



# **DISEÑO DE TECHO MÓVIL PARA CULTIVOS EN INVERNADEROS EN ÁREAS RURALES**

**Sebastián García Gallego  
Didier Alexis Bedoya Fonteche  
Leonardo Hernández Ruiz**

Institución Universitaria Pascual Bravo  
Facultad de Ingeniería, Departamento de Mecánica  
Medellín, Colombia

2023

# **DISEÑO DE TECHO MÓVIL PARA CULTIVOS EN INVERNADEROS EN ÁREAS RURALES**

**Sebastián García Gallego  
Didier Alexis Bedoya Fonteche  
Leonardo Hernández Ruiz**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Mecánico**

Director:

**ROBERT DAVID URDA BENITEZ**

Institución Universitaria Pascual Bravo  
Facultad de Ingeniería, Departamento de Mecánica  
Medellín, Colombia

2023



# Contenido

<b>Resumen .....</b>	<b>6</b>
<b>Lista de figuras .....</b>	<b>8</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>9</b>
<b>1. Estado del arte y marco teórico.....</b>	<b>11</b>
1.1. Antecedentes históricos.....	11
1.2. Necesidades de los techos móviles.....	13
<b>2. Tipos de invernaderos. ....</b>	<b>14</b>
2.1. Invernadero tipo plano o parra. ....	14
2.2. Invernadero en raspa y amagado. ....	16
2.3. Invernadero asimétrico o inacral. ....	17
2.4. Invernadero tipo túnel o semicilíndrico. ....	19
2.5. Invernadero de cristal o tipo venlo.....	21
<b>3. Materiales para las cubiertas del invernadero.....</b>	<b>22</b>
3.1. Cubiertas rígidas.....	23
3.2. Cubiertas flexibles.....	26
<b>4. Esquema Metodológico. ....</b>	<b>27</b>
<b>5. Resultados.....</b>	<b>29</b>
5.1. Mecanismo para hacer corredizo el techo. ....	34

5.2. Sistema de control eléctrico. ....36

**Conclusiones.....38**

**Bibliografía.....39**

## Resumen

En la actualidad, los techos móviles en invernaderos son cruciales para proteger cultivos como flores, frutas y verduras. Los primeros invernaderos aparecieron en Italia en el siglo XIII, donde se utilizaban para cultivar flores exóticas. Con el tiempo, los invernaderos evolucionaron de techos fijos a techos móviles, gracias a su flexibilidad. A nivel mundial, los invernaderos son una necesidad fundamental para proteger los cultivos y permitir su crecimiento adecuado. A pesar de que existen modelos diseñados desde hace varios años, todavía hay puntos importantes que se pueden mejorar.

En este proyecto, buscamos incorporar un nuevo diseño de fabricación que sea flexible y de bajo costo para que pueda ser distribuido a varias regiones de difícil acceso. Para llevar a cabo este proyecto, establecimos objetivos con el fin de seleccionar los materiales adecuados para la construcción de un techo móvil automatizado y útil para las personas que lo utilizarán. Después de definir los objetivos, realizamos una búsqueda sobre las cubiertas corredizas para invernaderos, incluyendo sus historias y los tipos que se manejan en las áreas rurales. Investigamos los materiales más adecuados para las cubiertas y cómo hacer que los sistemas queden en óptimas condiciones para que cualquier persona pueda operarlos. Para ello, desarrollamos una metodología que evidencia el paso a paso que se llevó a cabo en el proyecto.

Finalmente, presentamos los resultados y las conclusiones que demostraron los beneficios que tienen estos techos corredizos para los invernaderos en las zonas rurales. Con estos avances, se pueden generar muchas facilidades para las diferentes cosechas que necesitan manejar el agua, sol y viento.

## Lista de figuras

<i>Figura 1. Invernadero con techo de plástico. (Fuente propia)</i> .....	14
<i>Figura 2. Invernadero tipo plano o parra. (Fuente propia)</i> .....	16
<i>Figura 3. Invernadero en raspa y amagado. (Fuente propia)</i> .....	17
<i>Figura 4. Invernadero asimétrico o inacral. (Fuente propia)</i> .....	19
<i>Figura 5. Invernadero tipo túnel o semicilíndrico. (Fuente propia)</i> .....	20
<i>Figura 6. Invernadero de cristal o tipo venlo. (Fuente propia)</i> .....	22
<i>Figura 7. Metodología. (Fuente propia)</i> .....	28
<i>Figura 8. Diseño de techo móvil. (Fuente propia)</i> .....	30
<i>Figura 9. Columna vertical. (Fuente propia)</i> .....	30
<i>Figura 10. Viga horizontal. (Fuente propia)</i> .....	31
<i>Figura 11. Rieles generadores de movimiento. (Fuente propia)</i> .....	31
<i>Figura 12. Soporte de techo. (Fuente propia)</i> .....	32
<i>Figura 13. Techo de policarbonato. (Fuente propia)</i> .....	32
<i>Figura 14. Motor de cremallera. (Fuente propia)</i> .....	34
<i>Figura 15. Plano de la cremallera. (Fuente propia)</i> .....	35
<i>Figura 16. Plano de control y potencia. (Fuente propia)</i> .....	37



## Introducción

El techo de una construcción es la parte superior que protege la estructura y proporciona refugio contra diferentes factores ambientales. En sus inicios, se consideraba un elemento fijo, pero debido a las necesidades cambiantes, como la protección de cultivos como flores y fresas, se han creado soluciones más dinámicas y funcionales para los techos según la aplicación o el contexto en el que se utilizan. En áreas rurales, se han adaptado techos para cultivar hortalizas y frutas, lo que ha llevado al uso de invernaderos en un 40% de las zonas de cultivo (García, H., & Calderón, L. 2012).

Este trabajo tiene como objetivo establecer un marco de referencia para la elaboración de techos móviles que respondan a las necesidades de protección de los cultivos. Se ha realizado un proceso exploratorio para identificar los espacios donde se hace necesario su uso, teniendo en cuenta entornos rurales y urbanos, materiales, costos, uso de herramientas, versatilidad, flexibilidad y complejidad aceptable para la replicación de la capacitación para su construcción. A pesar de que la construcción de techos móviles puede requerir más esfuerzo y dedicación que los techos fijos, es importante tener en cuenta que la propuesta responde a entornos dinámicos y cambiantes.

