

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PILOTO DE CULTIVO DE
PASTO HIDROPÓNICO VERTICAL**

AUTOMATIZACIÓN

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN ELECTROMECAÁNICA**

BRAYAN FERNANDO OÑATE REVELO

DIRECTOR: ABRAHAM ISMAEL LOJA ROMERO MSC.

Quito, agosto 2022

CERTIFICACIONES

Yo, Bryan Fernando Oñate Revelo declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Oñate Revelo Bryan Fernando

bryan.onate@epn.edu.ec

recordstorm_33@hotmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por BRYAN FERNANDO OÑATE REVELO, bajo mi supervisión.



Abraham Ismael Loja Romero

DIRECTOR

abraham.loja@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmo que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el producto resultante del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

Oñate Revelo Bryan Fernando

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto al sector ganadero de la ciudad de Tulcán debido a que diariamente realizan un trabajo exhaustivo y duro para llevar a cabo el trabajo de ganadería y producción de leche y sus derivados; ya que su trabajo debe hacerse los 365 días del año sin descanso debido a la gran atención que conlleva el cuidado de animales de granja, un trabajo que requiere mucho compromiso y disciplina en el campo.

Es por eso que este proyecto está enfocado a su trabajo y que pueda ayudarles a reducir horas de trabajo, gastos económicos excesivos y ahorro energético y de líquido vital como es el agua.

De igual manera el proyecto está hecho para generar un impacto positivo con respecto a la tecnificación de granjas lo cual les permitirá generar mayores ingresos si se trabaja de manera adecuada. Sin mencionar el impacto ambiental positivo que tiene en sus zonas de cosecha gracias a la reducción de espacio que requiere y a la disminución de agua de consumo que normalmente se daría con el pasto tradicional.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi familia por confiar y apoyar mis proyectos dándome su cariño incondicional y motivándome a llevarlos a cabo. (A) mi papa por ayudarme en el diseño y construcción del prototipo y me guio durante todo el proceso personalmente y económicamente. (A) mi mama por brindarme todo su apoyo y motivarme por siempre destacar con ideas creativas. Y finalmente a mi director de tesis el Ing. Abraham Loja por haberme brindado su tiempo con las tutorías hechas a lo largo de estos meses para la culminación de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1 Objetivo general	1
1.2 Objetivos específicos	1
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	3
2. METODOLOGÍA	4
2.1 Levantamiento de información de pastizales y alimento de ganado en campo	4
2.2 Diseño de la arquitectura de los módulos de cultivo de forraje verde.	5
2.3 Dimensionamiento del sistema de riego	8
Selección de aspersores:	8
Selección del tanque:	10
Selección de la bomba hidráulica	13
Pérdidas en la tubería	16
2.4 Sistema automático temporizado de riego	18
Dimensionamiento de protecciones	21
Dimensionamiento de contactor	21
2.5 Tipo y rendimiento del forraje verde	23
2.6 Prueba del sistema instalado y verificación de requerimientos	26
Selección de la semilla:	26
Pre Germinación:	27
Germinación:	27
Crecimiento y desarrollo:	28
Cosecha:	29
Funcionamiento del sistema	30
3. RESULTADOS	31
Prueba de cultivo 1: Maíz	33
Prueba de cultivo 2: Trigo	37
Prueba de cultivo 3: Cebada	40
Enlace instructivo de piloto automático para cultivo de forraje verde	47
4. CONCLUSIONES	47
5. Recomendaciones	48
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

7. ANEXOS	50
ANEXO I. Certificado de Turnitin.	50
ANEXO II. CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR52	
ANEXO III. Formato de Entrevista	53
ANEXO III: Planos – Estructura metálica	1
.....	2
ANEXO IV: Planos – Sistema de riego.....	2
ANEXO V: Tabla de calibres.....	1
.....	2
.....	3
ANEXO VI: Diagrama esquemático.....	1
ANEXO VII: PROGRAMA DEL CONTROLADOR LOGO	2
ANEXO VIII: Manual de uso	1
ANEXO IX: Manual de mantenimiento	8

RESUMEN

Una de las principales ramas de actividad económica y productiva en el Carchi es la agricultura, además, datos registrados en el informe 2015 – 2019 del GAD del Carchi indican que estos servicios corresponden al 21% de la producción de la provincia. La encuesta de Superficie y producción agropecuaria refleja que el Carchi cuenta con 179 mil hectáreas de tierra productiva que corresponde al 11% de la superficie total de la zona de planificación y a nivel nacional representa el 1 y 2% del total. El territorio cuenta con una gran producción de papa, cereales, hortalizas y principalmente la ganadería y obtención de leche. [1] Por ende, este proyecto está basado en referencia a las necesidades de la ganadería local.

La metodología del proyecto está dividida en 3 partes fundamentales como son:

El primer apartado trata sobre el diseño y construcción de la estructura del módulo de cultivo acorde a los criterios técnicos que cubran con las necesidades del lugar donde será implementado.

El segundo apartado trata sobre el dimensionamiento del sistema de riego y tuberías tomando como referencia el método NFT para la recirculación del líquido de riego.

El tercer apartado trata sobre el diseño del programa y sistema de control diseñado acorde a las necesidades del módulo y realice los riegos automáticos.

Finalmente se desarrolló un manual de uso y mantenimiento del módulo de cultivo para su correcto funcionamiento en los días de cultivo.

PALABRAS CLAVE: Forraje verde hidropónico, método NFT, Sistema de riego, semillas de cultivo, sistema automático.

ABSTRACT

One of the main branches of economic and productive activity in Carchi is agriculture, in addition, the data recorded in the 2015 - 2019 report of the Carchi GAD indicate that these services correspond to 21% of the province's production. The survey of Surface and agricultural production reflects that Carchi has 179 thousand hectares of productive land that correspond to 11% of the total surface of the planning zone and at the national level it represents 1 and 2% of the total. The territory has a large production of potatoes, cereals, vegetables and mainly livestock and milk production. [1] Finally, this project is based on reference to the needs of local livestock.

The methodology of the project is divided into 3 fundamental parts such as:

The first section deals with the design and construction of the structure of the cultivation module according to the technical criteria that meet the needs of the place where it will be implemented.

The second section deals with the sizing of the irrigation system and pipes, taking as a reference the NFT method for the recirculation of the irrigation liquid.

The third section deals with the design of the program and control system designed according to the needs of the module and perform automatic irrigation.

Finally, a manual for the use and maintenance of the cultivation module was developed for its correct operation on cultivation days.

KEYWORDS: *Hydroponic green fodder, NFT method, Irrigation system, crop seeds, automatic system.*

1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

Este proyecto se basa en el cultivo hidropónico, el cual permite el crecimiento de cultivos mediante el uso de agua y soluciones nutritivas permanentes. Con esta tecnología se cultiva una gran cantidad de forraje en limitadas áreas de terreno, implementándolos de forma vertical u horizontal, esto permite optimizar el uso del agua a través de un sistema de bombeo y riego mediante un sistema temporizado que controla los ciclos de riego.

El proyecto es una medida de adaptación al cambio climático, la cual atiende la necesidad de optimizar el uso de agua y la conservación del suelo. [1]

En los últimos años la venta de cultivos hidropónicos en los supermercados ha incrementado significativamente, debido a las propiedades de alta calidad que presentan, la población desconoce el significado de este tipo de cultivos hidropónicos debido a que estos son solo producidos en su mayoría por grandes empresas. [2]

Con base en lo establecido al método hidropónico y a un sistema automático controlado se obtiene como resultado un sistema de cultivo funcional el cual se realizó en 4 etapas de ejecución del proyecto, las cuales son:

Etapas 1: Diseño y construcción de un módulo o rack de cultivo vertical.

Etapas 2: Construcción e implementación de un sistema NFT para circulación y riego de agua por microaspersión.

Etapas 3: Sistema de almacenamiento del agua con o sin nutrientes aptos para el cultivo mediante un tanque conectado a la bomba y al sistema de tuberías de riego.

Etapas 4: Control temporizado mediante un controlador lógico programable para el accionamiento de la bomba.

1.1 Objetivo general

- Implementar un sistema piloto de cultivo de pasto hidropónico vertical.

1.2 Objetivos específicos

1. Levantar información de pastizales y alimento de ganado en campo.
2. Diseñar la arquitectura de los módulos de cultivo de forraje verde.
3. Dimensionamiento del sistema de riego.
4. Implementar un sistema automático temporizado que controle el riego del cultivo.

5. Analizar el tipo y rendimiento del forraje verde producido.
6. Probar el sistema instalado y verificar que cumpla con los requerimientos dados.

1.3 Alcance

La provincia del Carchi es reconocida por tener una actividad agrícola-ganadera, esto como una de las principales bases económicas de la región. Por varios motivos los agricultores han optado por dedicarse a la ganadería, de esta manera lo menciona el Diario Regional Independiente “El Norte” (2012) en su sitio web en el cual afirma que “Del 80 al 85% de la región rural se dedica a la ganadería” debido a que presenta un menor costo de producción que el de la agricultura. Sin embargo, la agricultura tradicional ha provocado infertilidad en los suelos del sector, sumando a esto las sequías a causa de los cambios climáticos lo cual ha provocado escasa producción de forraje para la alimentación de sus hatos ganaderos, esto en particular en épocas secas, lo cual genera que los ingresos de los ganaderos se vean afectados y tengan que buscar más alternativas de alimento como: zanahoria, balanceado o melaza para su ganado. [3]

Con lo mencionado uno de los principales problemas es adaptarse a los cambios climáticos que presenta la región en tiempos de lluvias o sequías excesivas, lo cual en muchos casos obliga a los ganaderos a buscar otras tierras para cumplir con los estándares de calidad y cantidad que pueda requerir la demanda alimenticia del animal de ganado. Por lo que, han recurrido al uso de suplementos que puedan suplir la falta de nutrientes presentadas en épocas del año. Sin mencionar los costos que esto conlleva, ya que generalmente el personal ganadero compra el pastizal a terceros o requiere de grandes extensiones de campo para producir su forraje verde de manera tradicional. [4]

El beneficiario directo de este proyecto es el propietario de la finca de caso de estudio. Sin embargo, se recalca que este tipo de sistemas de cultivo hidropónico es también un pequeño aporte para el mejor uso de terrenos agrícolas que puede ser replicado y adaptado en otros cultivos y campos de la zona de estudio, mejorando la calidad del producto cosechado de manera orgánica, optimizando los recursos y condiciones climáticas que requiere este tipo de agricultura, esto mediante acondicionamientos temporizados de riego de agua conjuntamente con el nutriente.

De igual manera la ESFOT se verá beneficiada debido a que aún no se ha dado un proyecto de esta rama en específico por lo que esta información teórica y práctica servirá de base de investigación y referencia futura para estudiantes que deseen realizar este tipo de implementación agrícola.

1.4 Marco teórico

- **Hidroponía:** Es una técnica que trabaja con el agua la cual se basa en un sistema de cultivo en el que las raíces no están en contacto con tierra, sino en una solución nutritiva compuesta por los elementos necesarios para el crecimiento de la planta a cultivar. [5]
- **Forraje Verde Hidropónico (FVH):** Es un método de producción de alimento de ganado, bovinos, ovinos y más animales de granja el cual permite evitar las limitantes presentadas por los terrenos en épocas de lluvias o sequías y sus extensiones. [6]
- **Sistema NFT (*Nutrient Film Technique*):** La técnica de la película del nutriente consiste en un sistema recirculante de una solución nutritiva a través de las raíces apta para el cultivo, la cual es una de las más populares en la hidroponía. Es transportada por canales los cuales pueden ser de PVC o polietileno. La solución es suministrada y recogida por tanques de almacenamiento, dependiendo del diseño y las necesidades del proyecto. [7]
- **Semillas de producción:** El éxito de la producción FVH es la selección de una semilla de calidad y con buenos estándares de crecimiento con un mínimo de 90% de germinación, generalmente se usan gramíneas y cereales como cebada, trigo, avena, maíz; los cuales tienen periodos de crecimiento relativamente rápidos entre 9 a 15 días llegando a crecer hasta 25cm, esto depende mucho de las condiciones climáticas de la zona de cultivo. [8]
- **Pérdidas de carga:** Existen dos tipos: **Pérdidas continuas** las cuales se dan en tuberías debido al rozamiento con las paredes del tubo o las **pérdidas localizadas** debido al choque producido con los accesorios implementados en los sistemas de distribución en donde existen cambios de dirección. [9]
- **Controlador lógico programable – LOGO:** El LOGO Siemens es un PLC (*Programmable Logic Controller*) el cual es un dispositivo electrónico el cual da control a circuitos de automatización en la industria. Previamente a esto se introduce un programa el cual trabaja con base en la información recibida por los sensores o entradas para poder actuar en las salidas o actuadores. [10]

2. METODOLOGÍA

2.1 Levantamiento de información de pastizales y alimento de ganado en campo

Es necesario un levantamiento de los requerimientos de la finca “La Sofía” y campo ganadero de la zona de estudio, en general sobre la calidad del forraje verde requerido para su ganado. De igual manera la cantidad de alimento que puede ingerir un animal de ganado por día, cantidad de leche producida, cantidad de agua que consume y horarios específicos de alimentación. Esto permitió realizar un análisis de la cantidad y calidad de forraje requerido.

El enfoque mixto utilizado en este proceso se debe a que se ha planteado una serie de preguntas para la recolección y análisis de datos para establecer una hipótesis y punto de partida con lo que se refiere a la producción necesaria de alimento de ganado. Las preguntas fueron realizadas a un grupo de 5 ganaderos aledaños a la región de estudio, se anexan dichas preguntas en el **Anexo II**.

El tipo de trabajo se da mediante el estudio de casos, cada ganadero presenta necesidades similares, pero en distintas magnitudes, esto se debe a variables como extensiones de campo que tienen los ganaderos, número de cabezas de ganado, cantidad de producción y más datos que permiten establecer un margen posible de referencia.

Gracias a la encuesta realizada en los alrededores de la ciudad de Tulcán a las personas ganaderas y que cuentan con tierras y ganado, se pudo recabar los siguientes datos que ayudaron a marcar una referencia para la construcción del proyecto.

- El cuidado del vacuno es muy estricto y requiere una buena alimentación balanceada.
- El número de vacunos de los ganaderos iba entre 30 vacas hasta 120 vacas.
- Cada vaca consume alrededor de 50 kilos diarios de forraje.
- El uso de pasto con buena proteína mejora la calidad de producción de leche del vacuno.
- El ganadero conocía el método hidropónico, pero al no ser una producción de grandes cantidades no le pareció rentable ni conveniente.
- El forraje verde hidropónico se proporciona como un alimento extra balanceado y proteína a parte de su alimentación normal.

- Los ganaderos conocen métodos nuevos de cultivo que podría mejorar la producción de leche, pero no lo han hecho por la falta de apoyo y de constancia en métodos de innovación por lo que parece que se encajan en un sistema tradicional.

La encuesta permite tener una idea de cómo es el cuidado y alimento del vacuno para tener en cuenta las dimensiones de infraestructura a utilizar y cubrir con las necesidades del ganadero.



Figura 2.1 Visita a ganaderos Comuna “La esperanza”

2.2 Diseño de la arquitectura de los módulos de cultivo de forraje verde.

Con la asesoría del diseñador industrial Eduardo Oñate (Padre) se realizaron los planos de la arquitectura de los módulos metálicos para el forraje como lo indica el **Anexo III**, el diseño de la estructura o esqueleto al ser un prototipo se lo hizo para 12 bandejas, con 3 niveles de 4 bandejas por cada nivel distanciados por 40cm de altura entre cada uno y con una inclinación de 20° con el fin de evitar estancamientos de agua y permita la recirculación del nutriente.

Se diseñó en aluminio debido a que presenta buenas propiedades y ventajas con respecto al tipo de uso que se le va a dar.

- Es un metal ligero y tiene gran resistencia por lo que puede adaptarse a la aplicación deseada.
- Debido a que el sistema es hidropónico y está en contacto directo con el agua el aluminio es buen material ya que no genera una capa de óxido de forma natural lo cual lo hace resistente a la corrosión.
- El FVH requiere de una apta temperatura y buena iluminación para su crecimiento por lo que es muy conveniente ya que el material tiene buenas propiedades de reflexión de luz y calor.
- Es un material impermeable e inodoro.
- Es totalmente reciclable, esto es un factor importante en la actualidad porque es posible evitar la acumulación de residuos y desperdicios de material ya que la recuperación de vida útil del aluminio apenas requiere de un 5% de energía que fue necesaria para producir el material primario. [11]



Figura 2.2 Estructura hecha en material de aluminio

Sus dimensiones principales son de 118 cm (Largo) * 192 cm (Altura) * 81 cm (Ancho) y como se observa en la **Figura 2.3** es muy ergonómico ya que fue pensado para adaptarse a todo tipo de espacio y al tener un diseño modular permite ser montado y desmontado para movilizarlo con gran facilidad.



