios para la ubicación del área destinada a la construcción y para localizar el macro túnel de acuerdo a los planos propuestos en el proyecto.

## **c) Preparación y nivelación del terreno**

Comprende todos los trabajos de preparación del terreno, en las medidas indicadas en planos. Se recomiendan terrenos que tengan las siguientes características:

- Con disponibilidad de agua todo el año.
- Terrenos preferiblemente planos o laderas con pendientes máximas de 15%.
- Después de su selección, se procede a limpiar y marcar un rectángulo en el terreno y colocar un lienzo alrededor del mismo.
- Debe sujetarse a los planos del terreno de tal manera, cumplir a plena satisfacción el proyecto.
- Posteriormente debe nivelarse el terreno, especialmente en las zonas inundadas o elevadas.

## **d) Colocado de postes laterales para la construcción del macro túnel**

Debe realizarse de acuerdo a la siguiente distribución:

- Hacer una muesca en todos los postes, ya que allí se insertarán los arcos de fierro corrugado.
- Los seis postes deben tener una muesca de aproximadamente 10 cm de profundidad.
- Se debe cavar seis agujeros con 50 cm de profundidad y 40 cm de ancho, ubicados a una distancia de 1.50 metros.
- Luego, se debe colocar los seis postes de madera dentro de los hoyos de 50 cm de profundidad. Aplicar piedras para mantenerlos firmes.

### **e) Colocado de los arcos y tensores de sujeción del macro túnel**

El colocado de los arcos del macro túnel se debe llevar acabo de acuerdo a los siguientes ítems:

- Conseguir tres varillas corrugadas y cortarlas a 4 metros de largo. Estas varillas servirán para anclar los arcos de tubo PVC en las estacas de madera.
- Conseguir tres tubos de plástico PVC de 1/2 pulgada y 3.80 metros de largo.
- Introducir las varillas a través del tubo PVC o también se puede enrollar con retazos de tela gens. Esto para evitar que el Agrofílm se dañe o agujeree con el calor que genera la carpa por dentro.
- Armar los arcos insertando las varillas en las estacas con los agujeros de 10 cm de profundidad. Se recomienda que dos personas sujeten las laterales del tubo y otra se ubique dentro.
- El colocado de los tensores de sujeción (tubos PVC), en la parte central de los arcos y en las laterales, debe realizarse con el objetivo de estabilizar los arcos y ajustar el Agrofílm para que no pierda su verticalidad.

### **f) Colocado y sujeción del Agrofílm**

- Antes del colocado de la cobertura de plástico, se debe colocar tubos PVC en las laterales, casi llegando al suelo.
- Para sujetar la cobertura previamente se debe elaborar unos ganchitos del mismo tubo y con ello sujetar el Agrofílm.
- A continuación, para evitar el levantamiento de la cobertura de plástico se colocó el mismo suelo del lugar en las laterales del macro túnel.

### **3.4.2. ETAPA 2. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO SEMI-HIDROPÓNICO VERTICAL**

La implementación del sistema de riego semi-hidropónico vertical comprende las siguientes fases que se detallan a continuación:

#### **Fase 1. Diseño del sistema de riego semi-hidropónico vertical urbano**

El diseño comprende los siguientes cálculos:

#### **Calculo de parámetros para el diseño del sistema de riego semi-hidropónico vertical**

##### **Paso 1. Recopilación de la información básica para el diseño**

###### **a) Localización de área del proyecto**

- **Departamento:** La Paz
- **Provincia:** Pacajes
- **Municipio:** Comanche
- **Ubicación geográfica del proyecto**
  - o **Coordenadas:** S 16° 57' 10"- W 68° 25' 27"
- **Altitud:** 4.036 m.s.n.m.

###### **b) Disponibilidad de agua**

Según (Ramos, 2018), de acuerdo al análisis de las aguas del sistema de agua potable de Comanche, según su salinidad no presenta, ninguna restricción de uso para riego por presentar un valor menor a 0,7 dS/m.

De la misma manera con relación a la toxicidad por cloruros no presenta ninguna restricción para su uso en riego. El rango de pH

se clasifica como normal para el desarrollo de los cultivos (Ver Anexos).

**TABLA 2.** Clasificación de las aguas del sistema de agua potable ITSM

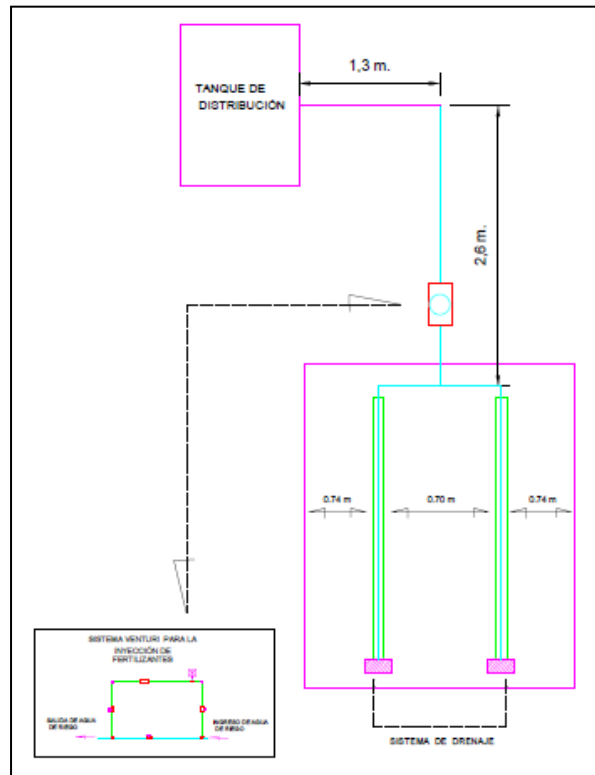
Muestra	Código	Clasificación		
		Toxicidad		Otros Efectos
		Salinidad	Cloruro	Ph
1	MAP 31 – 10	N	N	Normal

Fuente: (Ramos, 2018)

**c) Diseño del sistema de riego semi-hidropónico vertical**

El plano de diseño comprende la ubicación del sistema semi – hidropónico en el terreno señalando, sus referencias para su construcción e instalación.

**FIGURA 4.** Diseño del Sistema de Riego Semi-Hidropónico



Fuente: Elaboración propia (2019)

#### **d) Colocado de tuberías primarias y secundarias**

##### **- Tuberías primarias**

La tubería principal se encarga de trasladar el agua desde el punto de captación hasta la tubería secundaria.

##### **- Tuberías secundarias**

La tubería secundaria se derivan dos terciarias a una distancia del origen de 1,3 y 2,6 metros respectivamente.

#### **Paso 2. Frecuencia y tiempo de riego**

##### **- Calculo del caudal requerido por sector**

$$Q = \frac{\text{Vol}}{T_a}$$

Donde:

Q = Caudal del sector en (l/s)

Vol = Volumen (litros)

Ta = Tiempo de aplicación (horas)

##### **- Cultivo a establecer**

Determinar tipo de cultivo

##### **- Programación del sistema de riego**

Determinar época de siembra, etapa y tiempo de riego (h/turno)

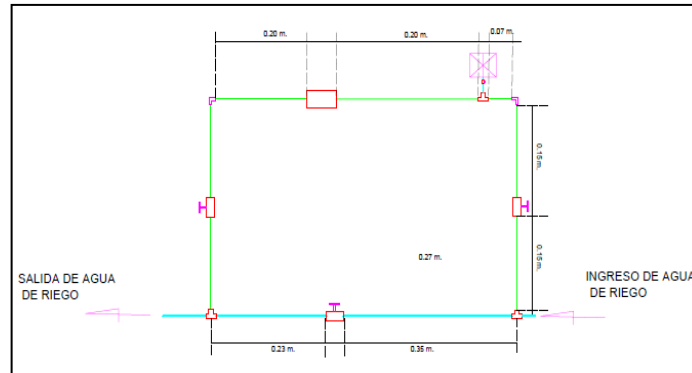
##### **- Información climática**

El sistema semi-hidropónico no se verá afectado por vientos ni exceso de agua (precipitaciones) esto por estar implementado en un macro túnel.

## Paso 4. Diseño del Sistema Venturi para la inyección de fertilizantes

El diseño señala sus referencias para la construcción del Sistema Venturi, para la inyección de humus líquido de lombriz roja californiana.

**FIGURA 5.** Sistema Venturi para la inyección de fertilizantes



Fuente: Elaboración propia (2019)

### - Cálculo de pérdida de energía por accesorios

Son las pérdidas de carga debidas a elementos singulares de la tubería tales como codos, te, estrechamientos, válvulas, y el sistema Venturi.