En la actualidad, existen diferentes tipos de techos móviles que permiten una funcionalidad adecuada para el cultivo, como los techos de arco circular con ventilación cenital, estructuras de madera en el sur de Portugal y estructuras de techo inclinado con tensor o materiales como hierro, acero, madera y aluminio. La propuesta consiste en un techo adaptado al terreno y al tipo de cultivos rurales y urbanos, que sea accesible para todo tipo de personas y eficiente en su función de cultivo. Es importante destacar que la propuesta debe ser robusta ante condiciones adversas como la lluvia, los fuertes vientos, las temperaturas extremas y la humedad relativa, y que debe considerarse el tamaño, el peso, la disponibilidad y el transporte de materiales. Además, este proyecto beneficiará a las zonas rurales con techos hechos a medida y de muy bajo costo.

## **1. Estado del arte y marco teórico**

A continuación, se presentan de manera concisa los conceptos y fundamentos teóricos más relevantes relacionados con los techos móviles. En primer lugar, se abordarán los antecedentes históricos de los techos móviles o manuales que han sido utilizados a lo largo de la historia. Posteriormente, se discutirán los principales usos de los techos móviles en cultivos en áreas rurales. A continuación, se introducirán brevemente los distintos tipos de techos móviles y los materiales más comúnmente utilizados en su implementación. Por último, se mencionarán algunas de las aplicaciones más destacadas de los techos móviles en las zonas de cultivos rurales.

### **1.1. Antecedentes históricos**

En la antigüedad, no existían invernaderos como los que conocemos hoy en día. Sin embargo, se practicaban diferentes métodos para cultivar hortalizas y flores fuera de temporada. En Atenas y Roma, entre los años 372 a.C. y 287 a.C., se estudió la intensificación de las plantas, trasladándolas a patios cubiertos por la noche y calentando el suelo con estiércol. En países como China, Egipto, Israel, Grecia y Roma, los agricultores cultivaban plantas en macetas y las trasladaban a áreas protegidas durante la noche o en períodos de frío. El primer paso para construir un invernadero es crear y utilizar una cama móvil con plantas. En el siglo XV, en el norte de Italia y el sur de Alemania, se volvió muy común el uso de cabañas de troncos para la protección invernal, llegando a tener varias hectáreas dedicadas a este fin (Peter 2005).

En el siglo XVII, los campos de naranjos se volvieron populares en Europa, lo que gradualmente reemplazó a las cabañas de invierno (que habían sido populares desde el siglo XVI en Inglaterra). Las cabañas de invierno, como su nombre lo indica, eran lugares favoritos para cultivar naranjos, con grandes ventanas de vidrio en el lado sur para permitir la entrada de luz y varias estufas para mantener la temperatura en invierno. Posteriormente, estos invernaderos se ampliaron con paneles de vidrio. Desde 1737, hubo un gran interés en conservar la energía en los invernaderos a través de elementos como las cortinas. La agricultura en invernaderos se inició con la aportación de dióxido de carbono, calor y nutrientes del estiércol. La industrialización en el siglo XIX trajo consigo un rápido desarrollo de la tecnología de invernaderos. A principios del siglo XX, la mayoría de los invernaderos tenían una estructura simple con una pendiente de techo de 45°, y se calentaban por descomposición de la materia orgánica o mediante estufas. En 1829, se mencionó por primera vez el doble acristalamiento como material de aislamiento térmico. Durante el siglo XX, se desarrolló una amplia información sobre calefacción, riego y fertilización de invernaderos. En los Países Bajos, los invernaderos se desarrollaron gradualmente para hacer un mejor uso de los cultivos hasta que se construyó el invernadero Venlo en 1937. Fabricado en acero y vidrio, este invernadero podía utilizarse para diferentes tipos de cultivos. Tras la Primera Guerra Mundial, surgieron los materiales plásticos y comenzaron a utilizarse en la agricultura, incluyendo el polietileno, el poliestireno y el PVC. Después de la Segunda Guerra Mundial, se desarrollaron plásticos más rígidos como el poliéster en Estados Unidos y Europa (Hernández J. L., 2006).

Durante la década de los 90, se produjo una evolución en la construcción de invernaderos, los cuales se hicieron más altos y con ventanas de ventilación más grandes, así como edificios de mayor tamaño que ofrecían más espacio para el crecimiento y trabajo de las plantas. Este desarrollo

fue impulsado por la regla que establece que un 1% más de luz se traduce en un 1% más de rendimiento. Para optimizar la instalación, es esencial contar con un control climático adecuado, además de distinguir entre pantallas horizontales y verticales, elegir el tipo de tela de sombreado adecuada en función de la función requerida (sombreado o ahorro de energía) y del cultivo que se desea producir. En la actualidad, la industria de la construcción de invernaderos se ha especializado aún más. Para garantizar un futuro saludable para las industrias hortícola e invernadero, las normas de construcción en toda Europa son cruciales. En este sentido, en breve se finalizarán las normas de construcción de invernaderos, las cuales serán vinculantes para toda Europa. Los invernaderos actuales son estructuras de armazón cerradas, con acrílico o cristal y un techo transparente. Las paredes y el techo transparente permiten la entrada máxima de luz solar y retienen el calor en el interior. Para aquellos cultivos que requieren sol parcial, se puede instalar una sombrilla u otra forma de cobertura en el invernadero (Aguado da Costa, 2012).

## **1.2. Necesidades de los techos móviles**

En varias regiones rurales del sector de Antioquia, como en el caso de El Carmen de Viboral, se puede apreciar una clara necesidad de contar con techos móviles. La Figura 1 ilustra la necesidad de implementar estos techos móviles debido a que se utilizan plásticos muy susceptibles a los daños ocasionados por fuertes lluvias o el deterioro causado por el sol. Esta situación implica tener que cambiar constantemente los materiales de cobertura. Además, los techos de plástico están

sostenidos por estructuras de palos que no son adecuadas para los invernaderos, ya que no proporcionan la seguridad necesaria. También se puede evidenciar que los cultivos se encuentran expuestos a diversos factores climáticos, entre otros riesgos.