Figura 2.3 Estructura final con bandejas de polietileno.

Con los datos de estructura y sus dimensiones es posible tener un estimado de la densidad y rendimiento de FVH de siembra para lo cual es necesario el cálculo de área por bandeja.

- **Área de cultivo por bandeja ($A_{bandeja}$):**

$$A_{bandeja} = L * A$$

Ecuación 1: Área de un rectángulo

Para efectos de diseño se tomó en cuenta las siguientes dimensiones:

h	8.5 (cm) altura
A	10 (cm) Ancho
L	37 (cm) Longitud

Usando la **Ecuación 1** se obtiene:

$$A_{bandeja} = 0.192 (m^2)$$

El área de cultivo por cada bandeja es de $0.192 m^2$ lo cual sirve como referencia para tener la capacidad de cultivo que pueda tener el módulo completo.

2.3 Dimensionamiento del sistema de riego

Se seleccionaron los materiales y accesorios del sistema hidropónico con base en la estructura creada, es decir, 3 niveles de tubería de riego en donde cada nivel cubre un área de 4 bandejas.

Para el diseño y dimensionamiento del sistema de riego se considera: caudal, tipo de bomba, tipo de aspersores, tubería a utilizar, distancia de recorrido y pérdidas producidas por los accesorios.

Selección de aspersores:

Para el riego de FVH es recomendable usar el método de microaspersión debido a que es el método que presenta mejores resultados. *Hydro Environment* (Mex) empresa dedicada a la comercialización de productos para la Hidroponía e invernaderos recomienda utilizar nebulizadores tipo micro jet de 25 (lt/h) [12]. No es recomendable utilizar técnicas de riego como por goteo o inundación debido a que esto puede provocar crecimiento de hongos o que se pudran los tallos y hojas del cultivo.

Para la selección de micro aspersores es necesario tener en cuenta la necesidad de consumo ($NA_{m\acute{a}x}$) y volumen de cada riego ($VR_{m\acute{a}x}$).

La necesidad de consumo ($NA_{m\acute{a}x}$) según la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y alimentación el riego en la semilla de maíz, trigo, avena, cebada se debe realizar entre 0.9 a 1.5 (l/m²) [13]. Gracias al área calculada por bandeja de 0.192 (m²) se puede calcular la necesidad diaria de agua por bandeja.

$$NA_{m\acute{a}x} = A * \frac{Q_{d\acute{a}ia (semilla)}}{A_{m^2}}$$

Ecuación 2: Necesidad máxima de consumo de agua. [14]

En donde:

$NA_{m\acute{a}x}$	l/día*bandeja
A	0.192 (m ²) Área de bandeja
$Q_{d\acute{a}ia(semilla)}$	1.5 (l/m ²) Caudal máximo recomendado para maíz
A_{m^2}	1 (m ²) Área por m ²

Usando la **Ecuación** se obtiene:

$$NA_{m\acute{a}x} = 0.288 \frac{l}{d\acute{a}a} \cdot bandeja$$

Debido a que el riego se debe realizar entre 4 a 8 veces por día, es necesario encontrar el volumen de cada riego a realizar, se utilizó un promedio de 6 riegos por día como referencia para el cálculo del Volumen de cada riego ($VR_{m\acute{a}x}$):

$$VR_{m\acute{a}x} = \frac{NA_{m\acute{a}x}}{\frac{\# Riegos}{d\acute{a}a}}$$

Ecuación 3: Volumen de cada riego [15]

En donde:

$VR_{m\acute{a}x}$	Volumen de cada riego máximo
$NA_{m\acute{a}x}$	0.288 l/día. Bandeja
Riego	6 riegos/día

Usando la **Ecuación** se obtiene:

$$VR_{m\acute{a}x} = 0.05 \text{ lt. bandeja}$$

Como los riegos no deben durar más de 2 minutos para evitar inundaciones de la semilla, es necesario calcular la necesidad de agua por cada bandeja con riegos de 1 minuto, por ende:

$$NA_{asp} = \frac{VR_{m\acute{a}x}}{1 \text{ min}}$$

Ecuación 4: Necesidad de agua por bandeja [15]

En donde:

$VR_{m\acute{a}x}$	0.05 (lt/bandeja) Volumen de cada riego máximo
NA_{asp}	Necesidad de agua por minuto
1 min	Tiempo de riego

Usando la **Ecuación 4** se obtiene:

$$NA_{asp} = 0.05 \left(\frac{lt}{min} \right)$$

El micro aspersor calculado tiene un caudal cercano a 3lt/h, equivalentes a 0.05 lt/min.

El caudal calculado sirve como referencia para la selección del micro aspersor, pero debido a que comercialmente es complicado conseguir uno de ese caudal, se debe sobredimensionar y utilizar el aspersor comercial existente en el mercado. En este caso se usó un micro aspersor mini blue de 50 (lt/h), presión de 1 bar, radio de 0.80 (cm) y cono de aspersión de 340°.



Figura 2.4 Micro Aspersor mini blue seleccionado.

El caudal total de riego es de 3lt/h por bandeja. Como la Organización Mundial de Agricultura y Alimento recomienda realizar riegos de 1 min cada dos horas o 4 horas dependiendo de las necesidades del cultivo, se optó por utilizar como referencia los 6 riegos por día y así poder cubrir la necesidad de riego. Normalmente se debería utilizar 6 aspersores para cubrir las 12 bandejas, pero el proyecto está pensado para posibles ampliaciones por lo que se usó un aspersor por cada bandeja. Como el aspersor que se consiguió tiene un sobredimensionamiento de 16 veces más, es necesario regular la presión y caudal de agua, para ello es necesario utilizar un regulador de presión o válvula para disminuir el área, presión y caudal de riego.

Una vez hecha la selección de aspersores se procedió al dimensionamiento y selección del tanque ya que es parte fundamental del sistema de almacenamiento para así cubrir la demanda total de agua necesaria durante los ciclos de riego del cultivo.

Selección del tanque:

Se tiene en cuenta que el sistema está diseñado para 12 bandejas de cultivo FVH, para la selección correcta del tanque de almacenamiento se considera la demanda total de agua durante el riego.

Se considera que la necesidad de agua irá en aumento según el sistema vaya creciendo, como se recalcó anteriormente la demanda diaria de FVH es de 0.9 a 1.5 (L/m²), en donde las necesidades de riego más bajas corresponden a la etapa de germinación y esta irá

incrementando gradualmente debido al crecimiento del cultivo hasta llegar al límite de 1.5 (L/m²). [14] Debido a estas consideraciones se calcula las necesidades mínimas y máximas para establecer un rango y tener una necesidad de riego de agua total por bandeja y por el sistema completo.

Necesidad máxima de riego por bandeja: 0.288 l/día*bandeja.

Se utiliza nuevamente la ecuación 2 utilizando el dato mínimo de riego de 0.9 (l/día) y el área de 0.192 (m²) para calcular la necesidad mínima de riego de agua por bandeja y así establecer el rango antes mencionado.

Usando la **Ecuación 2** se obtiene:

$$NA_{min} = 0.172 \left(\frac{lt}{día} \right)$$

Para encontrar la necesidad máxima total de agua en el cultivo es necesario establecer un programa de riego basándose en los resultados de la **ecuación 2** de necesidad máxima y mínima, esto según sus días de crecimiento y acorde al caudal necesario por bandeja.

La **Tabla 1** refleja el programa de riego de referencia para el riego diario dependiendo en que etapa se encuentre el cultivo FVH, como se muestra a continuación:

Tabla 1: Programa de riego cultivo FVH

Programa de riego por bandeja	
Día	Caudal (L/Día)
Dr1: 0 a 3	0.172
Dr2: 4 a 7	0.212
Dr3: 8 a 11	0.252
Dr4: 12 a 15	0.288

Con esta información se procede a calcular la demanda de agua de riego:

Necesidad de riego de una bandeja ($NR_{bandeja}$):

$$NR_{bandeja} = (Dr1 * 0.172) + (Dr2 * 0.212) + (Dr3 * 0.252) + (Dr4 * 0.288)$$

Ecuación 5: Necesidad de riego de una bandeja [14]

En donde:

Dr	4 días de riego.
------	------------------

<i>Caudal 1</i>	0.172 l/día (día 1 al día 4 de riego)
<i>Caudal 2</i>	0.212 l/día (día 5 al día 8 de riego)
<i>Caudal 3</i>	0.252 l/día (día 9 al día 12 de riego)
<i>Caudal 4</i>	0.288 l/día (día 13 al día 15 de riego)

Usando la **ecuación 5** se obtiene:

$$NR_{bandeja} = 2.832 \text{ Lt } x \text{ bandeja}$$

El resultado de este programa de riego establece la necesidad de riego por cada bandeja de 2.83 litros por bandeja utilizando un ciclo vegetativo de 15 días como referencia. Por lo tanto, con este dato se procede al cálculo de la necesidad de riego total de todo el sistema.

$$NR_{cultivo} = NR_{bandeja} * \# \text{ de bandejas}$$

Ecuación 6: Necesidad de riego del cultivo [14]

En donde:

<i>NR_{cultivo}</i>	Necesidad de riego del cultivo.
<i>NR_{cultivo}</i>	2.832 (Lt x bandeja) Necesidad de riego x bandeja.
#	12 bandejas.

De la **Ecuación 6** se obtiene:

$$NR_{cultivo} = 33.96 \text{ (Lt)}$$

Se tiene en cuenta la necesidad máxima de agua del cultivo FVH durante los 15 días de ciclo del crecimiento del forraje, el cual corresponde a los 33.96 (Lt). Se selecciona un tanque acorde a las necesidades del sistema, debido a que no se encuentra un tanque comercial de esta medida es necesario sobredimensionar aproximadamente a un factor de seguridad de 2%, por lo que, se diseñó un tanque de 70 (lt).



Figura 2.5 Tanque diseñado para 70 lt de capacidad.

Una vez seleccionados los tipos de aspersores y tanque de almacenamiento se procede a la selección de la bomba en donde esta depende del caudal de trabajo total y de la distancia total recorrida por el agua a través del sistema de riego.

Selección de la bomba hidráulica

Para la selección correcta de la bomba de agua es necesario considerar el caudal de trabajo del sistema y la distancia total recorrida a través del módulo de cultivo.

$$Q_{trabajo} = Q_{asp} * \#aspersores$$

Ecuación 7: Caudal de trabajo

En donde:

$Q_{trabajo}$	Caudal de trabajo total
Q_{asp}	50Lt/h Caudal del aspersor
#	12 micro aspersores

De la **Ecuación 7** se obtiene:

$$Q_{trabajo} = 600 \frac{Lt}{h} = \frac{10Lt}{min} = 2.64 (Gal)$$

Una vez que se conoce el caudal de trabajo del sistema es necesario calcular la distancia total recorrida por el agua.

El sistema de riego tiene 3 niveles de altura, esto le permite adaptarse a la estructura fácilmente y cubrir toda el área de riego para las bandejas.

Teniendo en cuenta el plano de riego en el **Anexo IV** se calcula la distancia recorrida del agua por las tuberías. Cabe recalcar que el sistema se divide en dos partes; el sistema de riego para aspersion y el sistema de desagüe, pero debido a que la estructura está diseñada con una inclinación de 25° para las bandejas y así evitar excesos de agua, el desagüe se da netamente por caída de gravedad por lo que esto lo vuelve un sistema independiente al sistema de aspersion.

$$\text{Distancia total} = 6.96 \text{ (m)}$$

Con la distancia total en metros y el caudal en litros/minuto es posible la selección de la bomba gracias a la siguiente gráfica.

Curva de rendimiento hidráulico:

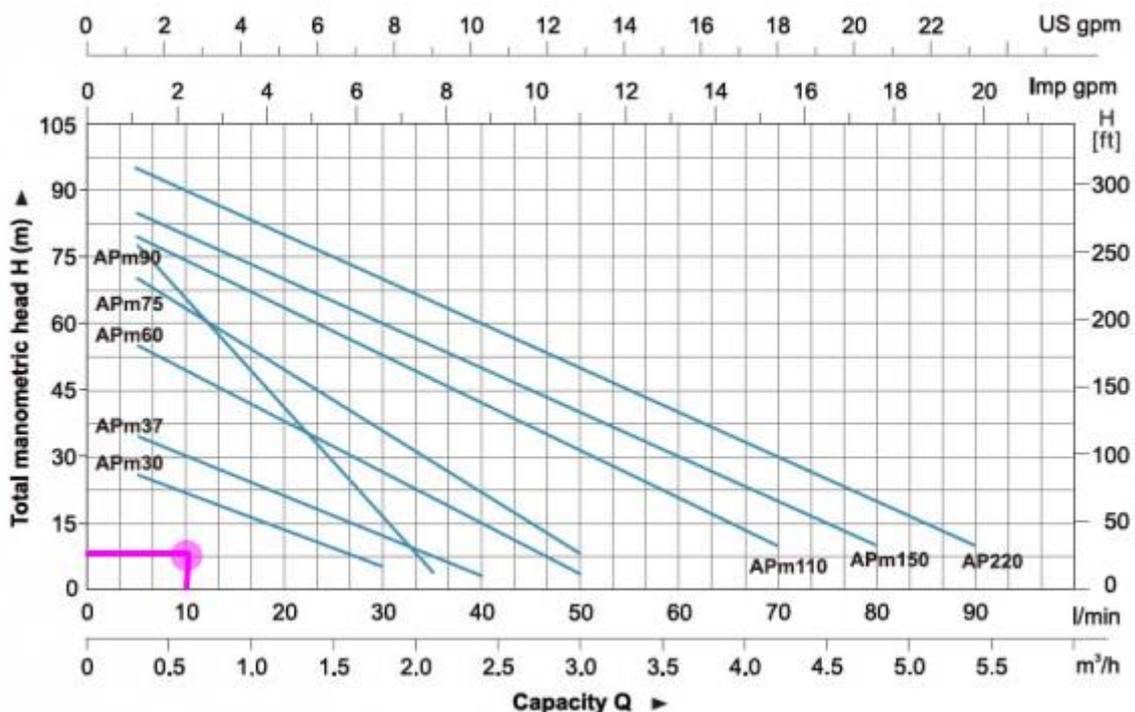


Figura 2.6 Curva de rendimiento de bombas periféricas Marca LEO [16]

Debido a que los datos obtenidos son relativamente bajos es necesario sobredimensionar el sistema para seleccionar una bomba que se encuentre fácilmente en el mercado. En la **Figura 2.6**, se puede observar que para una distancia de la tubería de alrededor de 7 metros de recorrido de agua y 10 litros por minuto de caudal es necesario una bomba periférica APm30 de ¼ hp siendo la más cercana a los valores reales.

Debido a que el prototipo está planteado para posibles expansiones modulares se sobredimensionó y se seleccionó una bomba APm37 de ½ hp como lo indica la **figura 2.7**.

MODELO		POTENCIA		Q (m3/h)	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	3	3.6	4.2	4.8	5.4
Monofásica	Trifásica	(KW)	(HP)	Q(L/min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
APm30	Comentarios	/	0.3	0.4	30	26	20	15	12	8	5	2	/	/	/	/	/	/
APm37	Comentarios	/	0.37	0.5	40	35	30	25	20	15	10	5	2	/	/	/	/	/
APm60	Comentarios	/	0.6	0.8	60	55	50	40	35	30	25	20	10	5	/	/	/	/
APm75	Comentarios	/	0.75	1	75	70	60	50	45	35	28	22	15	5	/	/	/	/
APm90	Comentarios	/	0.75	1	90	75	60	50	35	25	15	5	/	/	/	/	/	/
APm110	Comentarios	AP110	1.1	1.5	85	80	75	65	60	55	50	45	40	30	18	10	/	/
APm150	Comentarios	AP150	1.5	2	90	85	80	75	70	65	60	55	50	40	30	20	10	/
/		AP220	2.2	3	100	95	90	85	80	75	70	65	60	50	40	30	20	10

Figura 2.7 Parámetros técnicos de los tipos de bombas

La **Tabla 2** indica las especificaciones técnicas proporcionadas por el proveedor de una bomba periférica Marca Leo APm37 de ½ HP seleccionada.