**FIGURA 6.** N° de diámetros (L/D) y coeficientes (k) para diferentes Accesorios

Accesorios	L/D	Diámetro nominal (en pulgadas)												
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2, 3	4	6	8-10	12-16	18-24	
Válv. de compuerta (abierta)	8	0.22	0.2	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.1	0.1	
Válv. de globo (abierta)	340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1	
Válv. de retención horizontal (check)	100	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	
Válv. de retención horizontal oscilatoria (check)	50	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.75	0.7	0.65	0.6	
Válv. de pie de disco (de huso) con colador	420	11.3	10.5	9.7	9.3	8.8	8.0	7.6	7.1	6.3	5.9	5.5	5.0	
Válv. de pie de disco con bisagra	75	2	1.9	1.7	1.7	1.7	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	0.9	
Codos estándar	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	90° radio largo	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	180°	50	1.35	1.25	1.15	1.10	1.05	0.95	0.9	0.85	0.75	0.7	0.65	0.6
Curvas de 90°	20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24	
T en línea (con derivación en la línea principal y lateral cerrada)	20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24	
T en línea (con circulación por derivación)	60	1.62	1.5	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.9	0.84	0.78	0.72	

Fuente: (Iorencholl, 2019)

Las pérdidas se expresan como una fracción de la forma que indica la siguiente ecuación:

$$h_s = \left( k \frac{v^2}{2 * g} \right)$$

Donde:

Hs = Pérdida por accesorios

K = Coeficiente de accesorios

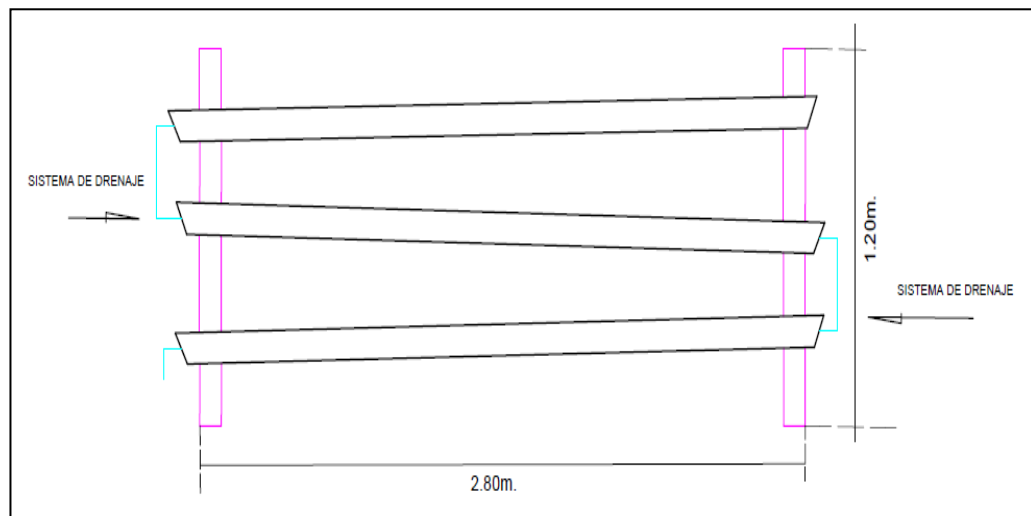
v = Velocidad

g = Gravedad

### Paso 5. Diseño de la estructura del sistema semi-hidropónico Vertical

El diseño comprende sus referencias para su construcción de la estructura vertical donde se colocara el cultivo de la frutilla.

**FIGURA 7.** Diseño de la estructura del sistema semi-hidropónico vertical



Fuente: Elaboración propia (2019)

### ETAPA 3. IMPLEMENTACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FRUTILLA EN EL SISTEMA SEMI- HIDROPÓNICO

Se implementara el cultivo de frutilla de acuerdo a los siguientes parametros:

- **Plantines**

Se utilizará plantines de frutilla con un tamaño aproximado de 8 a 10 cm.

- **Trasplante**

El trasplante se realizará de acuerdo a la densidad de siembra de la frutilla y a la distribución de los emisores de la cinta de riego, traspalándose una planta por emisor.

- **Refallos**

Después de los trasplantes algunas plantitas mueren. Para no dejar espacios vacíos, se realiza el refallo que no es otra cosa que trasplantar a los lugares vacíos. Para esto es importante que existan algunas plantitas de reserva.

- **Las principales labores culturales deben ser los siguientes:**

- ✓ **Riego**

Los riegos se darán según la época y momento del cultivo y de acuerdo a los cálculos obtenidos del sistema de riego. Se regará a primera hora de la mañana o cada tarde, cuando la temperatura del cultivo y del riego este más próxima. La fuente de agua utilizada para el riego provendrá de la vertiente del Mirikiri.

- ✓ **Control de plagas y enfermedades**

En este caso al ser un cultivo semi-hidropónico no necesita estar tan pendiente de las plagas y/o enfermedades de la planta. Pero si, se llega a presentar, se debe tomar medidas para el control de las mismas.

✓ **Control de malezas**

En este caso el control de malezas no será muy necesario tomarlo en cuenta ya que el sustrato fue desinfectado. El problema de malezas será minimiza al no estar en el suelo.

**3.5. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE DATOS**

**a) CONSTRUCCIÓN DEL MACRO TÚNEL**

Se obtuvo como resultado, la construcción del macro túnel de acuerdo a la propuesta planteada en los planos. Como una alternativa a los cambios climáticos adversos que se presentan en la zona de ejecución del proyecto.

✓ **Preparación y nivelación del terreno**

- Se realizó la limpieza, preparación y medidas requeridas del terreno de acuerdo al diseño planteado en planos.

**FOTOGRAFIA 1.** Replanteo y trazado de terreno



Fuente: Elaboración propia (2019)

✓ **Colocado de postes laterales para la construcción del macro túnel**

- Se realizó una muesca en todos los postes con un aproximado de 10 cm de profundidad. Esto para insertar las barras de fierro y

formar los arcos del macro túnel, así como se puede ver en la Fotografía 2.

**FOTOGRAFIA 2.** Elaboración de muescas para las estacas



Fuente: Elaboración propia (2019)

- Se hicieron hoyos de aproximadamente 0,50 metros de profundidad, lugar donde se colocaran las estacas para la sujeción de los arcos de macro túnel.

**FOTOGRAFIA 3.** Elaboración de hoyos para las estacas



Fuente: Elaboración propia (2019)

- Posteriormente se colocaron las estacas de madera dentro de los hoyos y para mantenerlos firmes se colocaron piedras alrededor de la estaca así como se ve en la Fotografía 4.

**FOTOGRAFIA 4.** Colocado de las estacas de madera



Fuente: Elaboración propia (2019)

### ✓ Colocado de los arcos y tensores de sujeción del macro túnel

- Se colocó varillas de fierro a través del tubo PVC, para que la estructura del macro túnel sea firme y duradero. Se armó los arcos insertando las varillas en las estacas, (Ver Fotografía 5).

**FOTOGRAFIA 5.** Colocado de los arcos del macro túnel



Fuente: Elaboración propia (2019)

### ✓ Colocado del Agrofilm

- Previamente al colocado del Agrofilm, para la sujeción de este se colocó un tubo PVC en las laterales así como se muestra en la fotografía 6.

**FOTOGRAFIA 6.** Colocado de tubo PVC en las laterales del macro túnel



Fuente: Elaboración propia (2019)

### ✓ Sujeción del Agrofilm

- El Agrofilm se sujetó con unos ganchitos elaborados con tubos PVC reciclados así como se ve en la fotografía 7.

**FOTOGRAFIA 7.** Colocado de ganchitos para sujetar el Agrofilm



Fuente: Elaboración propia (2019)

- Posteriormente después de la sujeción del Agrofilm, se procedió a tapar las laterales con el mismo suelo del lugar.

**FOTOGRAFIA 8.** Tapado del plástico del macro túnel de las laterales



Fuente: Elaboración propia (2019)

- Una vez concluido con los procedimientos para la construcción del macro túnel, en la fotografía 9 se puede observar el macro túnel ya terminado.

**FOTOGRAFIA 9.** Macro túnel con cubierta de plástico



Fuente: Elaboración propia (2019)

## **b) IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO SEMI-HIDROPÓNICO VERTICAL**

Al implementar el sistema de riego semi-hidropónico vertical, ayuda al cultivo a obtener un desarrollo óptimo de las plantas y una buena producción. Los pasos a seguir fueron los siguientes:

### **✓ DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO**

#### **- Captación**

El sistema de riego tendrá como fuente de agua, la vertiente del Mirikiri que es transportado a la comunidad de Comanche y de ahí al ITSM, mediante tubería de PVC de 1 pulgada.