*Figura 1. Invernaderos con techo de plástico. (Fuente propia)*

## **2. Tipos de invernaderos.**

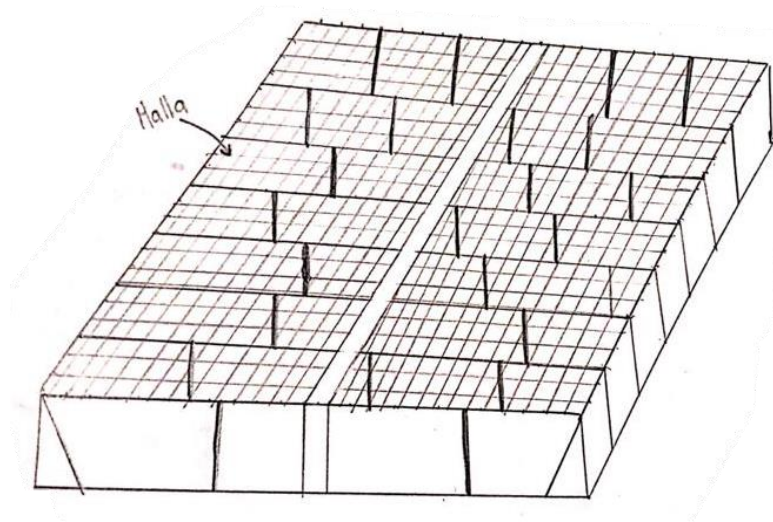
### **2.1. Invernadero tipo plano o parra.**

Este tipo de invernadero se utiliza comúnmente en zonas con poca precipitación, sin embargo, su estructura no es la más adecuada para su construcción, Ver Figura 2. Está compuesta por dos partes, verticales y horizontales, sobre las cuales se monta la cubierta del invernadero. Esta se

compone de dos capas de mallas de alambre galvanizado superpuestas, y las láminas plásticas se sujetan entre ellas mediante puntos de costura perforados para fijarlas a la estructura. Asimismo, la malla se encuentra conectada a los soportes mediante nudos (Cedait, 2020).

La estructura vertical del invernadero se compone de soportes rígidos que se pueden clasificar en dos tipos: periféricos (ubicados en las esquinas y las alas del invernadero) e internos (columnas). Estos soportes pueden estar fabricados en troncos de pino o eucalipto, así como en tubos de acero galvanizado. Por otro lado, la estructura horizontal del invernadero se compone de dos capas de mallas de alambre galvanizado superpuestas que se colocan durante la construcción del invernadero. Estas mallas tienen la función de transportar y sujetar los paneles de plástico (Pérez Parra, 2008).

Este tipo de invernadero presenta ciertas ventajas, tales como una construcción económica, capacidad de adaptarse a cualquier tipo de terreno, resistencia al viento y la habilidad de aprovechar el agua de lluvia en periodos secos. No obstante, también existen desventajas como un bajo volumen de aire, ventilación insuficiente, envejecimiento rápido de la instalación, una alta especialización requerida en su construcción y mantenimiento.



*Figura 2. Invernadero tipo plano o parra. (Fuente propia)*

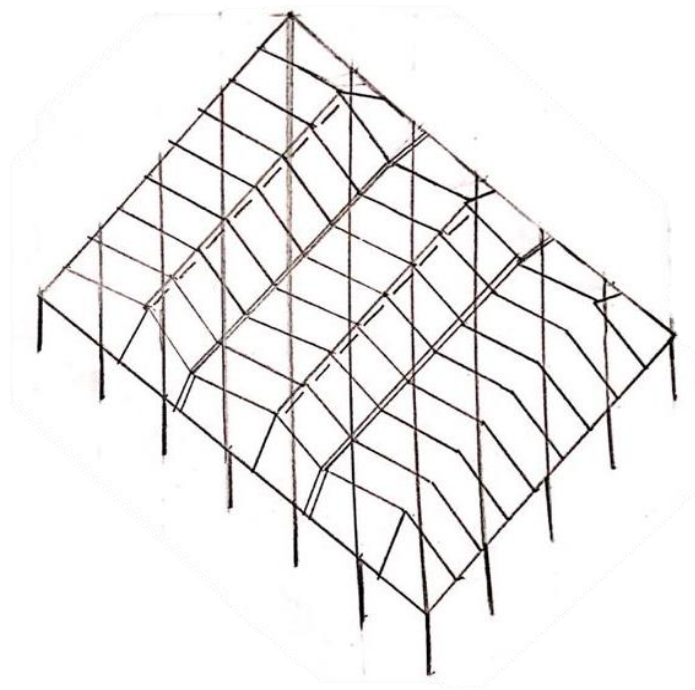
## **2.2. Invernadero en raspa y amagado.**

Este tipo de invernadero consta de dos partes: la parte superior, también conocida como "raspa", está sostenida por tubos galvanizados o perfiles laminados y alambre o trenza de alambre. Por otro lado, la parte inferior es conocida como "amagado" y está unida a la estructura mediante una horquilla de hierro, ver Figura 3. Este diseño se logra mediante la modificación de los invernaderos planos para permitir la evacuación del agua de lluvia que se acumula en los paneles de plástico. Se aumenta la altura máxima de la cumbre del techo, formando una escofina, y se adosa la malla del techo a la parte más baja, llamada finta, fijándola con púa de hierro para poder colocar canales de drenaje del agua de lluvia (Rica.C, 2013).



---

Los invernaderos de tipo túnel presentan diversas ventajas, entre ellas, su economía, buena estanqueidad frente a la lluvia y al aire, lo que reduce la humedad interior en días lluviosos, y una mayor superficie libre de obstáculos. No obstante, pueden presentar algunas desventajas, como la dificultad para cambiar el plástico de la cubierta, la falta de aprovechamiento de las aguas pluviales y el aumento de las pérdidas de calor a través de la cubierta debido a la mayor superficie desarrollada.