Tabla 2 Datos técnicos de la bomba seleccionada [16]

Bomba Periférica APm37 Marca LEO	
Material	Hierro fundido
Potencia	½ HP
Tensión	120 V
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	3450 rpm
Altura Máxima	40 m
Clase de aislamiento	F
Clase de protección	IPX4
Temperatura ambiental máxima	+40°C
Tipo	Monofásica



Figura 2.8 Bomba periférica APm37
Marca LEO [16]

Pérdidas en la tubería

En el sistema de tuberías siempre hay pérdidas debido al movimiento de un fluido a través de los conductos. Esto se da por la fricción que sucede entre el líquido y la superficie del tubo, cambios de dirección por codos o tes, obstrucción de flujo por válvulas por lo que todo tipo de accesorio generar una pérdida de carga en el sistema. (A) esto se le llama pérdidas menores, la cuales se las expresa como:

$$h_{facc} = K \frac{v^2}{2 * g}$$

Ecuación 8: Pérdida de carga por accesorios

En donde:

h_{facc}	Pérdida de carga por accesorios
K	Coefficiente de pérdida del accesorio
v	Velocidad media
g	(9.81 m/s ²) - Gravedad

Para ello es necesario calcular previamente la velocidad media dada por la ecuación de caudal.

$$v = \frac{Q}{A}$$

Ecuación 9: Pérdida de carga por accesorios

En donde:

v	Velocidad media
Q	10 lt/min - Caudal

A	Área
---	------

El área de la tubería es de media pulgada, su valor es de $12.2 * 10^{-3} m^2$ y su caudal de $10 \frac{lt}{min} = 1.6 * 10^{-4} \frac{m^3}{s}$

De la **Ecuación 9** se obtiene:

$$v = 13 * 10^{-3} \left(\frac{m}{s}\right)$$

Calculado el dato de la velocidad media se procede a encontrar el coeficiente de pérdida de los accesorios del sistema de roció, los cuales se muestran en la **Tabla 3**.

Tabla 3 - Tabla de coeficientes de pérdida en accesorios [17]

Accesorio	Coefficiente de pérdida
Te	1.8
Codo 90°	0.9
Válvula de bola	4.05
Válvula antirretorno	0.25

Para el cálculo total de la pérdida de carga es necesario saber el número y tipo de accesorio usado. La **Tabla 4** muestra el total de accesorios usados.

Tabla 4 - Cantidad de accesorios usados en el sistema de riego.

Accesorio	Cantidad
Te	14
Codo 90°	15
Válvula de bola	1
Válvula antirretorno	1

Usando la **Ecuación 8** para cada tipo de accesorio se obtiene:

$$h_{facc} (Codo 90^\circ) = 7.76 * 10^{-6} (m) * 15 \text{ codos} = 1.16 * 10^{-4} (m)$$

$$h_{facc} (Te) = 1.55 * 10^{-5} (m) * 14 = 2.17 * 10^{-4} (m)$$

$$h_{facc} (Válvula bola) = 3.5 * 10^{-5} (m) * 1 = 3.5 * 10^{-5} (m)$$

$$h_{facc} (Válvula antiretorno) = 2.15 * 10^{-6} (m) * 1 = 2.15 * 10^{-6} (m)$$

La suma de las pérdidas de carga de cada accesorio da el total de carga pérdida en el sistema de riego.

$$h_{facc} (Total) = 1.16 * 10^{-4}(m) + 2.17 * 10^{-4}(m) + 3.5 * 10^{-5}(m) + 2.15 * 10^{-6}(m)$$

$$h_{facc} (Total) = 8.70 * 10^{-4} (m)$$

Al ser un valor muy pequeño en este caso se desprecia en las pérdidas totales de carga de la tubería.

2.4 Sistema automático temporizado de riego

Para implementar el sistema automático, se realiza un previo dimensionamiento del cableado, protecciones y los elementos de maniobra para realizar una conexión adecuada a la carga (Bomba).

La **Tabla 5** indica los valores técnicos de la bomba obtenidos de su *datasheet*, esto permite calcular sus valores nominales para el dimensionamiento de los elementos antes mencionados.

Tabla 5 - Ficha técnica de la bomba

Datos técnicos Bomba	
Voltaje	110 V
Potencia	0.5 HP
Factor de potencia	0.85
Eficiencia	85%

Dimensionamiento de cables:

Para determinar la capacidad de corriente en el cable es necesario calcular la corriente nominal y la corriente que atraviesa el cable utilizando un factor de seguridad de 25%.

La corriente nominal se la puede calcular con los datos de potencia 0.5 HP = 373 W, voltaje nominal y factor de potencia.

$$I_n = \frac{P}{V_n * fp}$$

Ecuación 10: Corriente Nominal

En donde:

I_n	Corriente Nominal
-------	-------------------

P	373 (W) Potencia
Fp	0.85 Factor de potencia
V_n	110 (V) Voltaje Nominal

De la **Ecuación 10** se obtiene:

$$I_n = 3.98 (A)$$

Con el dato de corriente nominal es posible calcular la corriente del cable:

$$I_c = I_n * F_s$$

Ecuación 11: Corriente del cable

En donde:

I_n	3.98 (A) Corriente Nominal
I_c	Corriente del cable
Fs	1.25 Factor de seguridad

De la **Ecuación 11** se obtiene:

$$I_c = 4.98 (A)$$

Con los datos nominales de corriente se procede a seleccionar un calibre AWG de la **Tabla 6** comercial.

Tabla 6 Tabla Comercial AWG - Eléctrica 9.0 [18]

Sección AWG	Sección mm^2	Corriente (Amperios)
20	0.5	3
18	1	7
16	1.5	10
14	2.5	15
12	4	20
10	6	30
8	10	40

Utilizando el método de cálculo por la capacidad de conducción se toma en cuenta los valores nominales de corriente como referencia en las tablas AWG. El proveedor Eléctrica 9.0 cuenta con su tabla comercial y se observa que el cable que cubre la necesidad de corriente es un cable AWG 18 el cual soporta 7 amperios como corriente nominal.

A continuación, se realiza el método de cálculo por caída de tensión para comparar respuestas entre métodos y establecer rangos ideales. Como criterio de diseño no debe exceder el 3% de pérdida.

La **Tabla 7** contiene los valores requeridos para el dimensionamiento del cableado por caída de tensión.

Tabla 7 - Datos para dimensionamiento de cableado

Valores para dimensionamiento del cable	
S	Sección del cable
C	1.02 Incremento de resistencia en alterna
ρ	0.018 ($\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$) Resistividad del cobre a 20° C
P	373 (W) Potencia Activa
L	18 (m) Longitud
Δv	3.3 (V) 3 % Caída de tensión
$\mu 1$	110 (V) Voltaje Nominal

Con los datos de la tabla 6 es posible calcular la sección del cable necesario para elegir el calibre AWG adecuado.

$$S = \frac{2 * C * \rho * P * L}{\Delta v * \mu 1}$$

Ecuación 12: Sección de cable mediante caída de tensión

De la **Ecuación 12** se obtiene:

$$S = 0.68 (mm^2)$$

La Norma Ecuatoriana de la Construcción recomienda varios tipos de aislamientos, en este caso ya que el cable estará expuesto a rocíos de agua y humedad es necesario el uso de un THHW.

Con la sección de cable obtenida es posible seleccionar el calibre requerido con la ayuda de la tabla de calibres AWG, (**véase en Anexo V**) en donde acorde a la tabla mencionada

es necesario un cable AWG # 18 ya que cubre con la sección transversal de cable necesitada.

Según la distribuidora *Special Cables (SAB)* en su tabla comercial el cable AWG #18 cuenta con una corriente máxima de $I_{max} = 10$ (A). [19]

Dimensionamiento de protecciones

La Norma Internacional (CEI 60898) recomienda usar un breaker tipo C ya que normalmente es el más utilizado para aplicaciones comerciales e industriales.

Para la selección adecuada del Breaker es necesario realizar una comparación con la corriente nominal de la carga y la corriente máxima que puede soportar el cable.

$$I_n < I_{n(CB)} < I_{max_{cable}}$$

Inecuación 1: Rango de corriente nominal y máxima del cable

La corriente nominal de la carga es de 3,98 (A), mientras que al revisar los valores máximos del calibre de cable AWG 18 se observa un valor de 10 (A).

$$3.98 A < I_{n(CB)} < 10 (A)$$

Mediante esta comparación y con la ayuda de catálogos comerciales se pudo determinar que el breaker más adecuado para cubrir dicha necesidad de amperaje es un Tipo C – 1 polo de 6 Amperios.

Para el dimensionamiento del controlador LOGO se realizó el mismo procedimiento que para la bomba debido a que ambos consumen la misma cantidad de corriente nominal, por ende, se utilizó otro breaker tipo C de 6 Amperios para la protección del controlador.

De esta manera se tienen dos protecciones termomagnéticas, uno como protección para el actuador (Bomba) y otro para proteger al controlador (LOGO).

Dimensionamiento de contactor

Para la selección correcta de un elemento de mando o contactor es necesario tener en claro el tipo de carga que se usa. En este caso al ser una bomba de agua o motor de jaula de ardilla, por lo que, la aplicación más común es usar un contactor de categoría AC3.

Identificado el tipo de contactor se realiza una comparación con respecto a la corriente del breaker y la corriente del cable.

$$I_{n(CB)} < I_{contactor} < I_{max_{cable}}$$

Inecuación 2: Rango de corriente nominal y máxima del cable

La corriente del breaker es de 6 (A) mientras que la corriente máxima que atraviesa el cable es de 10 (A).

$$6(A) < I_{n(CB)} < 10(A)$$

Con esta delimitación de valores y con la ayuda de catálogos comerciales se puede determinar que un equipo adecuado es un contactor tipo AC3 de 9 amperios el cual cumple con el rango requerido de amperaje.

Una vez hecho el dimensionamiento del cableado, protecciones y los elementos de maniobra es necesario realizar el diagrama esquemático con el circuito de potencia y control mediante el software CADe_SIMU. Sumado a esto la conexión se la realiza ya con simulación del controlador LOGO y con ello sus entradas físicas como son los botones de marcha (verde); paro de emergencia (rojo) y sus salidas físicas como son las luces piloto de encendido (verde) y rojo (apagado). Véase en el **Anexo VI**.

Estos datos permiten tener una referencia para la conexión física del tablero de control con los elementos antes ya mencionados y conectados de forma correcta como se lo hizo en la simulación del programa.



Figura 2.9 Tablero de control - Fachada exterior

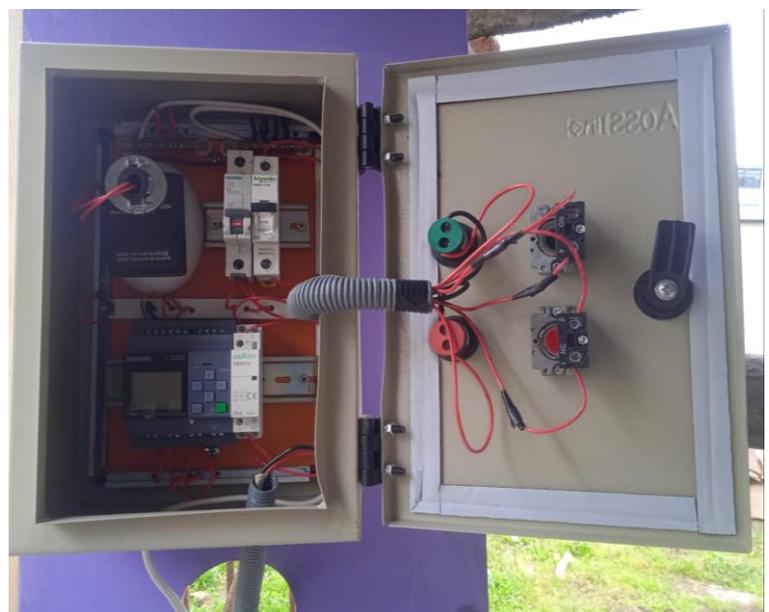


Figura 2.10 Tablero de control - Fachada Interna

Cuando los equipos están conectados debidamente y comprobado que no existan malas conexiones para posibles cortos se procede a programar el LOGO mediante el Logo Soft

Comfort V8.3 en donde se realizó un programa diseñado para realizar los ciclos de riego durante el día como se mira en el **Anexo VII**.

La Tabla 8 muestra los indicadores de como el programa está diseñado y que funciones cumple.

Tabla 8 - Tabla de bloques del programa diseñado

Indicadores del programa		
Tipo de bloque	Función	Parámetro
I1 (Entrada)	Botón Encendido	
I2 (Entrada)	Botón Apagado	
Q1 (Salida)	Bomba de aspersión	
Q2 (Salida)	Luz piloto verde de encendido	
Q3 (Salida)	Luz piloto rojo de alerta	
B002 (Retardo a la conexión)	Tiempo de riego – Encendido de la bomba	Ciclo de 30 segundos
B006 (Retardo a la conexión)	Tiempo de descanso – Descanso de la bomba	Inter ciclo de 2 horas
B008 (Contador adelante/atrás)	Contador diario de riegos	6 riegos diarios
B013 (Retardo a la conexión)	Tiempo de noche – Apagado de la bomba	14 horas de apagado
B015 (Contador adelante/atrás)	Contador días – Indicador de límite del nivel de agua para bloqueo de la bomba.	3 días

2.5 Tipo y rendimiento del forraje verde

La selección de la semilla se la debe hacer bajo varios factores como ambientales, económicos y potenciales de cada tipo de especie. Lo más recomendable es utilizar semillas endémicas del sector, esto se debe a que la especie está adaptada a las condiciones climáticas de la zona y por ende generará un mejor comportamiento de cultivo y rendimiento.

Una de las semillas más utilizadas para el cultivo de forraje es el maíz o la cebada, esto debido a su elevado valor nutritivo y rendimiento, permitiendo desarrollar valores

constantes y elevados de volumen de FVH y así producir el alimento a la mitad de costo convencional de forraje.

La calidad y rendimiento del FVH depende de factores como: calidad de semilla, tiempo de remojo, variedad, humedad, temperatura, suministro de nutrientes altos en micro y macronutrientes, profundidad, densidad de siembra y la presencia de hongos. Lo más recomendable es que la semilla no tenga más del 12% de humedad, este libre de basura o impurezas, semillas rotas o semillas dañadas con hongos no servirán. [20]

Para tener un estimado de rendimiento y densidad de semilla de FVH se debe tomar en cuenta los siguientes datos establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y alimentación en el 2001.

- Densidad de siembra recomendada: 2.2 (kg/m²) a 3.4 (kg/m²)
- Rendimiento de FVH: 12 a 18 (Kg) de forraje por cada Kg. de semilla plantada.

Para el cálculo de la densidad de siembra es necesario el dato de área previamente calculado en la **Ecuación 1** el cual fue de 0.192 (m²). Con dicho dato se procede al cálculo de la densidad mínima y máxima de siembra, y así tener un rango estimado del cultivo.

Densidad de siembra por bandeja:

$$D_{\min} = \frac{2.2 \text{ kg}}{1 \text{ m}^2} * 0.192 \text{ m}^2 = 0.42 \text{ (Kg)}$$

Ecuación 13: Densidad mínima por bandeja

$$D_{\max} = \frac{3.4 \text{ kg}}{1 \text{ m}^2} * 0.192 \text{ m}^2 = 0.65 \text{ (Kg)}$$

Ecuación 14: Densidad máxima por bandeja

En donde:

D_{\min}	2.2 kg/m ² Densidad mínima de siembra recomendada.
D_{\max}	3.4 kg/m ² Densidad máxima de siembra recomendada.
A	0.192m ² Área por bandeja.

Según la **Ecuación 13** y **Ecuación 14** se establece un rango de densidad de siembra FVH entre 0.42 kg a 0.65 kg de siembra por bandeja de cultivo.

Con estos datos se procede al cálculo de rendimiento mínimo y máximo para cada límite de densidad establecido.

Rendimiento con densidad de siembra de 0.42 (Kg) de semilla por bandeja

$$R_{\min} = \frac{12 \text{ kg forraje}}{1 \text{ kg semilla}} * 0.42 \text{ kg x bandeja} = 5.04 \text{ (Kg)}$$

Ecuación 15: Rendimiento mínimo para 0.42 kg de semilla por bandeja

$$R_{\max} = \frac{18 \text{ kg forraje}}{1 \text{ kg semilla}} * 0.42 \text{ kg x bandeja} = 7.56 \text{ (Kg)}$$

Ecuación 16: Rendimiento máximo para 0.42 (Kg) de semilla por bandeja

Rendimiento con densidad de siembra de 0.65 (Kg) de semilla por bandeja

$$R_{\min} = \frac{12 \text{ kg forraje}}{1 \text{ kg semilla}} * 0.65 \text{ kg x bandeja} = 7.8 \text{ (Kg)}$$

Ecuación 17: Rendimiento mínimo para 0.65 kg de semilla por bandeja

$$R_{\max} = \frac{18 \text{ kg forraje}}{1 \text{ kg semilla}} * 0.65 \text{ kg x bandeja} = 11.7 \text{ (Kg)}$$

Ecuación 18: Rendimiento máximo para 0.65 kg de semilla por bandeja

En donde:

R_{\min}	12 kg Rendimiento mínimo esperado por bandeja.
R_{\max}	18 kg Rendimiento máximo esperado por bandeja.
D_{\min}	0.42 kg de semilla por bandeja.
D_{\max}	0.65 kg de semilla por bandeja.