#### **- Obra civil**

Se utilizó la tubería instalada, que actualmente se encuentra en el centro de Prácticas de la Carrera de Gestión de Agua y Riego.

#### **- Equipo de filtrado**

Para el equipo filtrado se tomaron en cuenta las especificaciones de la cinta de riego la cual requiere un grado de filtración de 0,25  $\mu$ .

### **✓ COLOCADO DE TUBERÍAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS**

Se realizó de acuerdo al diseño planteado:

#### **- Tubería principal**

La tubería principal de ingreso comprende una longitud de 15,50 metros de tubería PVC de  $\frac{3}{4}$  y  $\frac{1}{2}$ , pulgadas, esta conduce el agua desde la línea de captación hacia el tanque.

- **Tubería secundaria**

La tubería secundaria comprende una longitud de 4,20 metros de tubería PVC de ½ pulgada, conduce el agua desde el tanque de almacenamiento hacia el sistema de riego semi-hidropónico.

**FOTOGRAFIA 10.** Tubería principal de salida de agua



Fuente: Elaboración propia (2019)

- ✓ **FRECUENCIA Y TIEMPO DE RIEGO**

- **Calculo del caudal requerido por sector**

$$Q = \frac{\text{Vol}}{\text{Ta}}$$

Donde:

Q = Caudal del sector en (l/s)

Vol = Volumen (litros)

Ta = Tiempo de aplicación (horas)

$$Q = \frac{84 \text{ litros}}{4,6 \text{ horas}} = \frac{84 \text{ litros}}{276 \text{ seg}}$$

$$Q = 0,30 \text{ lt/seg}$$

- **Cultivo a establecer**

- Frutilla

## - Programación del sistema de riego

**TABLA 3.** Frecuencia y tiempo de riego

Época de siembra	Etapa	Tiempo de riego (h/turno)
Octubre a Noviembre	Inicio	5

Fuente: Elaboración propia (2019)

## ✓ ARMADO DEL SISTEMA VENTURI

### - Equipo de riego

Los principales componentes del equipo de riego son: sistemas Venturi, llave de paso, cinta de goteo con sus conectores, accesorios y filtro.

**FOTOGRAFIA 11.** Componentes del equipo de riego y sistema Venturi



Fuente: Elaboración propia (2019)

## ✓ CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA VERTICAL PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

A continuación se señalara sus referencias para su construcción.

- Previamente a la construcción de la estructura vertical para el sistema de riego, se consiguieron los siguientes materiales: Vigas de madera, canaletas o bandejas metálicas, pernos, nylon negro, tubo PVC y codos.

**FOTOGRAFIA 12.** Materiales para la construcción vertical del sistema de riego semi - hidropónico



Fuente: Elaboración propia (2019)

- Una vez obtenido los materiales se procedió al armado de la estructura para el sistema de riego semi-hidropónico de forma vertical (Ver Fotografía 13).

**FOTOGRAFIA 13.** Armado de la estructura vertical



Fuente: Elaboración propia (2019)

- Después del armado se procedió a forrar la bandeja metálica con nylon negro y posteriormente colocar los conectores para el sistema de drenaje (Ver Fotografía 14).

**FOTOGRAFIA 14.** Bandeja metálica revestida con plástico



Fuente: Elaboración propia (2019)

## ✓ INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

- Para la instalación del sistema de riego semi-hidropónico se perforo los tubos PVC de  $\frac{3}{4}$  para colocar los conectores (Ver Fotografía 15).

**FOTOGRAFIA 15.** Perforación de los tubos PVC



Fuente: Elaboración propia (2019)

- Posterior a la perforación se colocaron los conectores para la instalación de la cinta de riego por goteo, así como se ve en la Fotografía 16.

**FOTOGRAFIA 16.** Colocado de conectores para la cinta de riego



Fuente: Elaboración propia (2019)

## ✓ COLOCADO DEL SUSTRATO

- Después de la instalación del sistema de riego se procedido al colocado del sustrato inerte (cascarilla de arroz).

**FOTOGRAFIA 17.** Colocado de las cintas de riego y cascarilla de arroz



Fuente: Elaboración propia (2019)

- A continuación se procedió a colocar una malla al borde de los tubos PVC, para que el sustrato inerte no afecte al sistema de drenaje (Ver Fotografía 18).

**FOTOGRAFIA 18.** Colocado de tela en los tubos de drenaje



Fuente: Elaboración propia (2019)

- En la fotografía 19 se puede ver el sistema de riego semi-hidropónico vertical previamente terminado.

**FOTOGRAFIA 19.** Instalación terminada del sistema de riego semi-hidropónico vertical



Fuente: Elaboración propia (2019)

### c) IMPLEMENTACIÓN DEL CULTIVO DE FRUTILLA EN EL SISTEMA SEMI-HIDROPÓNICO VERTICAL

- Una vez terminado el sistema de riego, se procedió a implementar el cultivo de la frutilla.

**FOTOGRAFIA 20.** Plantines de frutilla



Fuente: Elaboración propia (2019)

- A continuación se procedió a separar el suelo de las raíces, así como se ve en la Fotografía 21.

**FOTOGRAFIA 21.** Descubrir las raíces



Fuente: Elaboración propia (2019)

- Una vez descubierta, se procedió a lavar la raíz (Ver Fotografía 22).

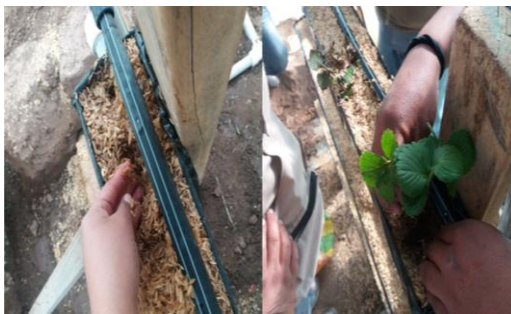
**FOTOGRAFIA 22.** Lavado de raíces



Fuente: Elaboración propia (2019)

- Posteriormente el trasplante se realizó de acuerdo a la densidad de siembra de la frutilla y a la distribución de los emisores de la cinta de riego, traspalándose una planta por emisor (Ver Fotografía 23).

**FOTOGRAFIA 23.** Colocado de los plantines de frutilla



Fuente: Elaboración propia (2019)

- Una vez realizado los trasplantes y terminado con todos los pasos previos para la elaboración del proyecto en la Fotografía 25 se puede observar el sistema de riego semi-hidropónico vertical urbano concluido.

**FOTOGRAFIA 24.** Sistema semi - hidropónico vertical para la producción de frutilla terminado



Fuente: Elaboración propia (2019)

#### **d) DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO SEMI - HIDROPÓNICO.**

El presente proyecto se realizó con el objetivo de coadyuvar a la producción de la frutilla y ahorrar el agua durante el periodo de riego del cultivo, en el Municipio de Comanche.

Este sistema de riego se basa principalmente en la reducción de espacio ya que tiene una estructura de forma vertical. Tiene una pendiente de

0.51%, esto para facilitar la circulación de la solución nutritiva que es recolectada, almacenada y distribuida en todo el sistema.

La solución nutritiva fue elaborada con humus de lombriz roja californiana, este fertilizante solo se inyectara al sistema una vez al mes, ya que el humus de lombriz es un concentrado muy fuerte (alto en nutrientes) y podría quemar las raíces de las plantas.

Este sistema utiliza un sustrato inerte (cascarilla de arroz), regado mediante un sistema de riego por goteo y se estableció un sistema de drenaje, con el objeto de no salinizar el ambiente radicular.

Reduce considerablemente los problemas de enfermedades producidas por patógenos del suelo mejorando la calidad y facilitado el tiempo de cosecha.

El área de estudio se dividió, en un lote de aproximadamente 7,5 metros cuadrados, con un caudal promedio requerido por el lote de 165,6 l/h. No será necesario estar al pendiente del cultivo constantemente ya que el riego será aplicado cada 72 horas (cada tres días).

El área que se regara se dividió en dos sectores. Cada sector es de 1.8 metros cuadrados, el caudal de operación del sistema de riego es de 82,8 l/seg.

### **3.6. IMPACTO TECNOLÓGICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y ECONÓMICO**

#### **- Impacto Tecnológico**

El sistema de riego semi-hidropónico vertical urbano es una nueva tecnología que tuvo un impacto sorprendente en la Municipio de Comanche ya que se interesaron en el presente proyecto. Este nuevo sistema de riego ya se está implementando en otros departamentos como por ejemplo Cochabamba.

- **Impacto Social**

El proyecto de implantación de un sistema de riego semi-hidropónico vertical urbano para la producción de frutillas, beneficiara a la población, porque mejorara la forma de cultivar y su tecnología, ya que este sistema no solo se da para el cultivo de frutilla sino también para otras hortalizas.