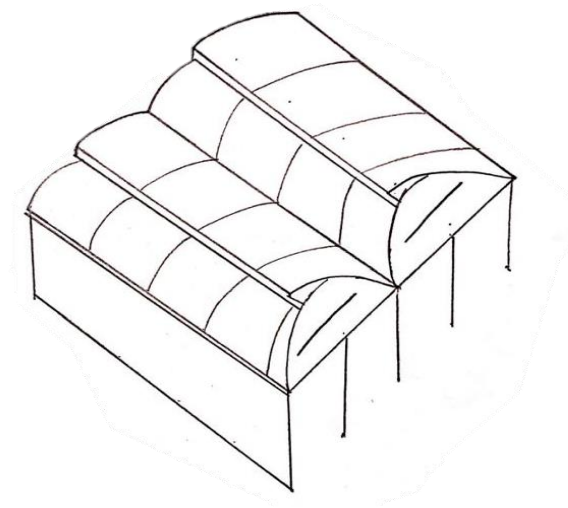


*Figura 3. Invernadero en raspa y amagado. (Fuente propia)*

### **2.3. Invernadero asimétrico o inacral.**

Los invernaderos tropicales se denominan así debido a su uso extendido en estas regiones. Se les llama asimétricos porque su geometría es desigual, a diferencia de los invernaderos catedrales y góticos, ver Figura 4. En estos, un lado del techo es más grueso que el otro y está inclinado. La inclinación de la cubierta se estudió según la incidencia vertical del sol de invierno al mediodía, con el objetivo de maximizar la radiación solar incidente. En cuanto a la ventilación, generalmente se resuelve a través de aberturas ubicadas en el centro de cada arco estructural a lo largo de la cubierta. Estas aberturas permiten la ventilación natural y la salida del aire caliente. La inclinación de la cubierta debe permitir que la radiación solar incida perpendicularmente sobre la cubierta al mediodía solar durante el solsticio de invierno, cuando el sol alcanza su punto más bajo. El ángulo ideal sería de alrededor de 60 grados, sin embargo, esto puede causar inestabilidad en la estructura debido a los fuertes vientos (Capcha Mamani, E. N., & Torrez Soria, J. 2015).

El uso de estos invernaderos presenta varias ventajas, entre ellas, un buen aprovechamiento de la luz durante el invierno, una buena ventilación gracias a su altura elevada, su bajo costo y una alta inercia térmica debido a su gran volumen unitario. Sin embargo, también hay algunas desventajas. Por ejemplo, estos invernaderos no pueden aprovechar el agua de lluvia, lo que puede ser un problema en zonas con sequía. Además, cambiar el plástico de la cubierta puede ser un proceso complicado. También hay una mayor pérdida de calor a través de la cubierta debido a su mayor superficie desarrollada en comparación con los invernaderos de tipo plano.



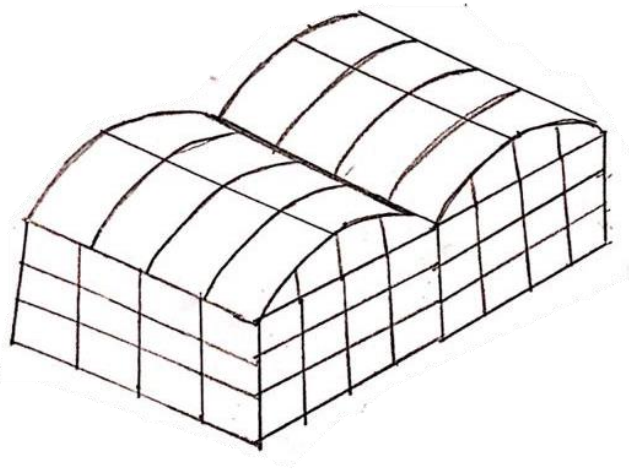
*Figura 4. Invernadero asimétrico o inacral. (Fuente propia)*

## **2.4. Invernadero tipo túnel o semicilíndrico.**

Este invernadero se diferencia de otros por su diseño compuesto de uno o varios módulos con arcos metálicos curvos en lugar de paredes rectas. Esta estructura no necesita pies y permite una mayor facilidad de traslado e instalación, al mismo tiempo que brinda un mayor control de los factores climáticos. La caja del invernadero está construida completamente con metal, lo que aumenta su resistencia a fuertes vientos, ver Figura 5. Este tipo de invernadero es cada vez más popular debido a su capacidad para controlar los factores climáticos y su fácil instalación como estructuras prefabricadas. Un caso especial de este modelo es el Gran Túnel, que se compone de

arcos montados en pequeñas columnas con forma de Y de baja altura que permiten unir los módulos del túnel en serie. Este tipo de invernadero es ideal para el cultivo de plantas pequeñas, como fresas, arándanos, melones o sandías, así como para hortalizas que no requieren estacas (Serrano Cermeño, Z. 2005).

Las ventajas de este tipo de invernadero son su fácil instalación, la distribución uniforme de la iluminación en su interior, su sencillez y su resistencia a vientos fuertes. No obstante, también presenta algunas desventajas, tales como la falta de aprovechamiento del agua de lluvia y un costo elevado.

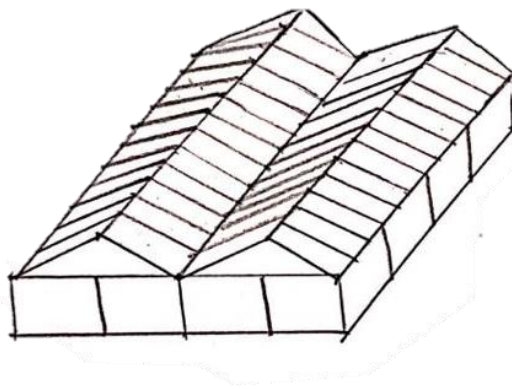


***Figura 5. Invernadero tipo túnel o semicilíndrico. (Fuente propia)***

## **2.5. Invernadero de cristal o tipo venlo.**

Este tipo de invernadero, también conocido como Invernadero Venlo, se utiliza comúnmente en el norte de Europa y se compone de una estructura metálica prefabricada con cerramientos de vidrio. El techo de este invernadero industrial está formado por paneles de vidrio que se apoyan en canales de recolección de agua de lluvia y barras transversales, ver Figura 6. Debido a sus características, el Invernadero Venlo es el modelo más utilizado en todo el mundo en zonas con climas extremos y bajas temperaturas. Es especialmente adecuado para el cultivo de hortalizas y flores que requieren condiciones ambientales muy específicas. Además, su diseño permite la integración de tecnologías avanzadas de control climático y automatización de la producción, lo que resulta crucial en países con temperaturas mínimas extremas. La estructura principal del Invernadero Venlo, que consta de columnas, celosías y bandas perimetrales, está fabricada con perfiles discontinuos de acero galvanizado por inmersión, lo que le proporciona una gran protección y garantiza una larga vida útil en los entornos más hostiles. La cubierta y los accesos están contruidos con perfiles de aluminio extrusionado y están diseñados para soportar el acristalamiento de la cubierta. Existen diferentes modelos de cubierta según las cargas de nieve, viento y granizo que puedan afectar a la estructura, así como según la distancia y el tipo de ventana de acceso (Rufepa, 2023).