Según las **Ecuaciones 15, 16, 17 y 18** se espera un rendimiento de cultivo entre 5.04 (Kg) a 11.7 (Kg) de semilla por bandeja, esto dependiendo de los cuidados que tenga el cultivo. Debido a que se espera los mejores resultados se selecciona la mayor densidad de cultivo como es la de 0.65 kg de semilla por bandeja.

2.6 Prueba del sistema instalado y verificación de requerimientos

Una vez implementado el sistema en el módulo de cultivo y conectado toda la electrónica con el programa cargado se procedió con el proceso de cultivo de las semillas.

Antes de realizar la siembra se debe cumplir con ciertos pasos específicos para que el forraje cumpla con los estándares y requerimientos establecidos para entregar la producción cosechada al ganado. Como son los siguientes:

Selección de la semilla:

Como ya se había mencionado antes se debe emplear una semilla de alta calidad o con buen porcentaje de germinación y que este adaptada a las condiciones climáticas locales. Después de esto es necesario seleccionar y separar las semillas que estén quebradas, podridas y con manchas negras en su centro. Esto se hace debido a que pueden dañar el sembrío y ayuden a la proliferación de hongos.

Una vez seleccionada la semilla apta para el cultivo se hizo un lavado y desinfección de las mismas, para ello se las remoja en agua y se retira las semillas flotantes ya que no sirven para la siembra.



Figura 2.11 Semilla de Maíz dañada



Figura 2.12 Semilla de Maíz seleccionada

Pre Germinación:

Se dejan las semillas sumergidas totalmente durante 24 horas en cal agrícola con pequeñas cantidades de 1 (gr) por cada litro de agua para eliminar posibles hongos en la siembra. Este método de remojo sirve para romper la latencia de la semilla y suavizar la corteza del grano y así la semilla germine fácilmente. [21]



Figura 2.13 Remojo de semilla con cal agrícola

Germinación:

Una vez hecho el remojo con la cal durante 24 horas es necesario lavar nuevamente para retirar los excesos de grano de la cal para luego desarrollar la germinación ya en las bandejas.

Para prevenir enfermedades y hongos en el forraje es necesario desinfectar las bandejas sumergiéndolas en una mezcla de 1(ml) de cloro por cada litro de agua durante 15 minutos y después enjuagar con agua para quitar todo rastro de cloro. [21]

Se coloca 1kg de semilla en cada bandeja distribuyéndola uniformemente pegada con una profundidad de 1cm, esto les permitirá enraizar conjuntamente y simular el sustrato requerido para su crecimiento.

La semilla debe estar en completa oscuridad al menos 48 horas tapadas con buena ventilación con riegos esporádicos, esto ayudará a estimular su desarrollo y crezcan más rápido buscando rayos solares.



Figura 2.14 Germinación de semilla de Maíz



Figura 2.15 Germinación de Semilla de Cebada

Crecimiento y desarrollo:

Cuando la semilla germina empiezan los riegos diarios con horarios fijos. Se pueden hacer entre 4 a 8 riegos diarios distribuidos durante el día dependiendo del clima de la zona en donde se haga la siembra.

En el caso actual se empezó realizando 10 riegos de 1 minuto cada hora desde las 8:00 am hasta las 17h00 pm. Pero la semilla comenzó a dañarse y podrirse debido al exceso de agua. En consecuencia, se redujo el tiempo de riego a 30 segundos, tiempo que resulto muy bueno para la siembra debido a que la semilla empezó a crecer de mejor manera y a recuperarse de los hongos.

La **Tabla 9** indica las formas en que son distribuidos los riegos a lo largo de 15 días de siembra.

Tabla 8 Riegos a través de los 15 días de siembra

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Riego con agua.															
Riego con solución nutritiva.															
Cosecha															

La dosificación del nutriente debe ser de 1 parte de nutriente por 400 de agua, en este caso al ser un tanque de 70 litros se habla de una 0.175 parte del total de agua durante los días indicados. [21]



Figura 2.16 Nutriente "Nedverdol"

El nutriente puede ser de cualquier tipo que contenga gran cantidad de macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio; también micronutrientes como azufre, boro, hierro, etc. Esto ayuda a fortalecer y acelerar el proceso de crecimiento del forraje y puede ser conseguido en cualquier tienda agrícola.

Cosecha:

Cuando transcurrieron los 15 días y el proceso haya terminado el pasto crece alrededor de 20 a 25 (cm) dependiendo del tipo de semilla y clima. De igual manera el peso final oscila entre los 7 (Kg) y 10 (Kg) de pasto por cada kilo de semilla, esto dependiendo del tipo de semilla ya que como se mencionó antes existen ligeras y gruesas.



Figura 2.17 Forraje en crecimiento

Funcionamiento del sistema

Una vez puesto en marcha el módulo de cultivo se pudo realizar un análisis y verificación de cada parte elemental del sistema como es la estructura, sistema de riego y sistema de control y fue posible evidenciar ciertos aspectos que fueron corregidos en el transcurso de la siembra durante las pruebas hechas.

La estructura funciono muy bien ya que resulta muy ligera para su movilización y su forma modular permite adaptarse a cualquier parte sin ocupar mucho espacio. De igual manera su resistencia a la corrosión permite trabajar tranquilamente con los riegos de agua.

El sistema de riego trabaja adecuadamente sin ningún tipo de filtración de agua por las uniones por lo que no existe fugas ni pérdidas a través de las tuberías. Los micro aspersores al tener sus salidas muy pequeñas existían la posibilidad de obstrucciones por lo que fue necesario instalar dos filtros, uno en el tanque para evitar que residuos muy grandes puedan afectar la bomba y otro en el sistema de riego para filtrar los residuos más pequeños que pueda causar obstrucción en los micro aspersores.

El sistema de control funciona correctamente con el programa instalado, de igual manera los equipos trabajan adecuadamente por lo que no se tuvo problemas al momento de dar inicio a los riegos automáticos.



Figura 2.18 Módulo de cultivo en proceso de siembra

3. RESULTADOS

Para entender el contexto del cuidado y alimentación de ganado se realizó un total de 5 encuestas a ganaderos aleñados a la zona y que puedan dar datos importantes de que tanta aceptación puede tener el sistema en la ganadería actual local.

La **Tabla 10** muestra los datos de los encuestados y respuestas de las preguntas que tienen mayor relevancia para saber cómo alimentan a su ganado y que tan al tanto están de las nuevas tendencias tecnológicas.

Tabla 10 Datos y resultados de los encuestados

Datos del Encuestado	¿Ha presentado problemas para alimentar a su ganado?	¿Como ha logrado resolver estos problemas?	¿Qué método utiliza para alimentar a su ganado?	¿Conoce sobre el método de cultivo del FVH?	¿Le gustaría implementar un sistema de cultivo automático para cultivo de FVH?
Luis Acosta	Frecuentemente	Comprar pasto	Pasto tradicional	Si	Ya lo intenté
Mesías Acosta	Frecuentemente	Comprar pasto	Pasto tradicional	Si	No
Diego Fernando Ayala	Casi nunca	Rentar terrenos para cultivo	Pasto tradicional y Balanceado	Si	Si
Bertha Lucia Tinajero	Muy Seguido	Rentar terrenos para cultivo	Pasto tradicional y Balanceado	Si	Si
Marco Tapia Mora	Casi nunca	Controles de cultivo de pasto	Pasto tradicional y Balanceado	Si	Si

Cuenta de ¿Ha presentado problemas... Cuenta de ¿Ha presentado problemas...

CUENTA DE ¿HA PRESENTADO PROBLEMAS PARA ALIMENTAR A SU GANADO?

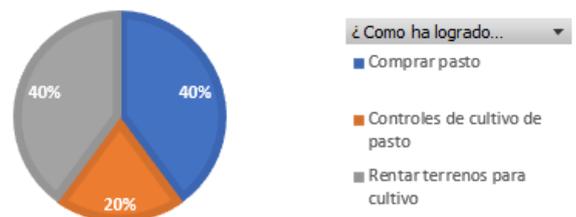


Valores

Figura 3.1 Tabulación pregunta 1

Cuenta de ¿ Como ha logrado resolver... Cuenta de ¿ Como ha logrado resolver...

CUENTA DE ¿ COMO HA LOGRADO RESOLVER ESTOS PROBLEMAS?

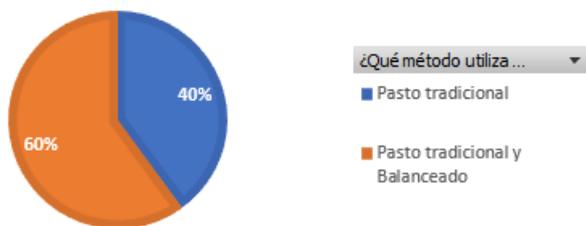


Valores

Figura 3.2 Tabulación pregunta 2

Cuenta de ¿Qué método utiliza para...

CUESTA DE ¿QUÉ MÉTODO UTILIZA PARA ALIMENTAR A SU GANADO?

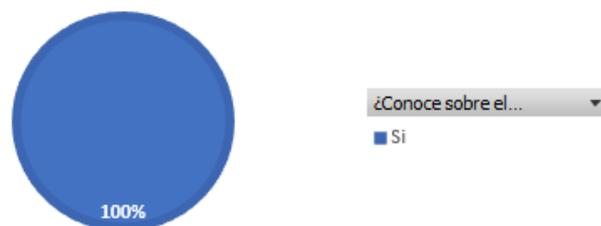


Valores

Figura 3.3 Tabulación pregunta 3

Cuenta de ¿Conoce sobre el metodo de... Cuenta de ¿Conoce sobre el metodo de...

CUESTA DE ¿CONOCE SOBRE EL METODO DE CULTIVO DEL FVH?

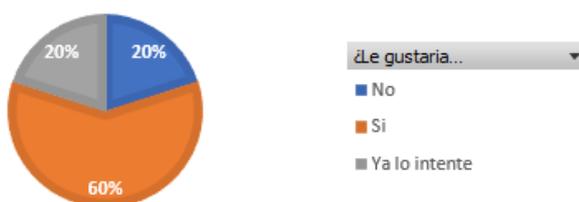


Valores

Figura 3.4 Tabulación pregunta 4

Cuenta de ¿Le gustaria implementar un... Cuenta de ¿Le gustaria implementar un...

CUESTA DE ¿LE GUSTARIA IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE CULTIVO AUTOMATICO PARA CULTIVO DE FVH?



Valores

Figura 3.5 - Tabulación pregunta 5

Con estos datos es posible determinar que es muy regular tener problemas para el alimento de ganado ya que el 80% de entrevistados dicen tener problemas debido a las sequias o excesos de agua que pueda perjudicar sus terrenos. El 40% resuelven este problema comprando pasto a terceros mientras que el otro 40% tiene que rentar tierras aledañas o de otras zonas para cosechar pasto de alimento y tan solo el 20% hacen controles de cuidado a sus terrenos y pastos debido a que son fincas más especializadas con estándares de calidad más altos.

El 60% de los encuestados alimenta a su ganado con pasto tradicional y balanceado, esto como una proteína extra para la vaca y pueda aumentar su peso, mientras que el 40% alimenta a su ganado con pasto tradicional.

Todos los encuestados conocen del tema de cultivo de FVH, pero no lo han implementado debido al costo alto de infraestructura y al cuidado que requiere por lo que la mayoría de

ganaderos se presentan algo herméticos respecto al tema ya que implica un cambio drástico en el cuidado que venían desarrollando y prefieren mantener un método mucho más tradicional.

El 60% de los encuestados quisiera poder implementar este tipo de cultivo, pero no lo han hecho por falta de conocimiento o falta de presupuesto económico.

Con esta información se procedió al desarrollo y diseño de todo el prototipo de cultivo automático y una vez que se realizaron las pruebas de los subsistemas y que se verificaron y corrigieron para que funcionen acorde a los requerimientos establecidos. Se hizo 3 pruebas de sembríos con maíz, cebada y trigo debido a que son semillas que se encuentran en mercados locales a precios económicos y son mayormente utilizados en siembras de FVH.

Para ello se realizó un análisis de cada tipo de semilla con la que se trabajó y así entregar un resultado de la que mejores propiedades de cultivo presente. A continuación, el análisis y resultado de las cosechas de FVH.

Prueba de cultivo 1: Maíz

La semilla de maíz es la más utilizada en cultivos FVH debido a su bajo costo. El día 15 de junio del 2022 se inició la primera prueba de siembra con la semilla ya germinada y puesta en las bandejas de cultivo.

La **figura 3.6** muestra el día 4 de la semilla de maíz y el porcentaje de germinación es muy bajo al esperado ya que se observa que apenas el 10% ha germinado. Su raíz es de aproximadamente de 3 mm de largo y con una coloración blanca.



Figura 3.6 Prueba 1 de Maíz, 19 de junio del 2022

Durante los primeros días de riego se tomó datos de humedad, cantidad de agua y tiempos de riego y se pudo evidenciar excesos y encharcamientos de agua en las bandejas de cultivo por lo que esto provocó que una cuarta parte de las semillas se dañen y proliferen hongos en su interior. La **figura 3.7** muestra como la semilla al tener un exceso de agua se torna oscura en su centro y crecen puntos negros lo cual esto es muy perjudicial.

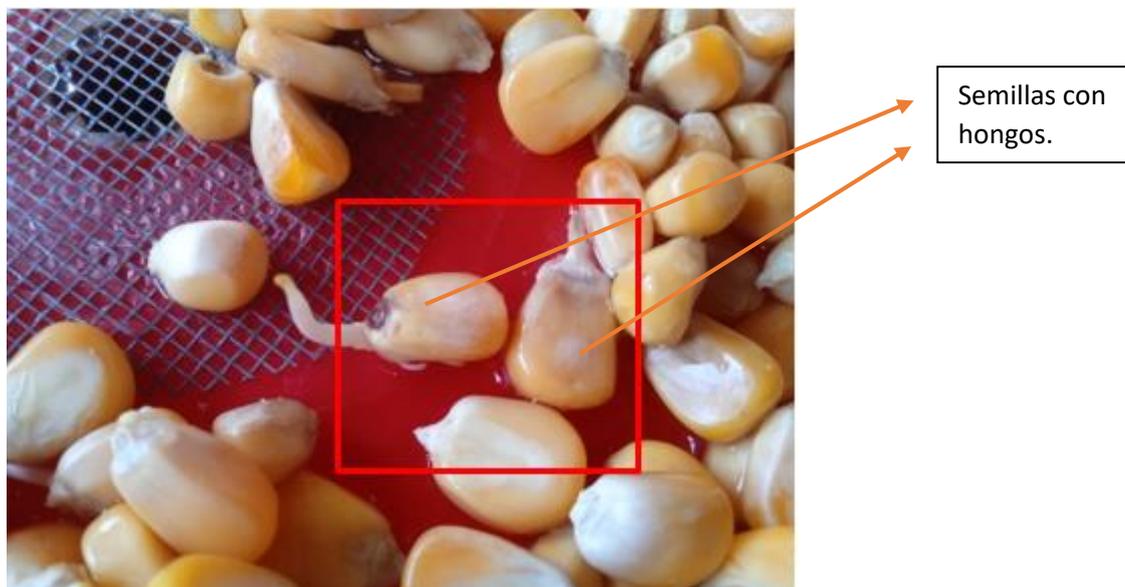


Figura 3.7 Semillas dañadas por el exceso de agua

Para resolver este problema se retiró todas las semillas que presenten manchas, hongos o excesos de agua en su interior para evitar que puedan dañar al resto de semillas sanas. De igual manera se hizo una corrección con la inclinación de las bandejas y se aumentaron 10° llegando a 30° para conseguir evacuar el agua de manera más rápida y prevenir la inundación del maíz.

El tiempo de riego fue reducido a 30 segundos cada hora ya que en un minuto se regaba alrededor de 4lts de agua, siendo esto un exceso que perjudicaba la semilla.

La **figura 3.8** muestra el día 10 después del germinado y se puede evidenciar un crecimiento lento ya que apenas han logrado germinar en un 100% las raíces del maíz y presenta un largo de 1 cm promedio y con un 10% de la semilla con su raíz tornándose a colores verdes.



Figura 3.8 Semilla germinada en su totalidad

Se pudo determinar que las condiciones climáticas de la zona no alcanzaban la temperatura requerida para el óptimo crecimiento de la semilla del maíz ya que el clima de la ciudad de Tulcán oscila entre los 5° y 18° de temperatura dependiendo de la estación en la que se encuentre por lo que esto provoca que el crecimiento tarde entre 2 o 3 veces más del tiempo estimado y para ello es necesario adaptar el espacio a un invernadero, eleve la temperatura del ambiente y ayude al crecimiento rápido de la semilla.

En la **figura 3.9** se puede observar el crecimiento del maíz al día 30 desde su germinación y se tienen hojas gruesas y anchas de alrededor de 7 cm de alto, un verde claro el cual no presenta decoloración y demuestra estar sano sin enfermedades y hongos.