- **Impacto Ambiental**

Las actividades que se implementó desde la construcción hasta la producción de la frutilla, no tendrán ningún impacto ambiental sobre la biodiversidad, suelo y agua. La madera que se utilizará para elaborar los travesaños tanto para la elaboración del macro túnel y el sistema semi-hidropónico será madera reciclada.

- **Impacto Económico**

Con el proyecto se fortalecerá la producción de frutilla y se coadyuvará en mejorar la seguridad alimentaria de las familias aledañas al instituto, ofreciéndoles un producto disponible en la actualidad para su canasta familiar.

### 3.7. PRESUPUESTO

Se realizó un análisis basado en los costos de los materiales del diseño. El costo total del proyecto es de 2091,48Bs y el mismo se detalla en la siguiente Tabla 5.

**TABLA 4.** Presupuesto para la implementación de producción de frutilla con un Sistema hidropónico vertical

N°	MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (Bs)
1	Estacas de madera	Unidad	3	15	45,00
2	Te ½	Piezas	6	3,93	23,58
3	Tubo PVC ½ y ¾	Pieza	2	37,50	75,00
4	Unión universal ½	Pieza	2	6,40	12,80
5	Filtro ½	Pieza	1	96	96,00
6	Cinta de riego	Metros	4	1,20	4,80
7	Chupones	Piezas	3	1,80	5,40
8	Teflón	Piezas	6	3,33	19,98
9	Agrofilm de 9 micras	Metros	8	45	360
11	Hierro angular en U	Piezas	3	250	750
13	Barras de fierro	Barras	2	60	120
14	Pernos	Piezas	12	8,43	101,16
15	Cierre	Metros	8	0,50	4
16	Hilo de cáñamo	Metros	10	1,50	15
17	Tapones macho	Piezas	2	3,83	7,66
18	Cascarilla de arroz	Bolsa	2	4,20	8,40
19	Nivel de agua	Unidad	1	3	3
20	Llave de paso	Piezas	4	20	80
21	Plantines de frutilla	Cubo	60	5	300
28	Vigas de madera	Unidad	4	12,33	49,32
29	Nylon negro	Unidad	1	2,50	2,50
31	Alambre galvanizado	Unidad	1	7,88	7,88
<b>Total</b>					<b>2091,48</b>

Fuente: Elaboración propia, (2019).

### **3.8. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Con el siguiente proyecto se pretende mejorar las técnicas de cultivo mediante la introducción de tecnología y el manejo de cultivos bajo un sistema de riego, en el Municipio de Comanche.

El trasplante al sistema semi-hidropónico se llevó a cabo el mes de octubre. Lo cual durante, el tiempo que lleva de estancia en el sistema, se pudo observar lo siguiente:

- Se llegó a comprobar que la planta de la frutilla se puede desarrollar perfectamente en este sistema, y que las raíces no necesitan de mucho espacio para crecer.
- También se comprobó que se puede llegar a ahorrar aproximadamente un 50% de agua en comparación con el riego convencional.
- Las plagas y enfermedades no llegaron a afectar a la planta, por lo cual no necesita ningún uso de agroquímicos, obteniendo así un producto totalmente natural.

Para nutrir a la planta se suministró un fertilizante orgánico, hecho de humus de lombriz roja californiana. Esta solución se suministrara cada mes, ya que el humus es un concentrado muy fuerte, alto en nutrientes y podría quemar a las plantas.

El presente proyecto llegó a cumplir los objetivos determinados, demostrando que se puede cultivar frutilla en el Municipio de Comanche mediante un sistema de riego semi-hidropónico vertical urbano.

También mediante investigaciones esta nueva tecnología de riego se puede llegar adoptar otras hortalizas.

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1. CONCLUSIONES**

De acuerdo a los objetivos planteados para el presente proyecto, considerando las observaciones hechas en campo se concluyen señalando lo siguiente:

- ✓ Se implementó un macro túnel para que el cultivo de la frutilla no se vea, afectado por los cambios climáticos adversos de la zona.
- ✓ Posteriormente se instaló un sistema semi-hidropónico, al momento se realizó el trasplante, y transcurridas tres semanas las plantas comenzaron a dar frutos.
- ✓ Se llegó a la conclusión de que el cultivo de la frutilla se puede adaptar a la zona y desarrollar favorablemente en este sistema, logrando obtener productos de buena calidad para la canasta familiar.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos se hacen las siguientes recomendaciones.

- ✓ Se debe continuar realizando investigaciones sobre el sistema semi-hidropónico vertical urbano ya que han demostrado eficiencia en la reducción del consumo de agua, un desarrollo óptimo de la planta y adaptándose perfectamente en lugares estrechos o pequeños.
- ✓ Por otra parte, como se mencionaba anteriormente este sistema no solo abarca al cultivo de frutilla, sino también a distintas variedades de hortalizas por eso se recomienda intentar producir otros cultivos.

- ✓ También se recomienda que el presente proyecto lo puedan replicar a otras comunidades para así poder dar a conocer las distintas tecnologías que existe en la actualidad. Saber aprovecharlas al máximo y también apoyando de esta manera, al cuidado de los suelos y lo más importante apoyando al ahorro y cuidado del agua.

## **BIBLIOGRAFÍA**

A. Morales, C. G. (2017). Manual de manejo agronomico de la frutilla. Santiago - Chile: INIA.

Agro FDM. (2014). Agricultura Protegida - Agricultura y Exportacion. Obtenido de <http://www.agrofdm.cl/agricultura-protegida.html>

Agustin. (25 de Agosto de 2016). Scrib. Obtenido de <http://es.scrib.com/document/322186680/Como-Se-Reproducen-Las-Plantas-de-Frutilla>

Alejandra, P. (07 de Octubre de 2018). Coamarapa, la tierra que se convirtio en la capital de la frutilla. Pagina SIETE .

Alphi, A. y. (1987). Cultivos de invernadero. Madrid - España: 2da Edicion Mundi Empresa.

Altamar, C. F. (2019). Invernaderos IMA. Recuperado el 25 de Agosto de 2019, de Productos - Macrotunel: <http://www.invernaderosima.com/es/macro%C3%BAnel.html>

Altamirano, F. (2016). . En Horticultura e invernaderos. Seminario sobre “Tecnologia agropecuaria”, La Paz, La paz Bolivia.

Alvarado, R. (Septiembre de 2018). Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11041>

Atle G. y Camargo A. (2005). Produccion de fresas en Guatemala. Ministerio de Agricultura. Guatemala: Ed. Talleres Graficos.

Bastida A. (2019). Que son los macrotuneles. Agricultura Protegida - Tipos de Estructuras. Recuperado el 30 de Mayo de 2019, de <http://blogagricultura.com/que-son-los-macrotuneles/>

Beltrano J. y Gimenez D. (2015). Cultivo de Hidroponia. Facultad de ciencias agrarias y forestales. La Universidad de La Paz.

Brechelt A. (2004). Manejo Ecologico del Suelo. Fundacion Agricultura y Medio Ambiente. Republica Dominicana.

Cabildo. (2010). Granja agrícola experimental, instalaciones de riego por goteo.

Cadahia, C. (2000). Componentes del sistema de riego por goteo.

Calderon, F. (2003). Valores tipicos de retencion de Humedad.

Carrillo, K. (29 de Junio de 2016). Con nueva tecnica, La Ganga revoluciona la frutilla. Los Tiempos .

Castellvi y Serrano. (2001 - 2002). ACEA. Recuperado el 15 de Septiembre de 2019, de Factores ambientales y su influencia.. invernaderos- 3.4.1. Humedad ambiental del invernadero: <http://acea.com/factores.ambientales.y.su.influencia.341-humedad.ambiental.del.invernadero>

Ceballos y Calderón. (2001). Los sustratos. Recuperado el 26 de Mayo de 2019, de [http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los\\_sustratos.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_sustratos.htm).

Céspedes, J. (15 de Octubre de 2014). El portillo produce mas de 30 mil kilos de frutilla al año.

Chipana, R. (2003). Principios de Riego y Drenaje IRTEC. La Paz - Bolivia.

Chiqui, L. (2010). Evaluacion del rendimiento del cultivo de frutilla (Fragaria sp) variedad oso grande bajo invernadero mediante dos tipos de fertilizacion (Organica y quimica) en la parroquia Octavio Cordero Palacios Canton cuenca. Ecuador.

Cochi Rivas, R. F. (2017). Evaluación del comportamiento agronómico de la frutilla (fragaria x ananassa duch.) en cultivos verticales bajo dos densidades de plantación y tres niveles de humus de lombriz en la estación experimental de cota cota. Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andres , La Paz - Bolivia.