Entre las ventajas del Invernadero Venlo se encuentra su excelente estanqueidad, lo que permite una climatización más eficiente del espacio. Sin embargo, también tiene algunas desventajas importantes, como su elevado costo de fabricación y su limitada transmisión de luz.



*Figura 6. Invernadero de cristal o tipo venlo. (Fuente propia)*

### **3. Materiales para las cubiertas del invernadero**

La elección de la cubierta adecuada para los invernaderos es fundamental para proteger los cultivos de la luz solar directa. Los materiales utilizados en las cubiertas están diseñados para proporcionar resistencia y transmisión de luz óptimas. Es una decisión crucial para cualquier agricultor que utilice un invernadero en su producción, ya que la elección adecuada dependerá de diversos factores, como la durabilidad, el clima, la transmisión de luz y la rentabilidad. Es importante considerar cuidadosamente estos factores antes de elegir el tipo de cubierta más adecuado. Las opciones comunes incluyen vidrio, acrílico, película de polietileno y policarbonato, cada uno con sus fortalezas y debilidades. Es fundamental evaluar qué beneficios se buscan en la cubierta y cómo se adaptará a las necesidades específicas del cultivo. En resumen, elegir la cubierta

adecuada para los invernaderos es una decisión crucial para proteger los cultivos. La elección dependerá de diversos factores y debe ser evaluada cuidadosamente para asegurar que se cumplan los objetivos específicos de la producción agrícola (Alpi, A., & Tognoni, F, 1991).

### **3.1. Cubiertas rígidas.**

- Vidrio: El vidrio es una opción popular como material de cubierta para invernaderos debido a su alta luminosidad en comparación con otros materiales más opacos. Aunque el vidrio se oscurece con el tiempo, sigue transmitiendo la misma cantidad de luz durante toda su vida útil, lo que lo hace menos propenso a necesitar reemplazo. Sin embargo, el vidrio puede resultar más costoso que otros materiales y puede romperse en condiciones climáticas extremas o por efectos directos como el granizo. No obstante, cuando se cuida adecuadamente, el vidrio es una opción de cubierta atractiva y duradera. Algunas personas pueden desconfiar de los invernaderos de vidrio debido a la percepción de que el vidrio es muy frágil, pero en realidad, esto no es cierto si se elige correctamente el tipo de vidrio a utilizar (Espí E, 2012).
- Policarbonato: El policarbonato es una opción destacada para los cultivadores que buscan cubiertas de invernadero duraderas y económicas. Este material de vidrio es adecuado para todos los climas y se utiliza comúnmente en invernaderos como paneles corrugados monolíticos o láminas estructurales de paredes múltiples. Las paredes

multicapa son ideales para brindar beneficios térmicos, mientras que las paredes de una sola capa son adecuadas para paredes interiores. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, con el tiempo, el policarbonato puede amarillear y volverse quebradizo. Una de las ventajas del policarbonato es su resistencia a diversas temperaturas y ambientes, lo que lo hace más duradero que el vidrio. Es 200 veces más fuerte que el vidrio, lo que significa que puede soportar casi cualquier tipo de daño y no requiere el mismo nivel de protección y cuidado que el vidrio. Por lo tanto, es más fácil de manejar. Otra ventaja del policarbonato es su capacidad para proporcionar una mejor difusión de la luz. Esto significa que la luz entra y se distribuye uniformemente por todo el invernadero, lo que es beneficioso para el crecimiento de las plantas en su interior. No hay necesidad de mover las plantas para ayudarlas a recibir la luz solar, y tampoco se requiere iluminación artificial para iluminar el invernadero. En resumen, el policarbonato es una opción sólida para los cultivadores que buscan una cubierta de invernadero duradera y económica que proporcione una buena difusión de la luz y sea fácil de manejar. Si bien puede amarillear y volverse quebradizo con el tiempo, su resistencia a diversos ambientes y su fortaleza significan que es más fácil de cuidar que el vidrio (Inveurop, 2019).

- **Poliéster:** El poliéster utilizado en invernaderos es un material altamente durable y con múltiples aplicaciones en la agricultura gracias a sus propiedades mecánicas. Este material puede reemplazar fácilmente el alambre tradicional en diversas estructuras como refugios, cercas y enrejados, y se utiliza tanto para sostener las plantas como para crear estructuras de soporte para el enrejado. El poliéster para invernaderos es



especialmente valorado por sus propiedades únicas, como su durabilidad, elasticidad y facilidad de colocación sin necesidad de retención. Además, es muy ligero y seguro, lo que lo hace difícil de romper. Este material se puede utilizar con cualquier tipo de poste o estructura, ya sea de madera, cemento o hierro. Cuando se utiliza en techos o cubiertas, el poliéster se fabrica con poliésteres insaturados y fibras orgánicas para mejorar la difusión de la luz, aumentar la transmittancia de la luz solar y reducir la radiación de onda larga. En resumen, el poliéster para invernaderos es un material versátil y de alta calidad que puede mejorar significativamente las estructuras agrícolas y la producción de cultivos (Serrano Cermeño, 2005).

- Policloruro de vinilo (PVC): Al aplicar un plastificante, este material se transforma en una película plástica flexible que resulta ideal para su uso en la cobertura de invernaderos. No obstante, su uso no es tan extendido como otros tipos de plásticos debido a que no tolera bajas temperaturas, lo que limita su uso en ciertas situaciones. Además, estéticamente no es tan duradero como otros plásticos, ya que puede decolorarse con el tiempo. En cuanto a su presentación, se puede encontrar en láminas lisas o curvas, con un espesor que varía entre 1 y 1,5 mm. No obstante, una de sus principales ventajas es su alta capacidad para transmitir la radiación visible (Group A. 2023).

### **3.2. Cubiertas flexibles.**

- Polietileno (PE): En lo que respecta a las cubiertas de invernadero, el plástico flexible es el material más comúnmente utilizado, el cual incluye tanto túneles como cubiertas. Este material es muy valorado en la agricultura debido a su bajo costo, buenas propiedades mecánicas y la posibilidad de añadir aditivos para mejorar su desempeño en diferentes aplicaciones. Además, su versatilidad lo hace adecuado para una amplia variedad de cultivos. El plástico flexible utilizado en cubiertas de invernadero presenta excelentes propiedades de difusión de la luz y aislamiento térmico. Su capacidad para estirarse antes de fracturarse es cercana al 500%. Es importante destacar que existe un tipo de tejido que ayuda a regular la intensidad de la luz en un invernadero y que está fabricado con este material. En resumen, el plástico flexible es uno de los materiales más utilizados en la agricultura debido a su bajo costo, propiedades mecánicas, facilidad de uso y la posibilidad de agregar aditivos para mejorar sus propiedades. El PE y el PVC son los termoplásticos más demandados en el mercado (Castilla, 2007).