Figura 3.9 Hoja de maíz, 15 de julio del 2022

En las etapas de germinación y crecimiento del maíz se tomó datos del clima, riegos y tiempos para determinar su curva de crecimiento. En la **tabla 11** se muestra los datos obtenidos cada 5 días durante la siembra.

Tabla 11: Datos de crecimiento de la semilla de maíz a través de 30 días.

Día	Fecha	Hora	Crecimiento (cm)	T. Ambiente (Promedio)	Etapas de riego	Observaciones
1	15/6/2022	12h00 pm	0	12°	Primera etapa	-Etapa de germinación
5	20/6/2022	12h00 pm	0,1	14°	Primera etapa	-10% de semillas germinadas. -Riegos de 1 minuto
10	25/6/2022	12h00 pm	1	15°	Primera etapa	-Semilla totalmente germinada. - Riegos de 30 segundos.
15	30/6/2022	12h00 pm	3	13°	Segunda Etapa	-Semilla tornándose verde con hojas pequeñas.
20	4/7/2022	12h00 pm	5	14°	Segunda Etapa	-Semillas crecen parejamente entre todas.
25	9/7/2022	12h00 pm	6	16°	Tercera Etapa	-La hoja no crece rápido debido a las bajas temperaturas.
30	14/7/2022	12h00 pm	7,3	15°	Tercera Etapa	-Hoja verde sin señales de enfermedades. -Lento crecimiento.



Figura 3.10 Curva de crecimiento del Maíz

En la **figura 3.10** se puede observar una curva de crecimiento casi exponencial pero muy lenta debido a que se tomó como referencia 30 días de crecimiento, siendo el doble de tiempo del que se había contemplado.

Prueba de cultivo 2: Trigo

El 01 de julio se inició con la segunda prueba de cultivo, esta vez con semilla de trigo debido a que el clima no es favorable con la semilla de maíz y requiere de una infraestructura tipo invernadero para crecer en los tiempos estimados previamente.



Figura 3.11 Pre germinado de trigo, 01 de julio.

La semilla de trigo tuvo buenos resultados en los 2 primeros días ya que germinaron en gran mayoría y se podía observar pequeños puntos blancos en los extremos de la semilla, esto indicaba que la raíz había roto las paredes del trigo para germinar.

La **figura 3.12** muestra el día 4 de la semilla de trigo después de haber germinado y en donde se puede observar el brote del 15% de las semillas con pequeñas hojas verdes delgadas de 3 centímetros de altura.



Figura 3.12 Semilla de trigo en primera etapa de riego

En el transcurso de los primeros días y primera etapa de riego se puede evidenciar un crecimiento más acelerado que el del maíz, pero con un bajo porcentaje de germinación del total de semillas. De igual manera se observó que el trigo producía una corteza babosa de color blanco bajo las semillas debido los remojos en agua, esto se podía entender como algún tipo de hongo o enfermedad en la raíz.



Figura 3.13 Día 7 desde la germinación de trigo

En la **figura 3.13** se puede evidenciar de que a pesar que su crecimiento era más rápido que el maíz su porcentaje de germinación es muy bajo por lo que tampoco cumple con los estándares de siembra y tiempos requeridos. Sin mencionar que llegó a un punto tope de crecimiento y se detuvo. Esto puede deberse a mala calidad de semilla y semilla de corteza delgada por lo que requiere menores cantidades de riego de agua.

Los datos de crecimiento del trigo fueron tomados cada 3 días como referencia en donde de igual manera se hizo observaciones de su desarrollo y el cómo iba evolucionando su crecimiento con 9 riegos diarios de 30 segundos cada hora durante el día. En la **tabla 12** se puede observar los datos tomados de la semilla de trigo.

Tabla 12 - Datos de crecimiento de Trigo

Día	Fecha	Hora	Crecimiento (cm)	T. Ambiente (Promedio)	Etapa de riego	Observaciones
1	1/7/2022	12h00 pm	0	10°	Primera etapa	-Etapa de germinación
3	3/7/2022	12h00 pm	1	11°	Primera etapa	-Semilla germina en un 60%
6	6/7/2022	12h00 pm	3	10°	Segunda etapa	-Crecimiento de raíces germinadas.
9	9/7/2022	12h00 pm	5	12°	Segunda Etapa	-Lento crecimiento de las semillas que germinaron.
12	12/7/2022	12h00 pm	6	12°	Segunda Etapa	-Bajo porcentaje de germinación.
15	15/7/2022	12h00 pm	6	13°	Tercera Etapa	-Crecimiento de una sustancia babosa de color blanca y detención de crecimiento.

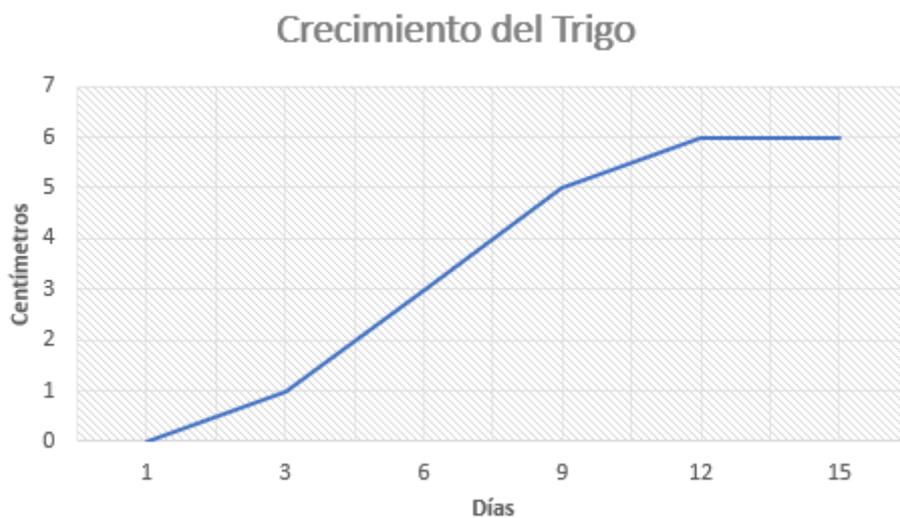


Figura 3.14 Curva de crecimiento de la semilla de trigo.

La **figura 3.14** muestra una curva en crecimiento exponencial pero que los últimos días tiende a formarse una recta horizontal, esto debido a que la semilla de trigo detuvo su crecimiento debido al exceso de hongo producido.

Prueba de cultivo 3: Cebada

Debido a que las semillas de maíz y trigo no dieron buenos resultados en su crecimiento se decidió intentar con semilla de cebada y el día 06 de julio se inició con el proceso de germinación y siembra.

En la **figura 3.15** se puede observar que después de dos días la semilla presenta un gran porcentaje de semillas germinadas por lo que es un buen indicio de crecimiento.



Figura 3.15 - Germinación de semilla de trigo

Al día 4 de haber germinado la semilla, el trigo presenta buenos indicios de crecimiento ya que un 60% de la semilla presenta largas hojas delgadas de 5 cm de largo con hojas verdes claros.



Figura 3.16 Semilla de trigo - 4to día de crecimiento

El trigo mostro buenas señales de crecimiento ya que en una semana el 80% de la semilla germino y presenta hojas largas delgadas de 10cm de altura y sin ningún indicio de enfermedad y hongo en sus raíces.

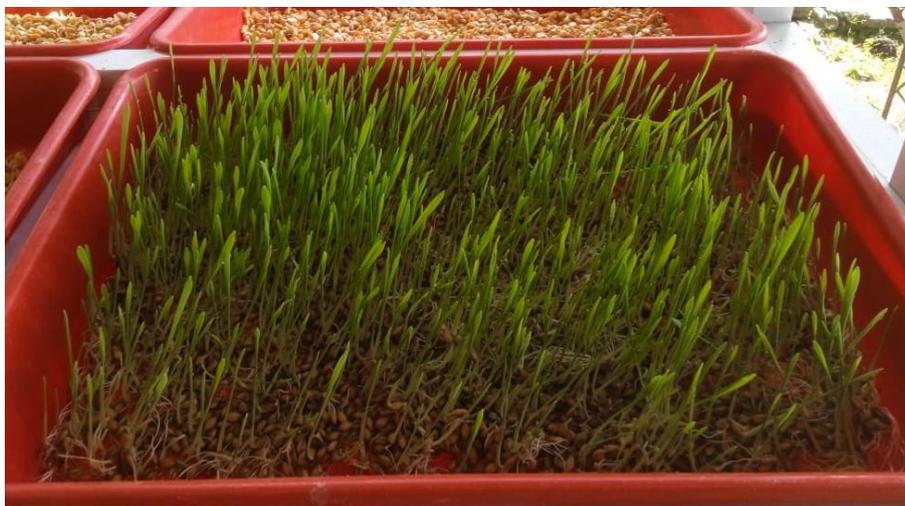


Figura 3.17 Semilla de trigo en una semana de germinación

A los 15 días de crecimiento el forraje tiene una altura de alrededor de 23 cm de altura. En la **figura 3.18** se puede mirar un pasto más frondoso y de mayor volumen con buen color en sus hojas y sin ningún rastro de enfermedad.



Figura 3.18 FVH hidropónico listo para cosecha

Una vez cosechado el forraje verde se procedió a alimentar al ganado, en un inicio se pudo evidenciar que la vaca no estaba acostumbrada a este tipo de alimento por lo que hubo un rechazo al inicio de habérselo dado. Se procedió a mezclar el forraje con pasto tradicional para familiarizar al animal. El propietario mencionó que las vacas son muy recelosas con su alimento por lo que es recomendable dárselo paulatinamente en mezcla hasta finalmente darle como un balanceada especial como extra de su alimento normal.



Figura 3.19 Prueba de alimento con el vacuno

La **Tabla 13** indica los datos tomados para el cultivo de la semilla de cebada la cual presentó buenos estándares de calidad y crecimiento con respecto a las semillas de maíz y trigo. De igual manera mostro ser una semilla muy fácil de germinar y cuidar.

Tabla 13 Datos de crecimiento de la semilla de cebada

Día	Fecha	Hora	Crecimiento (cm)	T. Ambiente (Promedio)	Etapas de riego	Observaciones
1	6/7/2022	12h00 pm	0,3	10°	Primera etapa	-Etapa de germinación
3	9/7/2022	12h00 pm	5	12°	Primera etapa	-50% de semillas germinadas
6	12/7/2022	12h00 pm	10	12°	Segunda etapa	-80% de semilla germinada
9	15/7/2022	12h00 pm	15	13°	Segunda Etapa	-Hoja verdosa y larga
12	18/7/2022	12h00 pm	18	15°	Segunda Etapa	-Tapete de raíz sin indicio de hongos
15	21/7/2022	12h00 pm	23	15°	Tercera Etapa	-Gran volumen de forraje

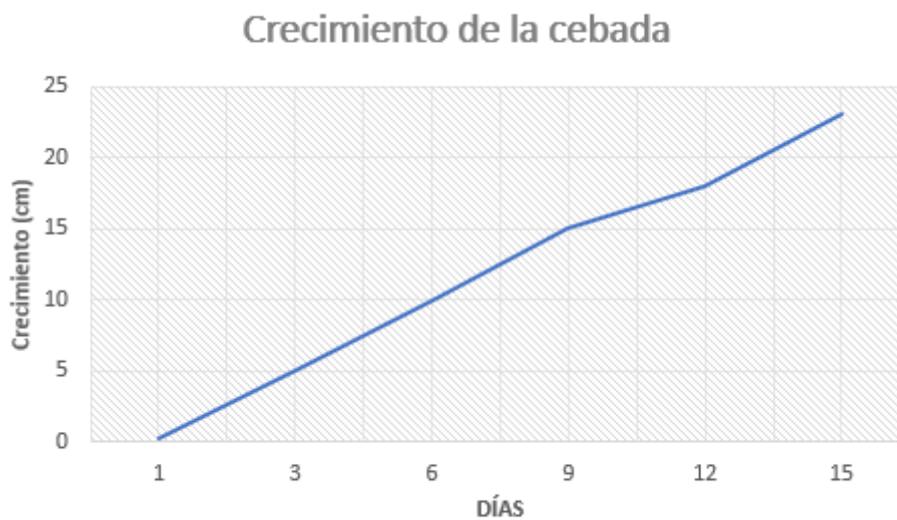


Figura 3.20 Curva de crecimiento de semilla de cebada

La curva de crecimiento de la cebada muestra una pendiente más uniforme con un gran crecimiento exponencial logrando cumplir con los tiempos y estándares necesarios desde la siembra hasta la cosecha de la semilla. De igual manera demuestra buena adaptación de la semilla al clima de la ciudad.

Una vez hechas las 3 pruebas con 3 tipos de semillas es necesario hacer un análisis y comparación. La **Tabla 14** contiene una tabulación del crecimiento promedio de cada semilla con respecto a los días de cultivo.

Tabla 14 Tabulación promedio del crecimiento de cada semilla

Día	Crecimiento (cm)		
	Maíz	Trigo	Cebada
1	0	0	0,3
3	0,05	1	5
5	0,1	2,5	8
6	0,2	3	10
9	0,8	5	15
10	1	5,5	16
12	1,5	6	18
15	3	6	23
20	5		
25	6		
30	7,3		

Curvas de crecimiento (Maíz-Trigo-Cebada)

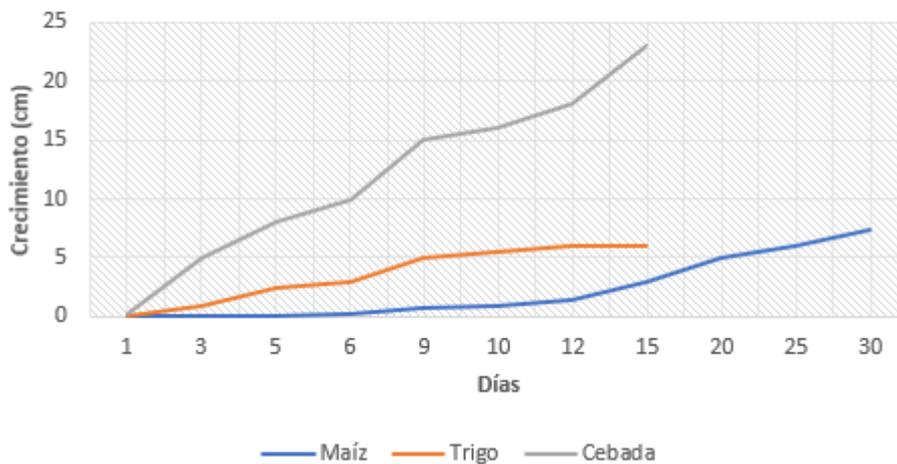


Figura 3.21 - Comparación de curvas de crecimiento de las semillas

Como se puede observar en la figura 3.16 existe una gran diferencia en las 3 curvas de crecimiento. La semilla de maíz presenta una curva larga en el X y muy corta en el eje Y. Esto se debe a que su crecimiento es muy lento en tiempos muy largos de cultivo debido al clima frío de la ciudad. La semilla de trigo presenta una curva más corta en el eje X y de igual manera un eje Y pequeño en comparación a la semilla de cebada, esto puede ser debido a la mala calidad del trigo. La semilla de cebada presenta una curva exponencial más larga tanto en el eje X como en el eje Y, esto demuestra un óptimo crecimiento en los tiempos requeridos y establecidos.

Finalmente se optó por trabajar con semilla de cebada debido a que presentó mejores estándares de crecimiento y se adaptó rápidamente a las condiciones climáticas. Es por eso que se tomó como datos de referencia los de la cebada para dar un margen de producción de la siembra de FVH con el módulo de cultivo.

Se hizo un pesaje de la producción de forraje de cada bandeja para dar un estimado de la producción total del módulo. Los siguientes datos presentados son los pesos respectivos de cada bandeja, un total de 12 para hacer la entrega de la producción de un primer lote de FVH como se indica en la **Tabla 15**.



Figura 3.22 Pesaje de producción de una bandeja de FVH

Tabla 15 Datos de pesaje de bandejas

Bandeja	Peso (kg)
Bandeja 1	8.20
Bandeja 2	8.10
Bandeja 3	9.10
Bandeja 4	8.30
Bandeja 5	9.10
Bandeja 6	8.5
Bandeja 7	8.5
Bandeja 8	8.5
Bandeja 9	9.30

Bandeja 10	9
Bandeja 11	8.6
Bandeja 12	8.5
Total	103.70

Con los pesajes de cada bandeja se determina un promedio de producción de 8.6 kg de forraje por cada bandeja de cultivo. Acorde a los datos teóricos previamente calculados con el rendimiento esperado el cual era entre una media de 5.04 kg a 11.7 kg de semilla por bandeja se observa en la **figura 3.23** que la producción total está dentro del rango esperado y de igual manera cumple con la producción mínima de un lote de 100kg de FVH cultivado en el módulo ya que la producción total fue de 103.70 kg de forraje verde en el primer lote.