David G y Marco V. (2011). Produccion Organica de Hortalizas de Clima Templado - Macrotunel. Gobierno de Unidad Nacional.

Delgadillo, G. (13 de Abril de 2014). La Patria. Produccion de hortalizas en invernaderos de alta tecnologia .

Dias. (2015). Carpas Solares.

- Dominguez, H. (2019). Riego por goteo y sus características.
- Douglas J. (2004). Hidroponia, como cultivar sin tierra. Buenos Aires Argentina: 4 Ed. Ateneos.
- Douglas, C. (2002). Descripción de la frutilla. Recuperado el 11 de Agosto de 2019, de [http://sipan.gov.ar/productos/ssd/vc/neuquen/ap/frutilla\\_descripcion.htm](http://sipan.gov.ar/productos/ssd/vc/neuquen/ap/frutilla_descripcion.htm)
- Emanuel, J. (08 de Diciembre de 2016). ¿Que es un cabezal de riego? Manejo del riego localizado y fertiriego. PortalFruticola.com .
- Environment, H. (2019). Hydro Environment. Recuperado el 24 de Mayo de 2019, de [http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=427](http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=427)
- Fabian, C. (2019). Sistema Hidroponico. Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de <http://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=hidro.pdf>
- FAO. (2002). Micronutrientes de la frutilla.
- FAO, C. d. (26 de Marzo de 2018). Humus de cascara arroz, un fertilizante organico que duplica la produccion de cultivo. Recuperado el 03 de Mayo de 2019, de <http://elagro.radiogricultura.cl/2018/03/26/humus-cascara-arroz-fertilizantes/>
- FAO, C. d. (2003). Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. Santiago Chile: En Manual técnico la huerta hidroponica popular 3 Edición ampliada y revisada.
- Farfan M. (2004). Evaluación de Dos Sistemas de Riego Localizado (uno Semi artesanal) en condiciones de Carpa Solar en el Altiplano Norte. Tesis de Grado, Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés , La Paz, La Paz, Bolivia.
- Fernandez, S. M. (01 de Febrero de 2018). ¿Que es la turba y para que se utiliza? Recuperado el 02 de Marzo de 2019
- Folquer, F. (2014). La frutilla o Fresa. Buenos Aires Argentina: Hemisferio Sur.
- Fuentes, S. (2011). Sistemas de riego por Goteo y Características.

Fujita M y Jurado P, I. (1990). Recomendaciones para el cultivo de nuevas especies horticolas en el valle de Cochabamba IBTA. Cochabamba . Bolivia.

Fundesyram. (2018). Biblioteca Agroecologica. Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de Como aporta la cascarilla de arroz en el abono fermentado: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=4737>

Garcia, J. (2019). Invernadero Profesional armaable 18m2 Macrotunle 6m x 3m x 2m.

Gardeneas, R. p. (02 de Diciembre de 2016). Ventajas y desventajas del riego por goteo. Recuperado el 04 de Mayo de 2019, de <http://gardeneas.com/ventajas-del-riego-por-goteo-y-desventajas>

Gisbert, G. (09 de Septiembre de 2013). Seguimientos de la construccion de las carpas solares en viacha, remar las carpas solares en Viach, Remas Bolivia. Recuperado el 22 de Octubre de 2019, de <http://remar.org/noticias/928-seguimiento-de-la-construccion-de-las.carpas-solares-en-viacha-remar-bolivia>

Gomez, T. (2007). Sistema de riego por goteo.

Gonzales A, B. (Diciembre de 2017). Pobredumbre seca. Recuperado el 05 de Julio de 2019, de <http://patologiavegetal.unlu.edu.ar/?q=/69-POBREDUMBRE SECA>

Gonzales, B. A. (Abril de 2017). Oidio - Plagas de la frutilla. Recuperado el 02 de Mayo de 2019, de <http://patologiavegetal.unlu.edu.ar/?q=node/69#OIDIO>

Gurovich, L. A. (2004). Efeciencia de riego.

Hagget, R. L. (14 de Noviembre de 2013). El cultivo hidroponico: ¿que es y como funciona? Recuperado el 05 de Abril de 2019, de <http://www-trasvasetajosegura.com/el-cultivo-hidroponico-que-es-y-como-funciona/>

Hartmann, F. (10 de Octubre de 2013). Agricultura Urbana en El Alto. Recuperado el 10 de Julio de 2019, de Manual produccion de hortalizas en carpa solar: <http://agriculturaurbanaelalto.blogspot.com/2013/10/manual-produccion-de-hortalizas-en.html?m=1>

Hayshi. (2010). Riego localizado, facultad de agronomía.

Hennig, H. K. (09 de Julio de 2007). Cultivo de Frutilla. 6. AER INTA Puerto Rico, Argentina.

Hernandez Fernandez y Baptista. (2003). metodologia.

Hirzel, C. J. (2019). Fertilizacion en frutilla. INIA Quillamapu.

Hister, C. J. (24 de Noviembre de 2015). NOVAGRIC. Recuperado el 06 de Agosto de 2019, de Culrivos en Invernadero: Invernadero para Hortalizas: <http://novagric.com/es/blog/articulos/cultivos-invernadero-horticulas>

IGM. (2011). Diagnostico Municipal en base IGM. PDF, Plan de desarrollo Municipal , La Paz.

InfoAgro. (04 de Enero de 2017). Recuperado el 21 de Mayo de 2019, de <http://www.google.com/amp/www.infoagro.com/noticias/amp/%3find=26062>

Infoagro. (2012). Cultivo de frutilla.

InfoAgro. (2019). InfoAgro.com. Recuperado el 24 de Mayo de 2019, de [http://infoagro.com/instrumentos\\_medida/medidor.asp?id=12084&\\_kit\\_completo\\_venturi\\_para\\_fertirriego\\_inyeccion\\_de\\_fertilizantes\\_en\\_agricultura](http://infoagro.com/instrumentos_medida/medidor.asp?id=12084&_kit_completo_venturi_para_fertirriego_inyeccion_de_fertilizantes_en_agricultura)

InfoAgro. (01 de Diciembre de 2008). Macrotunel de bajo costo para la produccion de hortalizas. Recuperado el 21 de Mayo de 2019, de <http://www.infoagro.go.cr/Infoagro/HojasDivulgativas/Macrotunel>

Ing. Gonzales, B. A. (Marzo de 2017). FRUTILLA. Recuperado el 05 de Mayo de 2019, de <http://patologiavegetal.unlu.edu.ar/?q=node/69>

INTA. (23 de Mayo de 2018). Construccion de macrotunel para la produccion primaria. Recuperado el 21 de Mayo de 2019, de <http://inta.gob.ar/noticias/construccion-de-macrotunel-para-la-produccion-primaria>

Invernaderos IMA. (2019). Productos - Macrotunel. Recuperado el 25 de Agosto de 2019, de <http://www.invernaderosima.com/es/macro%C3%BAnel.html>

lorencholll. (2019). SlideShare. Recuperado el 20 de Octubre de 2019, de Hidraulica: <http://es.slideshare.net/mobile/lorencholll/hidrauliza>

Irristock. (2010). Riego por goteo sistemas, accesorios y materiales para el riego por goteo.

J. V. Maroto y López S. (1988). Produccion de fresas y fresones. Madrid, España.: Mundi Prensa.

Jorgensen y Ulloa. (2008). Taxonomia del cultivo de la frutilla.

Lema, C. M. (2010). Cosecha de la frutilla. Recuperado el 20 de Octubre de 2019

Liotta, M. (2015). Riego por Goteo. La Paz: UCAR.

Llanos. (2006). Taxonomia de la Frutilla.

Lopez, V. (2010). Sistema de Riego por Goteo.

Machicado, A. R. (02 de Septiembre de 2014). Repositorio Institucional UMSA. Recuperado el 20 de Mayo de 2019, de Caracterizacion del sub sistema de comercializacion de hortalizas producidas en micro huertas familiares en el municipio de El Alto: <http://repositorio.umsa.bo/123456789/4278>

Magna, E. F. (2014). Empresa FAMASA S.A. Recuperado el 12 de Octubre de 2019, de <http://negociosgarces.wordpress.com/video-de-produccion-de-frutilla>

Mamani S. (2013). Comportamiento agronómico de dos variedades de frutilla (*Fragaria ssp.*) con diferentes frecuencias de aplicacion de humus de lombriz bajo invernadero en el municipio de El Alto. . La Paz, El Alto.

Mamani, G. (20 de Diciembre de 2018). Sacaba produce la frutilla mas dulce. GENTE

Manning, K. (1993). Frutos de baya. En: Bioquímica de la maduracion del fruto. Editado por Seymour, GB, Taylor JE y Tucker GA. Chapman and Hall. 347 - 377 p.