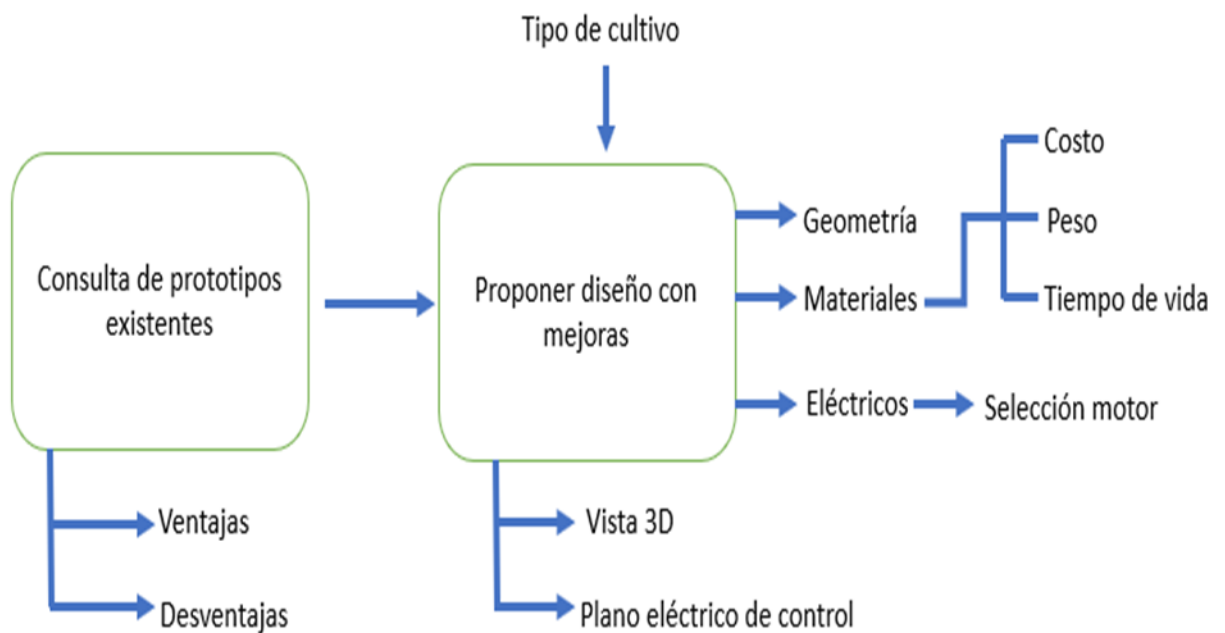
## 4. Esquema Metodológico.

Se propone un esquema metodológico ilustrado en la Figura 7 para abordar el desarrollo de techos móviles en invernaderos. En primer lugar, se realiza una consulta exhaustiva de todos los prototipos existentes de techos móviles para invernaderos. Se realiza un análisis comparativo de los modelos consultados, considerando todas las ventajas y desventajas identificadas. Esta investigación se destaca en el estado del arte y marco teórico.

Posteriormente, se investiga acerca de los cultivos que se beneficiarán de la protección proporcionada por el techo móvil. Los cultivos más comunes que requieren esta protección incluyen flores, hortalizas y algunas frutas. Además, se considera el tipo de ubicación geográfica, ya sea en zonas rurales o urbanas, para determinar la aplicabilidad del diseño propuesto.

En base a los resultados obtenidos, se propone el diseño del techo más adecuado. Se desarrollan planos en 3D para mejorar las geometrías de los techos existentes, con el objetivo de reducir costos. Asimismo, se realiza una selección adecuada de materiales, priorizando aquellos comunes y fáciles de transportar e instalar. Se presta especial atención a que la estructura y las tejas estén fabricadas con materiales de larga duración. En paralelo, se lleva a cabo una investigación sobre diferentes tipos de motores y se selecciona el más apropiado para el techo móvil. Se opta por un motor tipo AC de cremallera, teniendo en cuenta consideraciones como el precio, el modo de uso, el tipo de mantenimiento, la facilidad de instalación y el rendimiento.

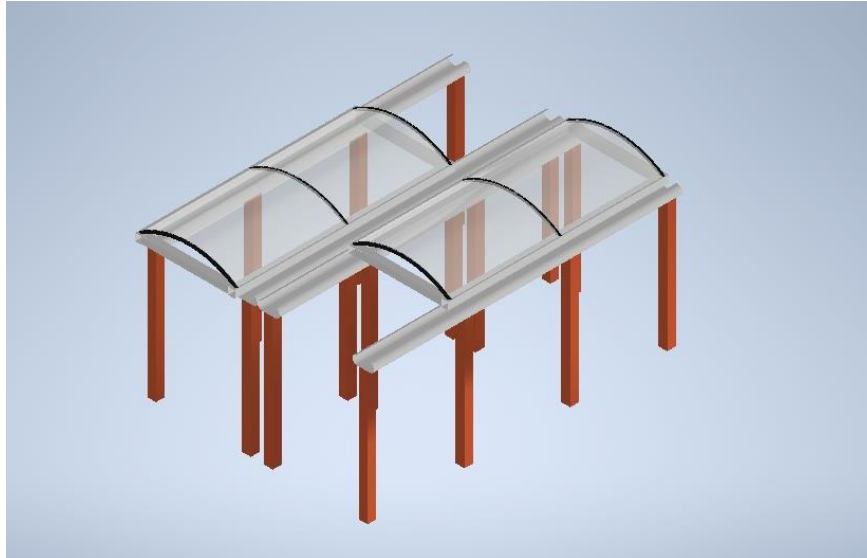
En resumen, el esquema metodológico propuesto se basa en una investigación exhaustiva de prototipos existentes, un análisis comparativo de ventajas y desventajas, la consideración de los cultivos y las ubicaciones geográficas, el diseño mejorado del techo móvil, la selección de materiales adecuados y la elección del motor óptimo.