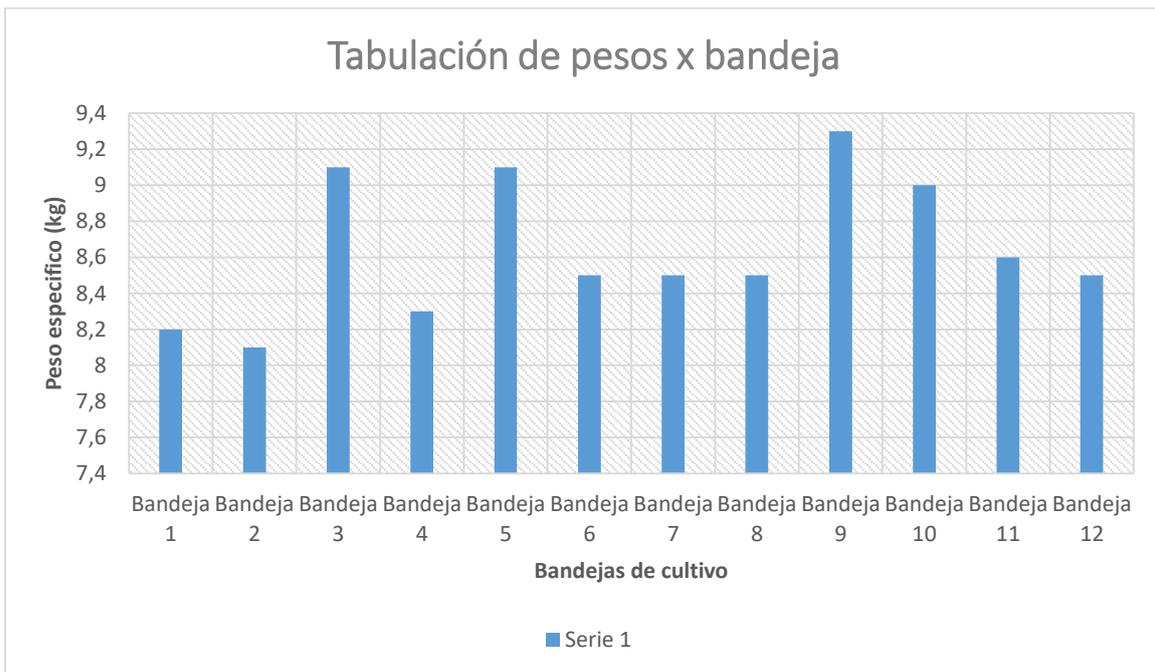


Figura 3.23 Pesajes de FVH por cada bandeja

Enlace instructivo de piloto automático para cultivo de forraje verde

El código QR de la figura 3.24 contiene un enlace de un video explicativo del proyecto de titulación y cómo funciona.



Figura 3.24 Código QR de instrucción de funcionamiento del prototipo.

Enlace: <https://youtu.be/HXvNIP54MTA>

4. CONCLUSIONES

- Se puede concluir que el método de cultivo hidropónico para la siembra y producción de forraje verde resulta ser una buena alternativa para la reactivación económica del sector ganadero en regiones en donde pueda existir climas cambiantes o extremos de sequias o lluvias prolongadas; ya que asegura un cultivo constante de forraje verde durante los 365 días del año a pesar de las condiciones climáticas que tenga el lugar.
- El forraje verde hidropónico es un producto de alta calidad y valor proteico el cual permite ayudar a mejorar las condiciones de producción de la vaca lechera.
- El costo inicial de un módulo de cultivo podría representar un valor alto al inicio de la producción, pero resulta conveniente en el transcurso ya que ayuda al ahorro de agua y no requiere grandes extensiones de campo.
- Se determinó que el sistema de riego funciona favorable reduciendo los tiempos de riego de agua, esto permite evitar posibles inundaciones en el cultivo y que contamine de hongos.

- La cebada se adapta muy bien en su desarrollo de cultivo al clima frío y presentó rapidez de crecimiento en los 15 días establecidos.
- La cebada al ser una semilla ligera tiene una cantidad de producción menor con respecto a su peso, caso diferente sucede con el maíz ya que su volumen y peso en crecimiento es mayor, pero requiere de una mayor temperatura de ambiente para su crecimiento.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar las entrevistas como método de recolección de información, ya que existe una interacción directa con los involucrados y así poder conocer los posibles problemas que puedan tener a la hora de la producción de sus vacas lecheras.
- La relación de producción de 1 (Kg) de semilla a 8 (Kg) de forraje verde es posible mejorarla con adaptaciones de infraestructura tipo invernadero, esto permitirá mejorar la temperatura ambiente y ayudará al crecimiento del FVH.
- El agua de riego se recomienda cambiarla una vez a la semana debido a que puede llegar a presentar un mal olor debido a la recirculación de agua con el nutriente.
- Se recomienda ser estrictos con el proceso de desinfección y pregerminado de las semillas ya que de esto depende su crecimiento rápido.
- Es recomendable remojar la semilla las 24h horas con cal agrícola, esto ayudará a prevenir el crecimiento de hongos en la planta y no será necesario mezclar la cal en los riegos ya que podrían tapar los micro aspersores.
- Se recomienda utilizar un aspersor por cada dos bandejas, esto ayudará a la disminución y reducción de desperdicio de agua producido por el agua que se riega en los exteriores de la estructura y no cubre las bandejas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Gobierno Provincial del Carchi, “Plan de Desarrollo y ordenamiento territorial de la Provincia del Carchi,” Tulcán, 2019.

- [2] Q. ACCA, "Proyecto de adaptación a los impactos del cambio climático en recursos hídricos en los Andes," QUITO, 2018.
- [3] Rubio Mena Carsten, "Automatización de un cultivo hidropónico NFT para el control de temperatura, riego y mezcla de la solución nutritiva.," Universidad Politécnica Salesiana SEDE Quito, Quito, 2017.
- [4] Ana Gabriela Tulcán, "Estudio de mercado para la creación de una empresa productora de ensilaje para alimentación de ganado bobino en la ciudad de Tulcán.," Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcán, 2018.
- [5] Aurora Emperatriz Mera Zambrano, "Evaluación hidropónica de dos variedades de Zea Maíz valorando tiempo y enraizadores orgánicos e inorgánicos.," 208AD.
- [6] J. Z. Castellanos, "La Hidroponía: Cultivos sin Suelo," *Mexico*, 2019.
- [7] Raúl López Aguilar, Bernardo Murillo Amador, and Guadalupe Rodríguez Quezada, "El forraje verde hidropónico: Una alternativa de producción de alimento para ganado en zonas áridas.," *SciELO*, Feb. 2009.
- [8] Hydro Environment h-e.mx, "¿Qué es el Sistema NFT?," Estado de México.
- [9] Edisson Bolivar Orellana Tigre, "Evaluación de tres niveles de fertilización en forraje verde hidropónico en cebada.," Universidad Politécnica Salesiana SEDE Cuenca, Cuenca, 2015.
- [10] Molecor Smart Water, "Pérdidas de carga," *Eco Fittom* , 2022.
- [11] Ernesto Rodríguez Arias, *Automatismos Industriales Eléctricos: Cableados y programados.*, Edición Kindle. Guadalajara, 2022.
- [12] Asociación Española del Aluminio y Tratamientos de Superficie, "Propiedades del Aluminio," *Materiales*.
- [13] Hydro Environment, "Guía: Instalación de sistema de riego para anaqueles de forraje verde hidropónico.," 2018.
- [14] ONU, "Organización de las naciones unidas de la agricultura y alimentación.," 2001.
- [15] Proain tecnología agrícola, "Frecuencia y tiempos de riego para los cultivos agrícolas," Sep. 03, 2020.
- [16] MARCA LEO, "Catalogo Bombas Marca LEO."
- [17] Serch Jiménez, "Pérdidas de carga localizadas o en accesorios.," jul. 2017.
- [18] Special Cables - SAB, "Construcciones de conductores americanas tabla AWG."
- [19] Luis Ángel López Martínez, "Producción de forraje verde hidropónico," Centro de investigación en química aplicada, Saltillo, Coahuila, 2005.
- [20] Hydro Environment h-e.mx, "Producción intensiva para forraje verde a través de la hidroponía.," 2022.
- [21] Eléctrica 9.0, "Estructuras de carga," oct. 10, 2017.

7. ANEXOS

ANEXO I. Certificado de Turnitin.

Tesis_Bryan_Oñate

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

ciencia.lasalle.edu.co

Fuente de Internet

2%

2

Submitted to Escuela Politecnica Nacional

Trabajo del estudiante

2%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1%

4

Submitted to Escuela Superior Politécnica del Litoral

Trabajo del estudiante

<1%

5

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1%

6

www.pinterest.com

Fuente de Internet

<1%

7

moam.info

Fuente de Internet

<1%

8

bibdigital.epn.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

Quito, D.M. 31 de agosto de 2022

De mi consideración:

Yo, ABRAHAM ISMAEL LOJA ROMERO, en calidad de Director del Trabajo de Integración Curricular titulado AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO asociado al IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PILOTO DE CULTIVO DE PASTO HIDROPÓNICO VERTICAL elaborado por el estudiante BRAYAN FERNANDO OÑATE REVELO de la carrera en TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA, certifico que he empleado la herramienta Turnitin para la revisión de originalidad del documento escrito completo, producto del Trabajo de Integración Curricular indicado.

El documento escrito tiene un índice de similitud del 8%.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del presente documento para los trámites de titulación.

NOTA: Se adjunta el informe generado por la herramienta Turnitin.

Atentamente,



Abraham Ismael Loja Romero
Docente ocasional
ESFOT

ANEXO II. CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DMQ, 31 de agosto de 2022

Yo, Abraham Ismael Loja Romero, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de integración curricular, certifico que he constatado el correcto funcionamiento de implementación del SISTEMA PILOTO DE CULTIVO DE PASTO HIDROPÓNICO VERTICAL, el cual fue implementado por el estudiante BRAYAN FERNANDO OÑATE REVELO.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los usuarios de este prototipo de cultivo hidropónico lo puedan usar con seguridad.



DIRECTOR

Ing. Abraham Ismael Loja Romero, Msc.

Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía | Edificio N. 21 | Área 23 | Oficina 3
Correo: abraham.loja@epn.edu.ec | **Ext:** 2726

ANEXO III. Formato de Entrevista

ENTREVISTAS A USUARIOS

Problema/solución:

PROBLEMA PLANTEADO	SOLUCIÓN PLANTEADA
<p>El forraje tradicional ocupa mucho espacio y requiere grandes hectáreas para el cultivo de forraje verde.</p> <p>El consumo de energía del ganado es muy grande debido a que deben ser transportadas grandes distancias y esto perjudica en la calidad de la leche.</p>	<p>Crear módulos de forraje verde hidropónico mediante un sistema automatizado el cual permita la reducción de espacios y mejor movilidad para el ganado.</p>

Hipótesis o supuestos de fe:

No.	HIPÓTESIS
1	<i>Los ganaderos no utilizan un método eficiente en la producción de alimento de ganado vacuno.</i>
2	<i>Existe poca demanda del cultivo de forraje hidropónico debido al poco conocimiento que tienen de ello.</i>
3	<i>Debido al poco conocimiento que tienen de este método, tienen el mal concepto de ser un proceso muy caro y difícil.</i>
4	<i>Producir alimento para el ganado es una tarea dificultosa y pesada.</i>

Script de convocatoria a entrevista

Se empezaría con una conversación de que piensa esa persona sobre el tema de alimentación, crianza, y cuidado del ganado. Si ha implementado algunos sistemas para mejorar el cultivo de forraje para el ganado.

Hola [Nombre del Entrevistado], le saluda [Nombre entrevistador], me pasó su contacto [nombre]. Soy estudiante de la EPN, estoy realizando un trabajo para la Universidad que está relacionado con el área de ganado ...

Script de inicio de entrevista

Lo primero es agradecerle tu colaboración en esta entrevista. Antes de comenzar me gustaría explicarte brevemente la finalidad de la misma.

Esta entrevista la utilizaré para el Trabajo de Investigación en la asignatura Emprendimiento ...

Pregunta de filtro (Screener).

PREGUNTA DE FILTRO	UMBRAL	RESPUESTA
Es usted dueño de cabezas de ganado	Si /no	Si -> hacer entrevista

Guía para la entrevista

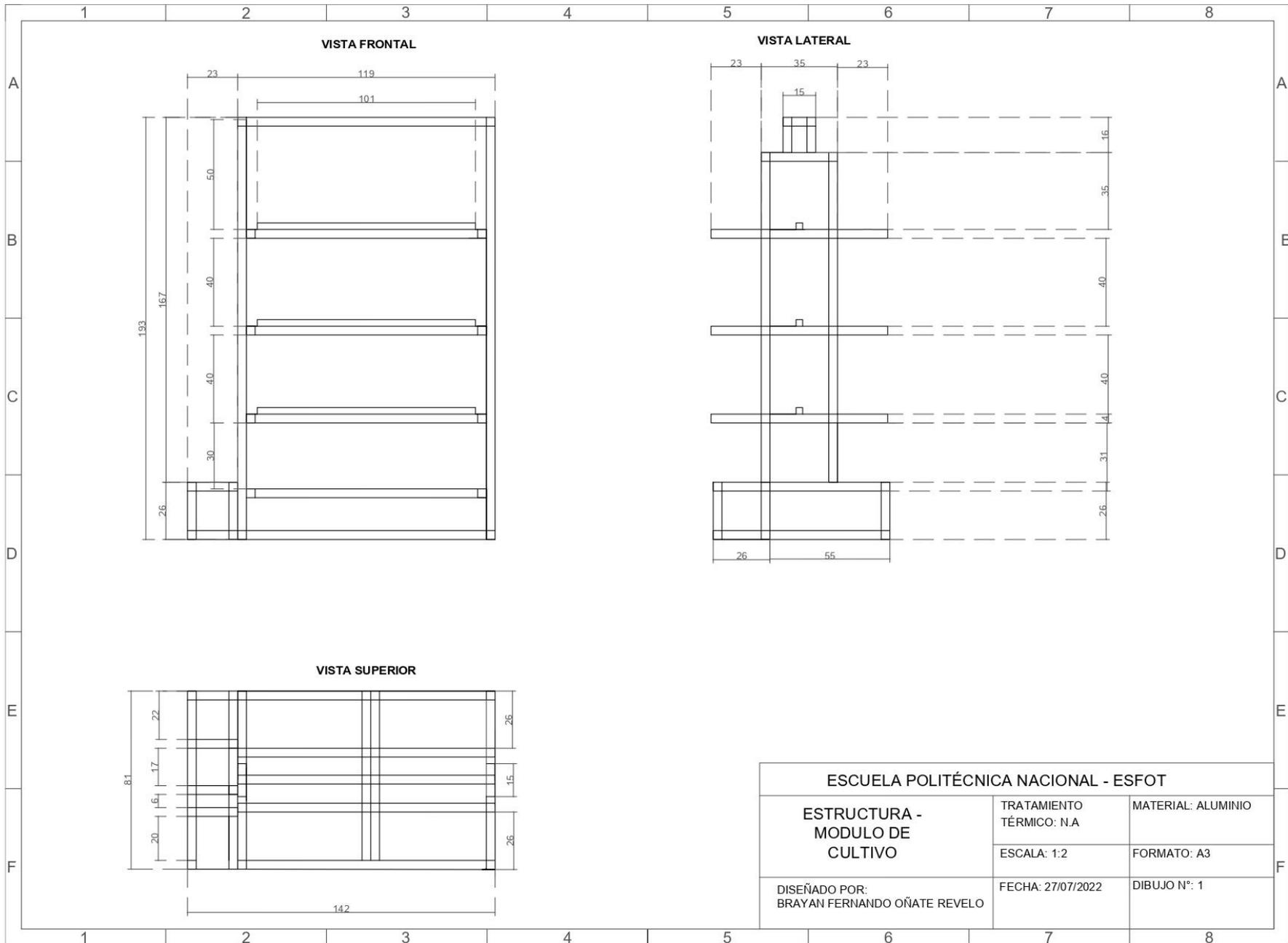
Nota 1: No es una guía rígida en la cual se tengan que realizar todas las preguntas. Si algunas ya son contestadas implícitamente en otra pregunta, no es necesario repetirla. O si no aplica para el caso, tampoco se la debe hacer. Si en el transcurso de la entrevista, con base en las respuestas, surgen nuevas preguntas se las puede realizar.

Nota 2: El objetivo no es ir a vender una idea o solución. El objetivo es determinar necesidades y problemas del usuario.