Maroto J. (2001). Produccion de fresas y fresones. Madrid, España.: Ed. Mundi Prensa.

Maroto, J. V. (2005). Horticultura Herbácea Especial. Cuarta edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid.

Martinez, T. (2008). Manejo basico de la frutilla.

Medina, J. (2006). (1988). Riego por goteo teoría y práctica 2da. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España 254 p. En J. Medina.

Medina, J. C. (09 de Mayo de 2019). Freshplaza.es. Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de Chilealimentos: <http://chilealimentos.com/wordpress/panorama-del-mercado-mundial-de-las-frutillas-año-2019/>

Mendoza C., I. P. (2013). COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO VERTICAL DE LA FRUTILLA (*Fragaria sp.*) EN RELACION A LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN DOS TIPOS DE SUSTRATO EN AMBIENTE PROTEGIDO. UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES FACULTAD DE AGRONOMIA , La Paz, La Paz.

Mendoza, F. J. (2015). Manual de capacitación riego por goteo.

Miserendino, E. (2011). Manuel para la Contruccion de Macrotuneles. Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria. Valle Inferior del Rio Negro: INTA.

MMAyA. (2007). Agua Potable toma de muestras. Bolivia.

Montaño, L. (2003). Evaluacion del comportamiento agronomico de la frutilla (*Fragaria sp*) en cultivos verticales utilizando cuatro sustratos en ambientes protegidos tesis.

Moore, J. N. (1970). Comparación de los factores que influyen en la fruta tamaño de frutos grandes y de frutos pequeños clones de fresa. J. Am. Soc. Hort. Ciencia. .

Morales, C. G. (2017). Manual de manejo Agronomico de la frutilla - INIA. Instituto Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago - Chile.

Morales, F. A. (14 de Diciembre de 2010). Botanica. Recuperado el 14 de Marzo de 2019, de El cultivo de la fresa: <http://m.monografias.com/trabajos91/cultivo-fresa.shtml>

Moya, H. (2005). Características del sistema de riego por goteo.

Nely Noemi, R. (2002). Tesis cascarilla de arroz.

Nina, C. (2003). Como cultivar Fresas, Fresones y Tomates. Juscafresa B.

Odalís, P. (18 de Marzo de 2019). El Cultivo de la Fresa ó Frutilla. Recuperado el 14 de Octubre de 2019, de <http://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-la-fresa-o-frutilla>

Oliás, J. M. (2002). Pos cosecha de la fresa de Huelva. Principios básicos y tecnología. Instituto de la Grasa. CSIC. 56 P., Sevilla España.

Olleran, G. (14 de Diciembre de 2010). Monografias.com - Agricultura y Ganadería. Recuperado el 21 de Mayo de 2019, de <http://m.monografias.com/trabajos91/cultivo-fresa.shtml>

Ordóñez, F. (2015). Respuesta del cultivar de fresa a tres frecuencias de riego por goteo, bajo macrotuneles. Tesis de Grado, Loja - Ecuador.

Ospina, J. (2008). Agricultura I. Bogotá Colombia. Terranova.

Paredes, N. (2014). Evaluación de la frutilla variedad Chandler (*Fragaria x ananassa* Duch.) Bajo el efecto de diferentes proporciones de tallo de estevia en el sustrato de cultivos verticales en ambiente atemperado.

PDM, (. A. (2001 - 2005). Plan de Desarrollo Municipal del Gobierno Autónomo Municipal de Comanche.

Pedrerós, L. A. (2019). Manejo de Malezas en Frutillas. Chile.

Pefaur, J. (Agosto de 2014). ODEPA. Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de <http://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=>

Perdomo, O. (18 de Marzo de 2019). Agrotendencia. Recuperado el 20 de Octubre de 2019, de Agropedia: <http://agrtendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-la-fresa-o-frutilla/>

Pérez, J. L. (2004). Cultivo de Fresón. Publicación de Extensión Agraria. Madrid-España.

Pérez. (1998). Propagación y mejora genética de plantas por Biotecnología. Villa Clara Cuba.

Pizarro, C. F. (2008). Sistema de riego por goteo.

Pizarro, O. (08 de Marzo de 2006). Frutilla, Ministerio de Agricultura y Ganaderia. ABC Rural .

Posada, M. (03 de Marzo de 2019). La Argentina que produce frutillas. La Prensa .

Proexant. (2004). Manual Frutilla. Quito Ecuador.

QAMPO. (25 de Septiembre de 2017). Recuperado el 16 de Septiembre de 2019, de <http://qampo.es/blog/cultivo-prottegidos-e-invernaderos>

Quipildor, S. (2001). INTA. Recuperado el 21 de Septiembre de 2019, de Descripcion del cultivo frutilla: [http://sipan.inta.gov.ar/productos/ssd/vc/neuquen/ap/frutilla\\_descripcion.htm](http://sipan.inta.gov.ar/productos/ssd/vc/neuquen/ap/frutilla_descripcion.htm)

Raidan L. M. (06 de Abril de 2011). color abc. Recuperado el 26 de Mayo de 2019, de <http://m.abc.com.py/articulos/frutilla-241805.html>

Ramos, A. N. (2018). Clarificacion de las aguas residuales domesticas del Instituto Tecnologico Superior Mirikiri. Proyecto de Grado, Tecnologico Superior Mirikiri, La Paz, El Alto - Comanche.

Rodrigo. (2011). Sistemas de riego por goteo.

Rodriguez, V. H. (2007). Caracteristicas del Riego por Goteo e Instalacion.

Sahonero, M. (10 de Diciembre de 2017).Las ricas frutillas de Ucuchi. Opinion,pág. 1.

Sanchez, L. (12 de Abril de 2018). Ventajas y desventajas de macrotuneles. Recuperado el 26 de Agosto de 2019, de <http://brainly.lat/tarea/8839279>

Sierra Jaider, A. (2009). Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en colombia.

Sierra, C. (18 de Abril de 2018). Campo. Recuperado el 15 de Octubre de 2019, de Las claves para lograr una fertilizacion adecuada en frutillas: <http://Campos/Noticias/Analisis/2017/12/12/Las-claves-para-lograr-una-fertilizacion-adecuada-en-frutillas.aspx>

SIPAB. (1994). Informe anual. Programa de Sistema de Produccion del Altiplano Boliviano. Instituto Boliviano de Tecnologia Agropecuaria.

Stolk, E. (2006). La Fresa. Serie de Cultivos Folleto N°6. Caracas.

Suarez, M. (21 de Septiembre de 2016). amibolivia. Recuperado el 26 de Julio de 2019, de <http://amibolivia.com/AMI/?P=10651>

Sudsuki F. (1992). Cultivo de frutales menores. Santiago Chile: 5 ed. Editorial Universitaria.

Tapia, V. (2015). Intagri. Recuperado el 24 de Mayo de 2019, de <http://intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/manejo-de-la-fertirrigacion-con-venturi>

Toni, F. (13 de Mayo de 2019). Como hacer humus de lombriz. Recuperado el 05 de Octubre de 2019, de <http://www.google.com/amp/s/ecoinventos.com/como-hacer-humus-de-lombriz/amp/>

Turizo, M. (2006). Morfologia de la frutilla. Recuperado el 23 de Mayo de 2019, de <http://morfologia-de-la-frutilla>

UCDAVIS. (20 de Abril de 2018). Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de <http://horticulture.ucdavis.edu/information/produccion-de-hortalizas-en-ambientes-prottegidos-estructuras-para-la-agricultura>

Valdez. (2008). Efecto de fertirrigación en el comportamiento agronómico. Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés.

Vega, J. (22 de Mayo de 2013). color abc. (IPTA, Productor, & Instituto Paraguayo de Tecnologia Agropecuaria ) Recuperado el 26 de Mayo de 2019, de <http://m.abc.compy/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/transplante-de-frutilla-575375.html>

Velasquez, A. (09 de Mayo de 2019). Freshplaza.es. Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de Chilealimentos: <http://chilealimentos.com/wordpress/panorama-del-mercado-mundial-de-las-frutillas-año-2019/>

Velasquez, M. (04 de Mayo de 2013). Macrotunel. Recuperado el 05 de Abril de 2019, de <http://macrotunel-blogs.com/2013/05/por-que-un-macro-tunel-esto-nace-con-el.html?=:1>

Velazquez, F. J. (18 de Mayo de 2016). Hortalizas. Recuperado el 28 de Septiembre de 2019, de Factores para el manejo ambiental del invernadero de mediana tecnología: <http://hortalizas.com/horticultura-protegida/control-de-clima-en-invernaderos-de-tecnologia-mediana>

Verdier M. (2000). Cultivo de fresón en Climas Templados. Madrid España: Segunda Ed. AGRARIOS S.A.