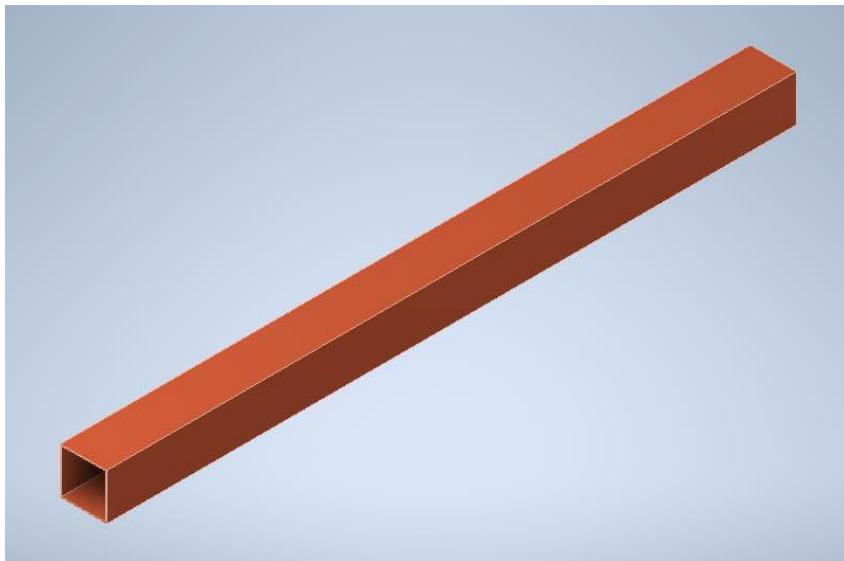
**Figura 7. Metodología. (Fuente propia)**

## 5. Resultados

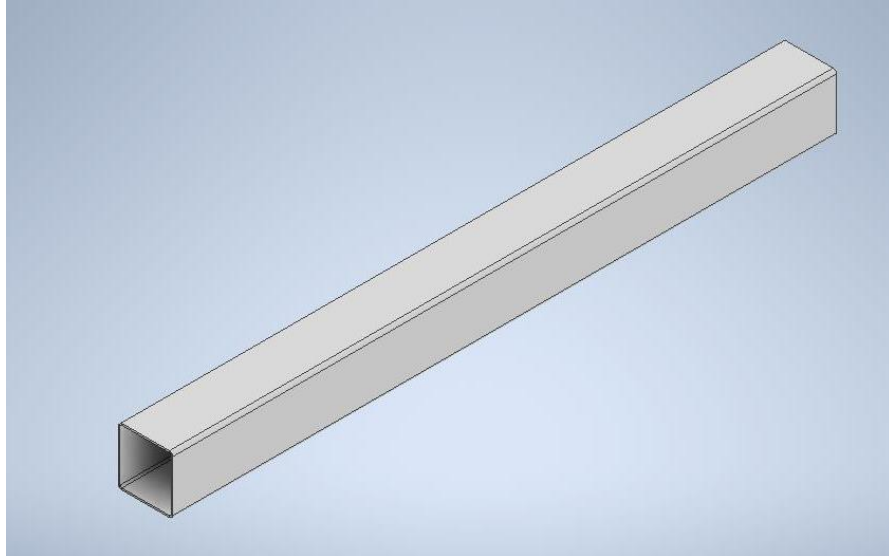
Los resultados obtenidos en este trabajo muestran una solución viable al proceso de diseño del techo móvil para invernaderos de cultivos rurales, tal como se ilustra en la Figura 8. Se han identificado los requisitos necesarios y las oportunidades para la construcción del modelo presentado, mostrando su eficiencia y su capacidad para adaptarse a cualquier zona donde se cultiven frutas, verduras o flores. En el diseño, se puede observar que las vigas de acero laminado, como se muestra en la Figura 10, forman la estructura que soporta el techo corredizo y tienen las mismas dimensiones que las columnas, representadas en la Figura 9. Además, en la parte superior de esta estructura se encuentran dos rieles de aluminio, como se muestra en la Figura 11, que funcionan como guía para el desplazamiento y el movimiento del techo corredizo. Las tejas de material de policarbonato se encuentran sobre el techo y permiten controlar la entrada de elementos fundamentales para los sembrados, como el sol, el agua y el viento, ver Figura 12 y 13. Para que el techo sea corredizo, se ha incorporado un motor de cremallera, como se muestra en la Figura 14. En caso de que no haya energía en algún momento, se puede correr manualmente.



*Figura 8. Diseño de techo móvil. (Fuente propia)*



*Figura 9. Columna vertical. (Fuente propia)*



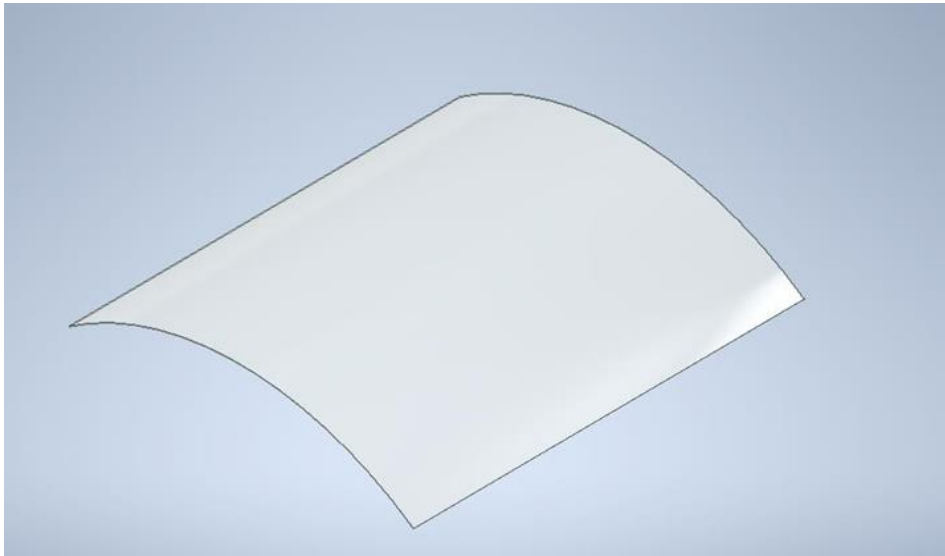
*Figura 10. Viga horizontal. (Fuente propia)*