TIPO	PREGUNTA
------	----------

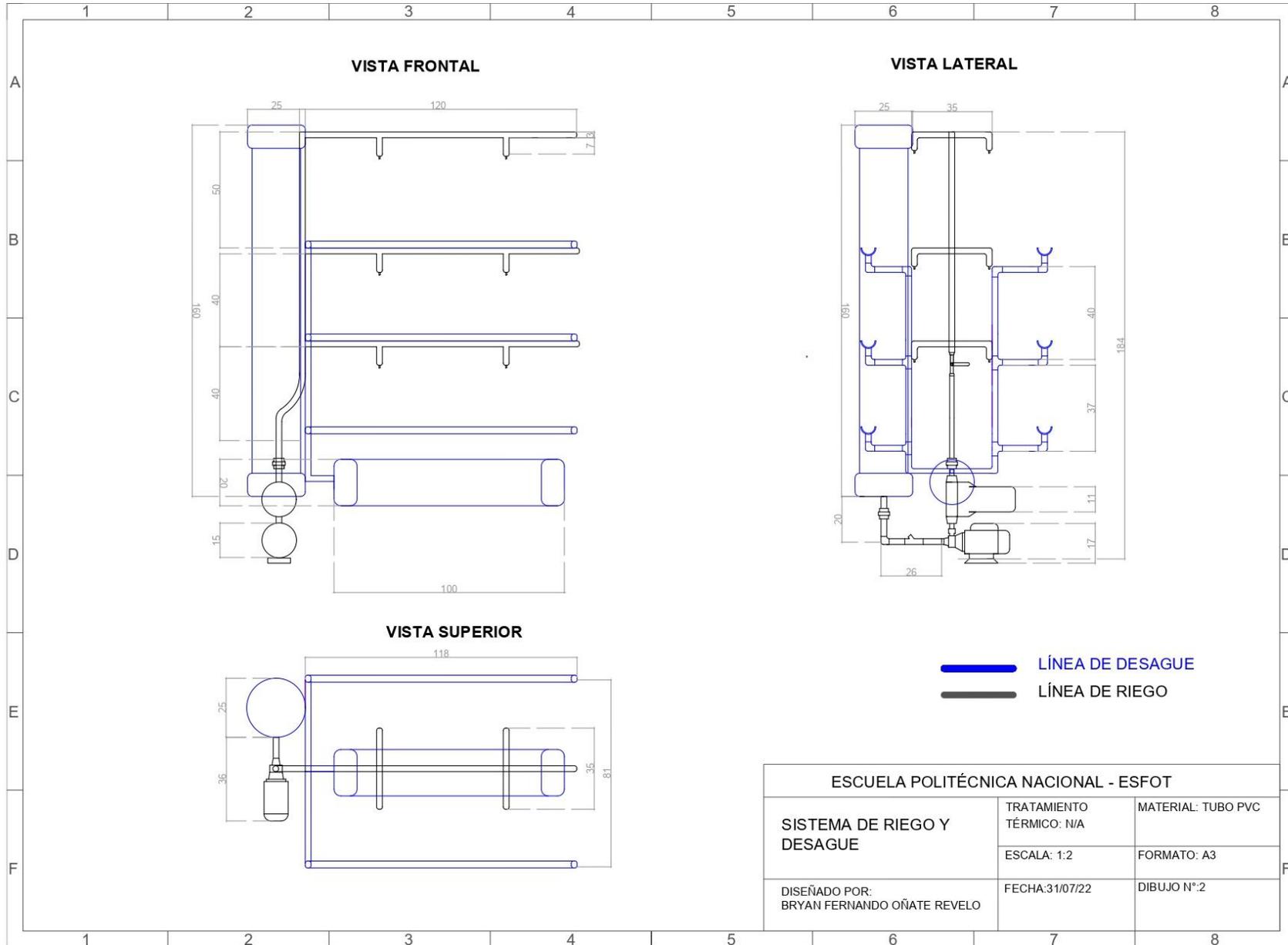
<p>PREGUNTAS GENERALES</p>	<p>¿Qué es lo más difícil o cansado de su trabajo?</p> <p>¿Qué es lo más fácil?</p> <p>¿Qué es lo que más le gusta de su trabajo?</p> <p>¿Cuántas cabezas de ganado posee?</p> <p>¿Cuánto kilogramos de alimento necesita por cabeza de ganado? (aproximado)</p> <p>¿Cuánto dinero gasta en la alimentación de su ganado?</p>
<p>PREGUNTAS MÁS ESPECÍFICAS</p>	<p>¿Cuenta usted con tierras de siembra para el alimento de su ganado?</p> <p>¿Cuál es la extensión de terreno que utiliza para la siembra de alimento del ganado?</p> <p>¿Ha presentado problemas para alimentar a todo su ganado?</p> <p>¿Qué método utiliza para alimentar a su ganado?</p> <p>¿Ha utilizado otro método de alimentación para su ganado? ¿Qué métodos a utilizado?</p> <p>¿Le gustaría encontrar un método de siembra y alimentación para su ganado más eficiente?</p>
<p>THINK/ SEE/ FEEL/ DO</p>	<p>¿Dónde aprende nuevas cosas sobre cultivos para su ganado? ¿Hay algún grupo? comunidad?</p> <p>¿Sabe lo que están haciendo en otras haciendas ganaderas?</p> <p>¿Utiliza alguna herramienta tecnológica de cultivo para su trabajo? ¿cuáles?</p>

ANEXO III: Planos – Estructura metálica



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
ESTRUCTURA - MODULO DE CULTIVO	TRATAMIENTO TÉRMICO: N.A	MATERIAL: ALUMINIO
	ESCALA: 1:2	FORMATO: A3
DISEÑADO POR: BRAYAN FERNANDO OÑATE REVELO	FECHA: 27/07/2022	DIBUJO N°: 1

ANEXO IV: Planos – Sistema de riego



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
SISTEMA DE RIEGO Y DESAGUE	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A	MATERIAL: TUBO PVC
	ESCALA: 1:2	FORMATO: A3
DISEÑADO POR: BRYAN FERNANDO OÑATE REVELO	FECHA: 31/07/22	DIBUJO N°: 2

ANEXO V: Tabla de calibres

American Wire Gauge Conductor Size Table

American wire gauge (AWG) is a standardized wire gauge system for the diameters of round, solid, nonferrous, electrically conducting wire. The larger the AWG number or wire gauge, the smaller the physical size of the wire. The smallest AWG size is 40 and the largest is 0000 (4/0). AWG general rules of thumb - for every 6 gauge decrease, the wire diameter doubles and for every 3 gauge decrease, the cross sectional area doubles. **Note** - W&M Wire Gauge, US Steel Wire Gauge and Music Wire Gauge are different systems.

American Wire Gauge (AWG) Sizes and Properties Chart / Table

Table 1 lists the AWG sizes for electrical cables / conductors. In addition to wire size, the table provides values load (current) carrying capacity, resistance and skin effects. The resistances and skin depth noted are for copper conductors. A detailed description of each conductor property is described below Table 1.

AWG	Diameter [inches]	Diameter [mm]	Area [mm ²]	Resistance [Ohms / 1000 ft]	Resistance [Ohms / km]	Max Current [Amperes]	Max Frequency for 100% skin depth
0000 (4/0)	0.46	11.684	107	0.049	0.16072	302	125 Hz
000 (3/0)	0.4096	10.40384	85	0.0618	0.202704	239	160 Hz
00 (2/0)	0.3648	9.26592	67.4	0.0779	0.255512	190	200 Hz
0 (1/0)	0.3249	8.25246	53.5	0.0983	0.322424	150	250 Hz
1	0.2893	7.34822	42.4	0.1239	0.406392	119	325 Hz
2	0.2576	6.54304	33.6	0.1563	0.512664	94	410 Hz
3	0.2294	5.82676	26.7	0.197	0.64616	75	500 Hz
4	0.2043	5.18922	21.2	0.2485	0.81508	60	650 Hz
5	0.1819	4.62026	16.8	0.3133	1.027624	47	810 Hz
6	0.162	4.1148	13.3	0.3951	1.295928	37	1100 Hz
7	0.1443	3.66522	10.5	0.4982	1.634096	30	1300 Hz
8	0.1285	3.2639	8.37	0.6282	2.060496	24	1650 Hz
9	0.1144	2.90576	6.63	0.7921	2.598088	19	2050 Hz
10	0.1019	2.58826	5.26	0.9989	3.276392	15	2600 Hz
11	0.0907	2.30378	4.17	1.26	4.1328	12	3200 Hz
12	0.0808	2.05232	3.31	1.588	5.20864	9.3	4150 Hz
13	0.072	1.8288	2.62	2.003	6.56984	7.4	5300 Hz
14	0.0641	1.62814	2.08	2.525	8.282	5.9	6700 Hz
15	0.0571	1.45034	1.65	3.184	10.44352	4.7	8250 Hz
16	0.0508	1.29032	1.31	4.016	13.17248	3.7	11 k Hz
17	0.0453	1.15062	1.04	5.064	16.60992	2.9	13 k Hz
18	0.0403	1.02362	0.823	6.385	20.9428	2.3	17 kHz
19	0.0359	0.91186	0.653	8.051	26.40728	1.8	21 kHz
20	0.032	0.8128	0.518	10.15	33.292	1.5	27 kHz
21	0.0285	0.7239	0.41	12.8	41.984	1.2	33 kHz
22	0.0254	0.64516	0.326	16.14	52.9392	0.92	42 kHz
23	0.0226	0.57404	0.258	20.36	66.7808	0.729	53 kHz
24	0.0201	0.51054	0.205	25.67	84.1976	0.577	68 kHz
25	0.0179	0.45466	0.162	32.37	106.1736	0.457	85 kHz
26	0.0159	0.40386	0.129	40.81	133.8568	0.361	107 kHz
27	0.0142	0.36068	0.102	51.47	168.8216	0.288	130 kHz

AWG	Diameter [inches]	Diameter [mm]	Area [mm ²]	Resistance [Ohms / 1000 ft]	Resistance [Ohms / km]	Max Current [Amperes]	Max Frequency for 100% skin depth
28	0.0126	0.32004	0.081	64.9	212.872	0.226	170 kHz
29	0.0113	0.28702	0.0642	81.83	268.4024	0.182	210 kHz
30	0.01	0.254	0.0509	103.2	338.496	0.142	270 kHz
31	0.0089	0.22606	0.0404	130.1	426.728	0.113	340 kHz
32	0.008	0.2032	0.032	164.1	538.248	0.091	430 kHz
33	0.0071	0.18034	0.0254	206.9	678.632	0.072	540 kHz
34	0.0063	0.16002	0.0201	260.9	855.752	0.056	690 kHz
35	0.0056	0.14224	0.016	329	1079.12	0.044	870 kHz
36	0.005	0.127	0.0127	414.8	1360	0.035	1100 kHz
37	0.0045	0.1143	0.01	523.1	1715	0.0289	1350 kHz
38	0.004	0.1016	0.00797	659.6	2163	0.0228	1750 kHz
39	0.0035	0.0889	0.00632	831.8	2728	0.0175	2250 kHz
40	0.0031	0.07874	0.00501	1049	3440	0.0137	2900 kHz

Table 1: American Wire Gauge (AWG) Cable / Conductor Sizes and Properties

AWG Notes: American Wire Gauge (AWG) is a standardized wire gauge system used predominantly in the United States to note the diameter of electrically conducting wire. The general rule of thumb is for every 6 gauge decrease the wire diameter doubles and every 3 gauge decrease doubles the cross sectional area.

Diameter Notes: A mil is a unit of length equal to 0.001 inch (a "milli-inch" or a "thousandth of one inch") ie. 1 mil = 0.001".

Resistance Notes: The resistance noted in the table above is for copper wire conductor. For a given current, you can use the noted resistance and apply [Ohms Law](#) to calculate the voltage drop across the conductor.

Current (ampacity) Notes: The current ratings shown in the table are for power transmission and have been determined using the rule of 1 amp per 700 circular mils, which is a very conservative rating. For reference, the National Electrical Code (NEC) notes the following ampacity for copper wire at 30 Celsius:

- 14 AWG - maximum of 20 Amps in free air, maximum of 15 Amps as part of a 3 conductor cable;
- 12 AWG - maximum of 25 Amps in free air, maximum of 20 Amps as part of a 3 conductor cable;
- 10 AWG - maximum of 40 Amps in free air, maximum of 30 Amps as part of a 3 conductor cable.

Check your local electrical code for the correct current capacity (ampacity) for mains and in wall wiring.

Skin Effect and Skin Depth Notes: Skin effect is the tendency of an alternating electric current (AC) to distribute itself within a conductor so that the current density near the surface of the conductor is greater than that at its core. That is, the electric current tends to flow at the "skin" of the conductor. The skin effect causes the effective resistance of the conductor to increase with the frequency of the current. The maximum frequency show is for 100% skin depth (ie. no skin effects).

How to Convert From Copper to Aluminum Conductors

Ampacities based upon Table 310-16 of the National Electrical Code.

A commonly used rule-of-thumb for converting the two conductor metals is to have aluminum two AWG sizes larger than copper for equivalency. This works in most cases when one is working inside the American Wire Gauge system. One example where the two AWG size rule may not be appropriate is for a 90 ampere circuit which could be served with 75°C rated conductors (provided equipment is so marked). From NEC Table 310-16, the selection could be a No. 3 AWG copper or No. 2 aluminum conductor provided voltage drop is not a factor. Also, with conductor sizes 250 kcmil and larger we are no longer in the American Wire Gauge system; therefore, the two AWG size rule can no longer apply.

The technically correct way to make these conversions is to select an equivalent or higher ampacity rating while maintaining the same conductor temperature rating. For example, replace a No. 6 AWG, copper, type TW conductor with an aluminum conductor. Table 310-16 lists the ampacity of No. 6 copper TW (60°C column) at 55 amperes. Now select an aluminum conductor from the 60°C column that has an ampacity of 55 amperes or higher. A No. 4 aluminum would be used to replace the No. 6 copper TW conductor. This aluminum

conductor does not have to be type TW, it could have a higher temperature designation such as THW or THHN; however, the ampacity must be based upon a 60°C rated conductor.

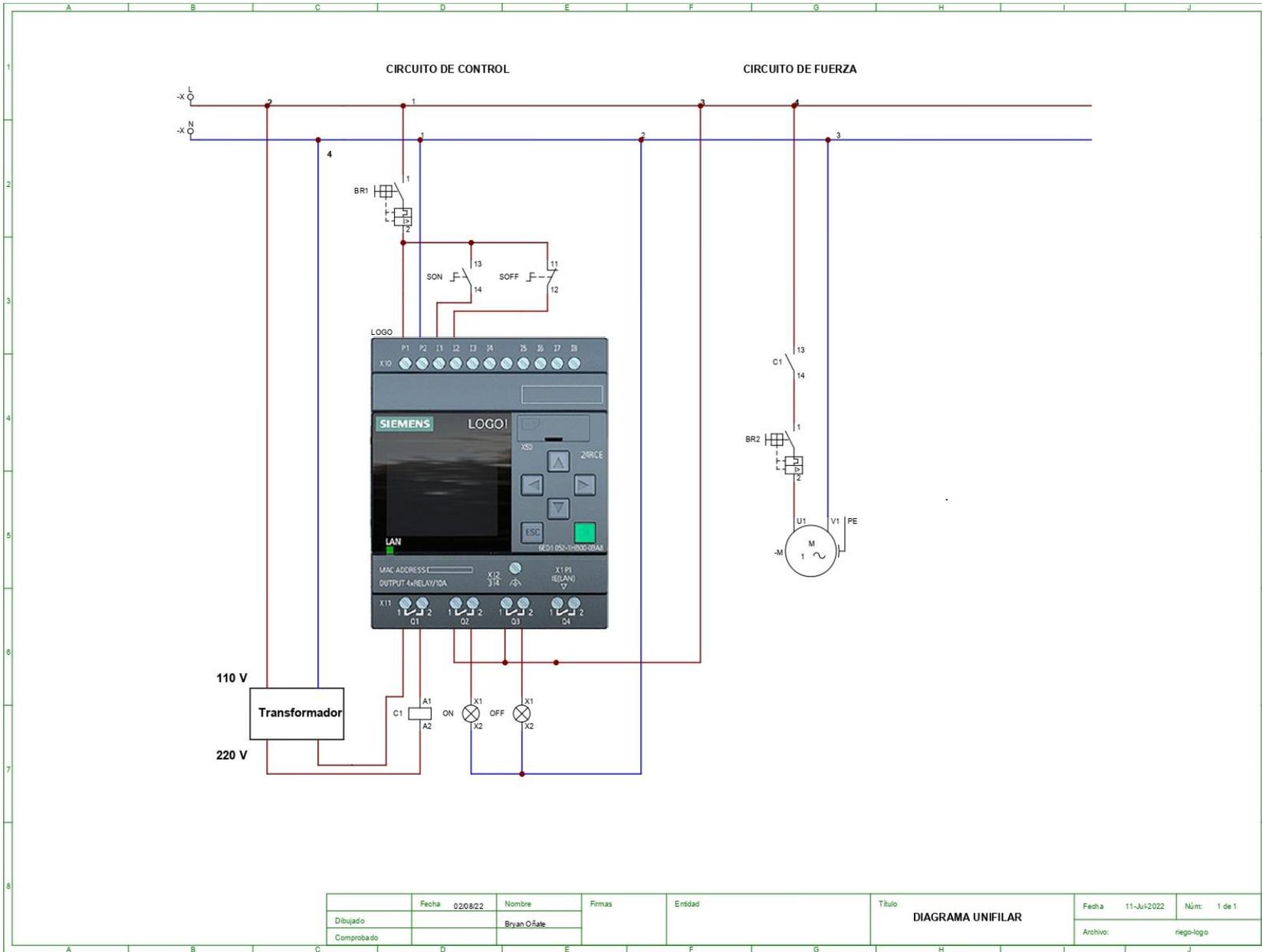
Notice that a No. 6 aluminum type THHN conductor has an ampacity rating of 60 amperes which is higher than the 55 ampere rating for No. 6 copper TW. It may seem logical that No. 6 aluminum THHN could replace No. 6 copper TW based upon the ampacity rating alone; however, it is not correct. Difference in voltage drop is one consideration opposing a size-for-size replacement but the main reason lies with equipment ratings. A conductor must terminate at the equipment it serves and this equipment is tested and listed with definite conductor types. Equipment rated 100 amperes or less is tested and listed for use with 60°C rated conductors unless marked otherwise and to connect a conductor to be used at 90°C ampacity effectively voids the listing. It would also violate section 110-3 (b) of the NEC because this section states that equipment shall be installed according to any instructions in the listing or labeling. To repeat, always make conversions from aluminum to copper or copper to aluminum by selecting equivalent or large ampacity while maintaining the same conductor temperature rating.