Villagran, A. (2002). El cultivo de la Frutilla: Ministerio de Agricultura de Chile. Chile: Ed Rev. Ed FIA 90 p.

Villagran, A. V. (2006). El cultivo de la Frutilla. Ministerio de Agricultura de Chile. Chile: Ed Rev. Ed FIA.

wikiHow, A. p. (03 de Mayo de 2019). Como hacer un invernadero tipo tunel con PVC. Recuperado el 23 de Octubre de 2019, de <http://es.m.wikihow.com/hacer-un-invernadero-t%C3%BAnel-con-PVC>

Yabar, M. (Junio de 2017). Manchado de las hojas de las frutillas. Recuperado el 03 de Junio de 2019, de [http://patologiavegetal.ar/?q=node/69#MANCHADO\\_DE\\_HOJAS](http://patologiavegetal.ar/?q=node/69#MANCHADO_DE_HOJAS)

Yuste. (2014). Biblioteca de la agricultura. Barcelona España.

Zambrana, G. A. (06 de Junio de 2018). Scrib. Recuperado el 15 de Mayo de 2019, de Manual Construcion de Carpas Solares - Para la Agricultura Urbana y Periurbana de Sucre Bolivia: <http://es.scribd.com/document/381165401/Manual-Construcion-de-carpas-solares-para-la-agricultura-urbana-y-periurbana-de-sucre-bolivia>

ZAPP. (2000). Cultivo sin tierra; hidroponía popular. Bogota Colombia.

Zarate, A. M. (2014). Manual de Hidroponia. Mexico.

**ANEXOS**

## CONSTRUCCIÓN DEL MACRO TUNEL

**FOTOGRAFIA 25.**Trazado de terreno



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 26.** Elaboración de muescas



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 27.** Cavar hoyos para las estacas



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 28.** Colocado de las estacas



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 29.** Colocado de los arcos del macro túnel



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 30.** Colocado de ganchos para sujetar el Agrofilm



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 31.** Tapado de las laterales para la sujeción del Agrofilm



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 32.** Macro túnel terminado



Fuente: Elaboración propia (2019)

## **INSTALACIÓN DE TUBERIAS PVC PARA EL SISTEMA DE RIEGO**

**FOTOGRAFIA 33.** Tubería principal de salida de agua del tanque



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 34.** Tubería secundaria y Sistema Venturi



Fuente: Elaboración propia (2019)

## **CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA VERTICAL PARA ESTABLECER EL CULTIVO DE LA FRUTILLA**

**FOTOGRAFIA 35.** Materiales para la construcción vertical del sistema de riego



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 36.** Construcción y armado de la estructura vertical



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 37.** Bandeja metálica revestida con plástico e instalación del sistema de drenaje



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 38.** Perforación de los tubos PVC para el colocado de los conectores



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 39.** Colocado de conectores para la instalación de las cintas de riego



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 40.** Colocado de las cintas de riego y cascarilla de arroz



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 41.** Colocado de malla para el sistema de drenaje



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 42.** Sistema de riego semi - hidropónico vertical terminado



Fuente: Elaboración propia (2019)

## IMPLEMENTACIÓN DEL CULTIVO DE FRUTILLA EN EL SISTEMA SEMI – HIDROPÓNICO VERTICAL

**FOTOGRAFIA 43.** Plantines de frutilla



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 44.** Separar el suelo de las raíces



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 45.** Lavado de raíces



Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 46.** Trasplante de los plantines de frutilla al Sistema de riego semi-hidropónico vertical



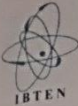
Fuente: Elaboración propia (2019)

**FOTOGRAFIA 47.** Sistema semi - hidropónico vertical para la producción de frutilla terminado



Fuente: Elaboración propia (2019)

## FOTOGRAFIA 48. Análisis Físico Químico de Aguas



IBTEN

**MINISTERIO DE ENERGÍAS**  
INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR  
 CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES  
 UNIDAD DE ANALISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

### ANALISIS FISICO QUIMICO DE AGUAS


INTERESADO : *NELLY RAMOS ASPI*  
 PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*  
*Provincia : PACAJES,*  
*Comunidad : COMANCHE*  
**INSTITUTO TECNOLOGICO MIRIKIRI**

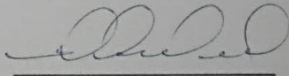
N° SOLICITUD: **180 / 2018**  
 FECHA DE RECEPCION : *31 / Octubre / 2018*  
 FECHA DE ENTREGA : *21 / Noviembre / 2018*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE AGUA : MAP - 31 - 10*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
533-01 /2018	pH	8,41	-	Potenciometria
533-02 /2018	Conductividad Eléctrica	310,00	µS/cm	Conductancia
533-03 /2018	Turbidez	0,00	NTU	Nefelometria
533-04 /2018	Alcalinidad total	56,99	mg CaCO <sub>3</sub> / L	Volumetria
533-05 /2018	Acidez total	2,0	mg CaCO <sub>3</sub> / L	Volumetria
533-06 /2018	Dureza total	99,37	mg CaCO <sub>3</sub> / L	Volumetria
533-07 /2018	Cloruros	9,47	mg / L	Método argentométrico
533-08 /2018	Color	1	Un Pt/Co	Comparación visual
533-09 /2018	Olor	Inodoro		
533-10 /2018	Aspecto	Líquido transparente, incoloro		

OBSERVACIONES.-




---

RESPONSABLE DE LABORATORIO  
JORGE CHUNGARA C.

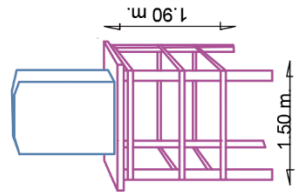
Of. Av. 6 de Agosto 2905, Telf.: 2433481 - 2430309 - 2433877 - 2128383 Fax: (0591-2) 2433063, La Paz - Bolivia Casilla 4821, Telf. 2800095 CIN-Viacha, E-mail:  
 ibten@entelnet.bo \* Página Web: www.ibten.gob.bo

Fuente: (Ramos, 2018)

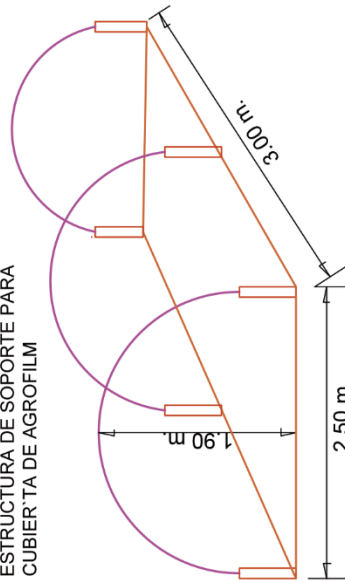
PROYECTO :  
**IMPLEMENTACIÓN DE MACRO TUNEL PARA EL CULTIVO DE LA FRUTILLA (*Fragaria vesca L.*) EN SISTEMA DE PRODUCCIÓN SEMI HIDROPÓNICO VERTICAL URBANO**