Your Solar Energy Supply Store

<https://www.solaris-shop.com>

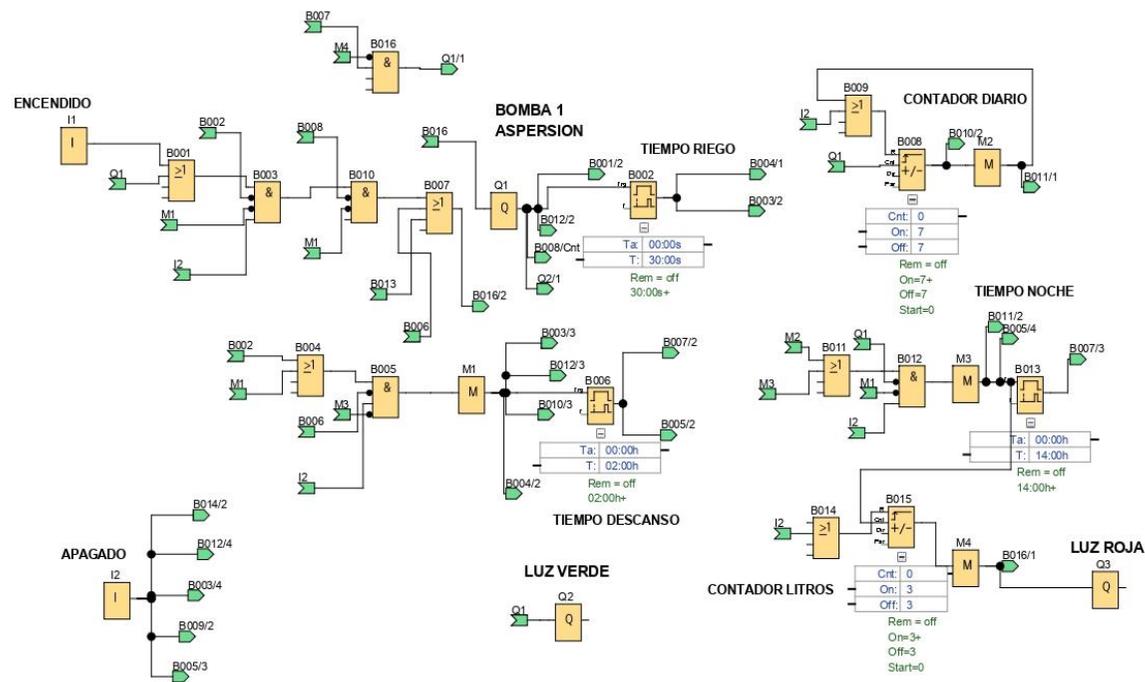
ANEXO VI: Diagrama esquemático



	Fecha	02/08/22	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha	11-Jul-2022	Núm:	1 de 1
Dibujado			Bryan Oñate			DIAGRAMA UNIFILAR	Archivo:		riego-logo	
Comprobado										

ANEXO VII: PROGRAMA DEL CONTROLADOR LOGO

SISTEMA DE RIEGO



Autor:	USER	Proyecto:		Cliente:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	3/07/22 14:35/2/08/22 22:32	archivo:	Programa de riego.lsc	Página:	1 / 3

ANEXO VIII: Manual de uso

Manual de Uso



Este manual esta realizado con base en las características del prototipo diseñado por lo que está organizado en pasos específicos desde el primer día de siembra cuando la semilla ya haya germinado hasta su cosecha. Y son los siguientes:

1. Desinfección y carga de agua del módulo de cultivo.
2. Carga de semillas en las bandejas de cultivo.
3. Inicio del programa automático cargado en el controlador.
4. Ciclo de cultivo
5. Cosecha del FVH
6. Entrega de alimento

Todos estos pasos se los realiza durante el transcurso de 15 días que es el límite establecido para la siembra del FVH.

1. Desinfección y carga de agua del módulo de cultivo.

Antes de empezar a sembrar el cultivo es necesario desinfectar toda la estructura metálica, tuberías, tanque de almacenamiento, bandejas y tanque de recolección.

Se debe de mezclar 20 (ml) de cloro por cada litro de agua que se utilice y con esta mezcla se limpia y desinfecta toda la superficie del módulo ya que cualquier tipo de mancha o infección en la estructura podría causar el crecimiento de hongos.



Figura 4.1 Desinfección de bandejas y estructura

Los tanques de almacenamiento deben enjugarse 2 a 3 veces con el agua clorada para desinfectar completamente ya que es en donde más se acumulan los residuos, bacterias e insectos para luego ser sellados con las tapas herméticas.



Figura 4.2 Tanque de recolección de agua

Las tuberías de igual manera es una parte fundamental que debe ser limpiada y desinfectada ya que es el sistema por donde se transporta el líquido y no puede contener residuos ya que esto provocaría una obstrucción en los micro aspersores.



Figura 4.3 - Tubería de recolección de agua



Figura 4.4 Tubería de roció

2. Carga de semillas en las bandejas de cultivo

Una vez hecha la desinfección de todo el módulo de cultivo se procede a cargar las bandejas con la semilla previamente seleccionada y germinada. Se debe colorar 1 kg de semilla procurando que estén todas juntas formando una cama uniforme de 1cm de profundidad.



Figura 4.5 1 kg de semilla extendido en la bandeja

3. Inicio del programa automático cargado en el controlador.

Cuando la semilla ya está en las bandejas de cultivo se procede con el inicio de los riegos automáticos, el sistema de control es muy sencillo e intuitivo de utilizar ya que todo está cargado previamente en el programa.

Las especificaciones del programa son las siguientes:

- **Botón Verde:** Encendido
- **Botón Rojo:** Paro de emergencia
- **Luz Piloto Verde:** Aviso de marcha de equipo
- **Luz Piloto Roja:** Alerta de nivel de agua bajo en el tanque. (Bloqueo de bomba)
- **Riegos automáticos:** Ciclos de 30 segundos cada dos horas desde las 8:00 am hasta las 18:00 pm.
- **Riegos diarios:** 6 Riegos diarios y se descansa la bomba hasta el día siguiente.

- **Contador:** La bomba se bloqueará una vez transcurridos 3 días ya que alcanzó su nivel de tolerancia y es necesario cargar el tanque con el agua recogida por el segundo tanque de recolección. La luz roja dará aviso de este bloqueo.



Figura 4.6 - Tablero de control (Fachada externa)



Figura 4.7 Tablero de control (Fachada interna)

4. Ciclo de cultivo

Cuando todo el proceso de cultivo este en marcha es necesario seguir con las indicaciones de la **Tabla 9**.

Tabla 9 Indicaciones de riego durante el cultivo

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Riego con agua.															
Riego con solución nutritiva.															
Cosecha															

El cultivo de cebada tarda 15 días en alcanzar su punto máximo de nutriente en la planta por lo que es muy importante seguir con las instrucciones de riego para lograr un FVH rico en nutrientes.

Se debe tener en cuenta que el tanque cubre la necesidad de agua de 3 días hasta la recarga de 30 litros que ha recogido el segundo tanque por lo que cada carga de agua dura 5 días para los riegos. Debido a esto el tanque necesita ser recargado cada 5 días para trabajar con los riegos requeridos durante la siembra.

Durante los días de riego hay que verificar que la planta este creciendo sana y sin evidencia de enfermedad u hongos.

5. Cosecha del FVH

Cuando el tiempo de cultivo a transcurrido y el pasto a alcanzado su 15vo día con una altura aproximada entre 20cm a 25cm es hora de retirar los tapetes. Para ello es necesario tener un espacio apropiado para depositar los tapetes de pasto y puedan tomar sol para que se seque por los posibles excesos de agua. Se los deja reposar durante una hora antes de dar como alimento al ganado.



Figura 4.8 FVH listo para la cosecha

6. Entrega de alimento

Cuando el FVH fue puesto en reposo para secar excesos de agua está listo para darse como alimento al ganado. Hay que tener en cuenta que debido a que el animal no está acostumbrado al cambio de alimento y son muy quisquillosos con él. Es necesario mezclar paulatinamente el forraje con el pasto tradicional, esto ayudara a que la vaca se acostumbre poco a poco a la proteína extra que se le da.

El forraje al tener excesos de proteína es necesario dar uno diario durante las mañanas como balanceado. Esto representa como un desayuno de huevos a un ser humano.



Figura 4.9 Vaca alimentándose de FVH

ANEXO IX: Manual de mantenimiento

Manual de Mantenimiento

El presente manual presenta indicaciones básicas de mantenimiento y de limpieza, a pesar que el módulo es muy fácil de usar y no tiene muchas partes es necesario realizar un control de mantenimiento paulatino cada mes.

Las partes fundamentales que requieren mantenimiento y limpieza son las siguientes:

Micro aspersores:

Al ser piezas con orificios muy pequeños requieren un mantenimiento paulatino ya que los residuos podrían causar obstrucciones en las salidas de los tapones.

Para ello es necesario sacar los tapones y retirar los aspersores de rosca y limpiar los residuos con una pequeña aguja y destapar si existen basuras en ellos.

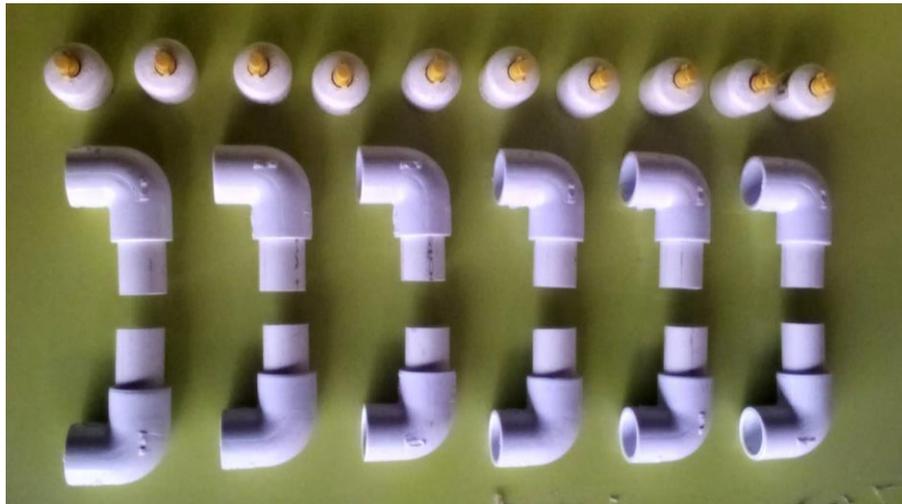


Figura 5.1 Codos y micro aspersores desmontados

Una vez hecho se montan nuevamente en la tubería, al ser un tubo de presión se lo puede ajustar manualmente y aun así no sedera por la presión de agua.



Figura 5.2 Micro Aspersor de rosca montado en tubería

Canaletas de desagüe:

Las canaletas de desagüe están ajustadas por abrazaderas desmontables, esto permite que sea fácil su desmontaje y se limpien debido a que son las tuberías que más acumular residuos debido a que reciben toda el agua de las bandejas después del roció por lo que se acumula desperdicios, residuos o partes del pasto que se desprendió de la planta.



Figura 5.3 Canaletas de desagüe con abrazadera

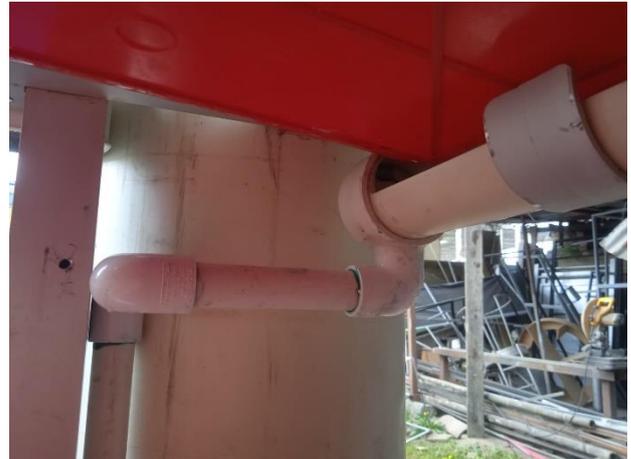


Figura 5.4 Canaleta conectada al sistema de desagüe

Tanque de almacenamiento:

El tanque de almacenamiento es una de las partes fundamentales del sistema ya que aquí se almacena todo el líquido de riego y es en donde más se pueden acumular desperdicios y residuos a pesar que este sellado herméticamente, la reutilización del agua provoca que el tanque se humedezca en las paredes y acumulen suciedades, por lo que es necesario que cada 15 días después de cada siembra sea lavado y desinfectado con cloro para evitar el contagio de bacterias en la planta.



Figura 5.5 Tanque de almacenamiento montado en el módulo

El tanque está fijado al módulo gracias a dos abrazaderas blancas grandes ajustadas con pernos para evitar que este se caiga. Es necesario sacar los pernos de las abrazaderas para realizar el respectivo mantenimiento y limpieza.



Figura 5.6 Abrazadera del tanque de almacenamiento

Una vez desmontadas las abrazaderas de seguridad es necesario desajustar la unión universal que conecta el tanque con la bomba, esto permite desmontar el tanque del sistema de succión de la bomba.



Figura 5.7 Unión universal conectada al tanque



Figura 5.8 Tanque desmontando del sistema de riego

Una vez desmontando el tanque es necesario lavar y desinfectar con cloro su interior para eliminar todo tipo de bacterias que pueda tener.

El nivel de agua implementado en el tanque está conectado a una unión universal a cada extremo para su desconexión y limpieza respectiva.



Figura 5.9 Conexión de nivel de agua en el tanque.

Tanque de drenaje:

El tanque conectado al sistema de drenaje tiene una capacidad de 30 lt y está adaptado en la parte baja del módulo para recibir toda la caída de agua por las tuberías. Esta adaptado con una unión universal en la T de unión de las tuberías para ser desmontado y que se pueda hacer su limpieza. Tiene un tapón en el parte inferior para purgar la bomba y retirar todo el líquido que haya quedado retenido.



Figura 5.10 Conexión de tanque de recolección al sistema de drenaje



Figura 5.11 Tanque de recolección

Filtro y bomba:

El filtro está conectado directamente a la bomba para evitar que residuos puedan pasar a al sistema de riego y taponen los micro aspersores, están conectado a una unión universal

con la tubería y se desmontan individualmente para su respectiva limpieza y mantenimiento.

El filtro se debe cambiar cada 4 meses ya que acumula grandes desperdicios y con el tiempo se desgasta. La bomba de igual manera está conectada entre el filtro y una válvula check.



Figura 5.12 Conexión de filtro y bomba al sistema de aspersión.

Bandejas de cultivo

Las bandejas encajan exactamente entre la estructura por lo que facilita su uso ya que no necesitan algún seguro. Después de cada sembrío se recomienda lavar y desinfectar las bandejas con cloro para eliminar todo rastro de desperdicio o bacteria que haya quedado en la superficie de la bandeja.



Figura 5.13 Bandejas de cultivo montadas en la estructura