AREA EXPERIMENTAL

ESTRUCTURA DE ELEVACIÓN Y  
 TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA  
 CUBIERTA DE AGROFILM

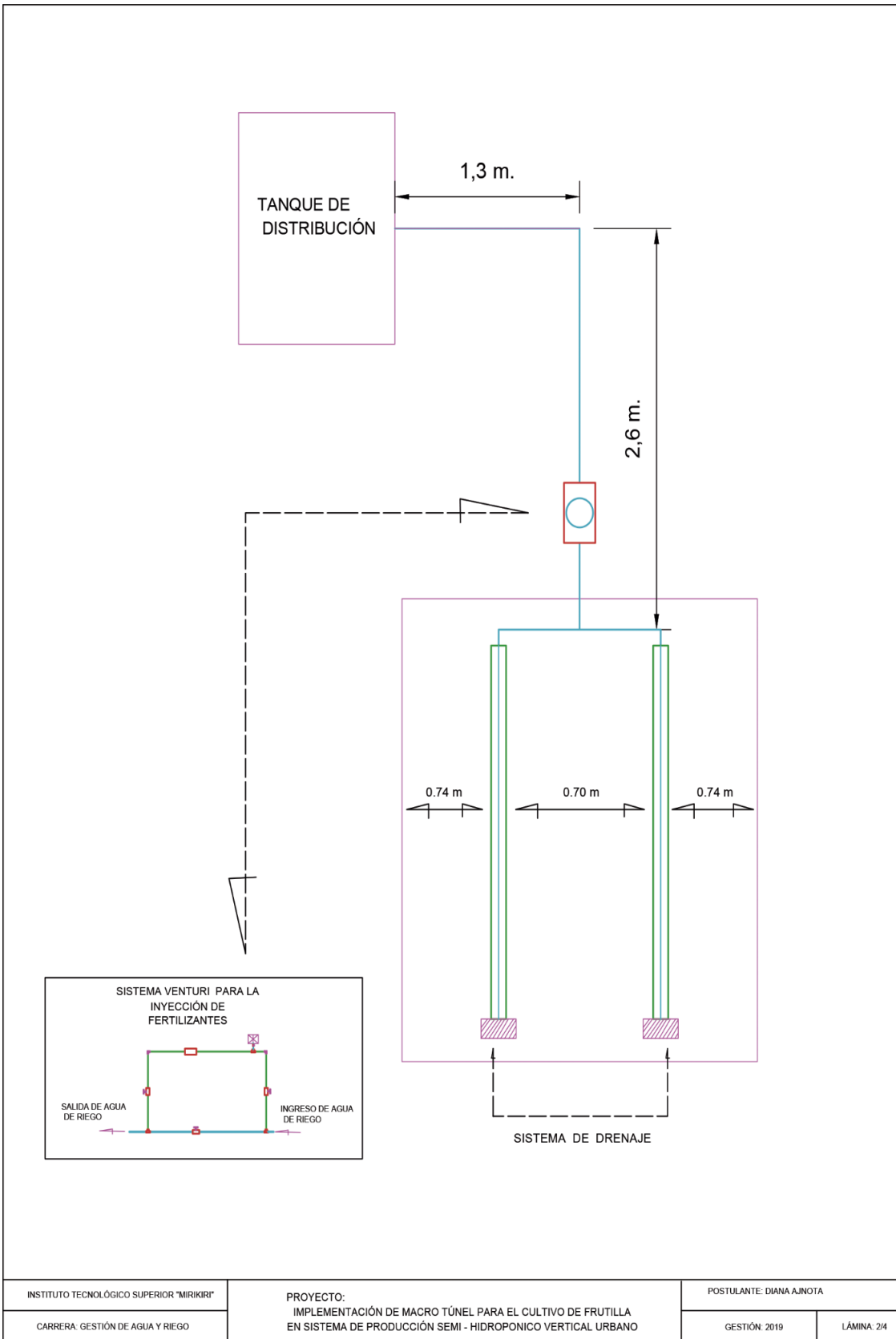


INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR "MIRIKIRI"  
 CARRERA: GESTIÓN DE AGUA Y RIEGO

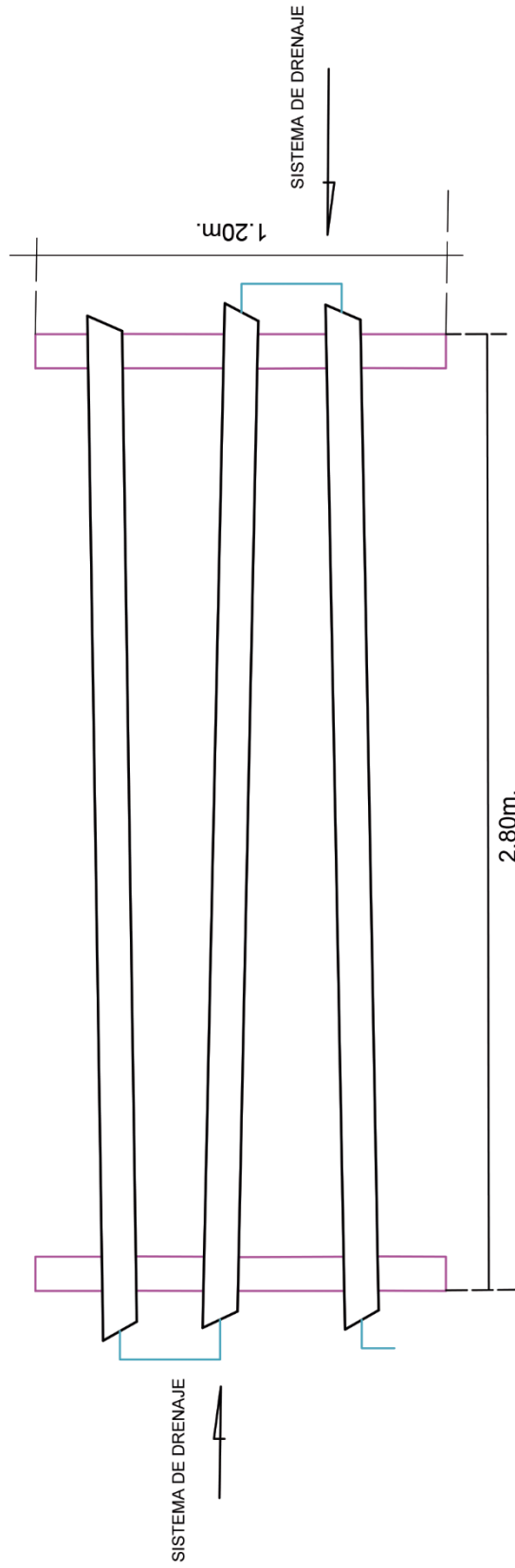
PROYECTO:  
 IMPLEMENTACIÓN DE MACRO TUNEL PARA EL CULTIVO DE FRUTILLA EN SISTEMA  
 DE PRODUCCIÓN SEMI - HIDROPÓNICO VERTICAL URBANO

POSTULANTE: DIANA AJNOTA  
 GESTIÓN: 2019

LÁMINA: 1/4



# ESTRUCTURA DEL SISTEMA SEMI - HIDROPÓNICO VERTICAL



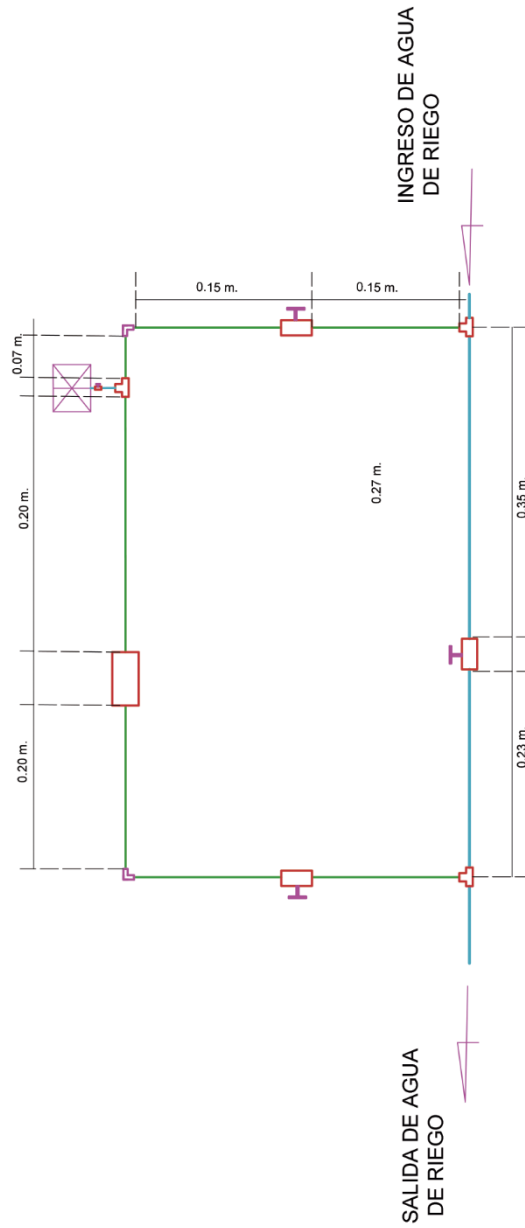
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR "MIRIKIRI"  
CARRERA: GESTIÓN DE AGUA Y RIEGO

PROYECTO:  
IMPLEMENTACIÓN DE MACRO TÚNEL PARA EL CULTIVO DE FRUTILLA EN SISTEMA  
DE PRODUCCIÓN SEMI - HIDROPÓNICO VERTICAL URBANO

POSTULANTE: DIANA AJNOTA  
GESTIÓN: 2019

LÁMINA: 3/4

## SISTEMA VENTURI PARA LA INYECCIÓN DE FERTILIZANTES



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR "MIRIKIRI"  
CARRERA: GESTIÓN DE AGUA Y RIEGO

PROYECTO:  
IMPLEMENTACIÓN DE MACRO TÚNEL PARA EL CULTIVO DE FRUTILLA EN SISTEMA DE PRODUCCIÓN SEMI - HIDROPÓNICO VERTICAL URBANO

POSTULANTE: DIANA AJNOTA  
GESTIÓN: 2019

LÁMINA: 4/4