*Figura 11. Rieles generadores de movimiento. (Fuente propia)*



*Figura 12. Soporte de techo. (Fuente propia)*



*Figura 13. Techo de policarbonato. (Fuente propia)*



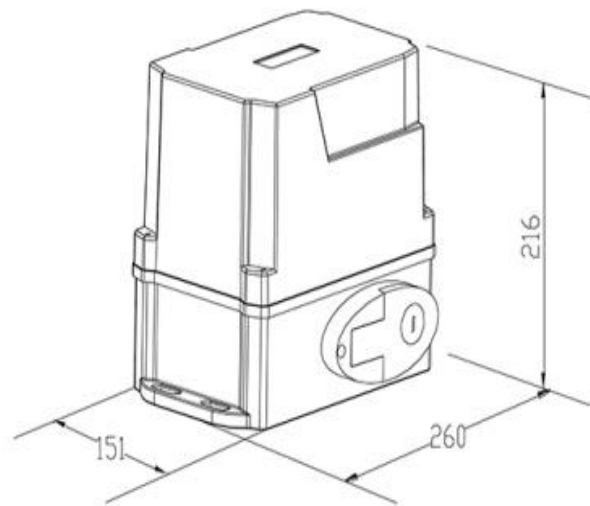
En la Tabla 2. Se describen los materiales seleccionados para adaptarse al diseño del invernadero, los cuales se eligieron por su calidad y precio accesible en el mercado. Las columnas y vigas están hechas de acero laminado, un material resistente que puede soportar grandes pesos y brinda una gran resistencia al diseño. Los soportes del techo están hechos de acero inoxidable, un material liviano y fácil de manejar que es resistente a cualquier tipo de ambiente. Para el techo se optó por utilizar policarbonato compacto, que es fácil de manejar, liviano y tiene características especiales para resistir a la intemperie, como la absorción de la radiación ultravioleta. Este material tiene una vida útil de hasta 25 años con buen uso. Para el sistema de apertura y cierre del techo se utilizará un motor de cremallera especial que funciona mediante el desplazamiento de los rieles gracias a la acción de la cremallera. El mantenimiento del motor es sencillo, ya que debido a su diseño no requiere lubricación constante.

**Tabla 1. Materiales y precios.**

Descripción	Material	Precio Peso Colombiano
Columna	Acero laminado	4.500-5.000 (Por Kg)
Viga	Acero laminado	4.500-5.000 (Por Kg)
Soporte de techo	Acero Inoxidable	7.800-8.000 (Por Kg)
Techo	Policarbonato	116.000 (Por m <sup>2</sup> )
Rieles	Aluminio	2.800 (Por Kg)
Motor de cremallera		1'600.000

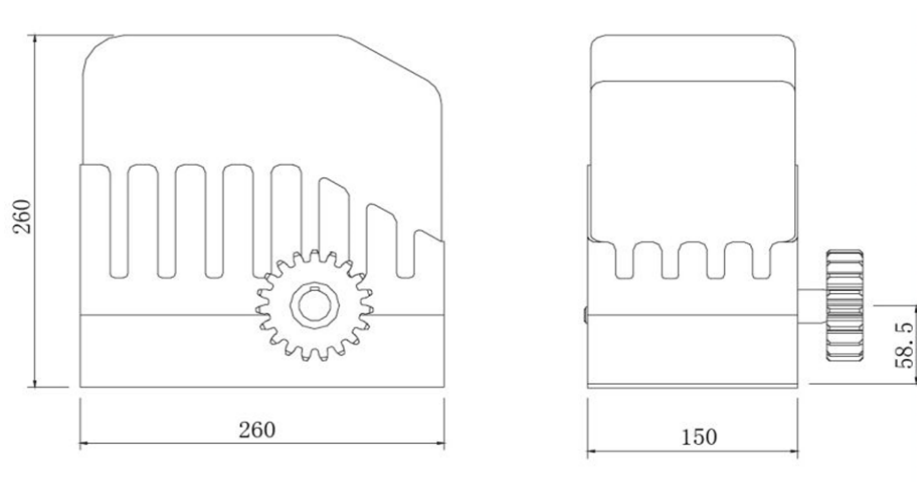
## 5.1. Mecanismo para hacer corredizo el techo.

El mecanismo de la cremallera es un dispositivo mecánico con dos engranajes, llamado "engranaje pequeño" y "cremallera". Convierte el movimiento de rotación en un movimiento lineal y viceversa. El engranaje redondo llamado engranaje de "engranaje pequeño", con una varilla de engranaje, se llama "cremallera", por lo que el giro del engranaje pequeño causará el desplazamiento lineal de la cremallera.



*Figura 14. Motor de cremallera. (Fuente propia)*

La cremallera de un mecanismo es un dispositivo mecánico que, junto con un piñón, convierte el movimiento circular giratorio en movimiento lineal y viceversa. El piñón es el engranaje circular del mecanismo que va acoplado a otro engranaje (la cremallera). Si el piñón gira, provoca un desplazamiento lineal de la cremallera. Si el mecanismo de accionamiento requiere más fuerza, incluya el engranaje intermedio, ver Figura 15.



**Figura 15. Plano de la cremallera. (Fuente propia)**

Datos técnicos principales:

**Tabla 2. Características del motor. (Fuente propia)**

MODELO	FORZA 500 110-220-V AC
VOLTAJE DE ALIMENTACION	AC 110 V. 60HZ
REVOLUCION DEL MOTOR	1400RPM
VELOCIDAD DEL MOVIMIENTO	10M/MIN
CLASE DE PROTECCION	IP 44
RELACION DE REDUCCION	1:28
ENGRANAJE	16 DIENTES
DIASIA OPERATIVA DE CONTROLES	30 M
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	-20°C-+45°C
HUMEDAD RELATIVA	90% (la temperatura más baja es de 40% C)

## 5.2. Sistema de control eléctrico.

Con el fin de lograr un movimiento automatizado en la cubierta corrediza, se ha desarrollado un sistema de control electrónico que se representa en la Figura 16. Este sistema permite el control automático de la parte mecánica del techo. El plano de control eléctrico consta de un botón de apertura y otro de cierre para el techo, así como de un botón de parada de emergencia que permite cerrar el sistema en caso de presentarse algún problema. El circuito está diseñado para detener el motor de cremallera cuando la cremallera alcance el final de su recorrido, ya sea al accionar el botón de apertura o el de cierre. De esta manera, se asegura que la cubierta no se abra o cierre más

allá de lo necesario.

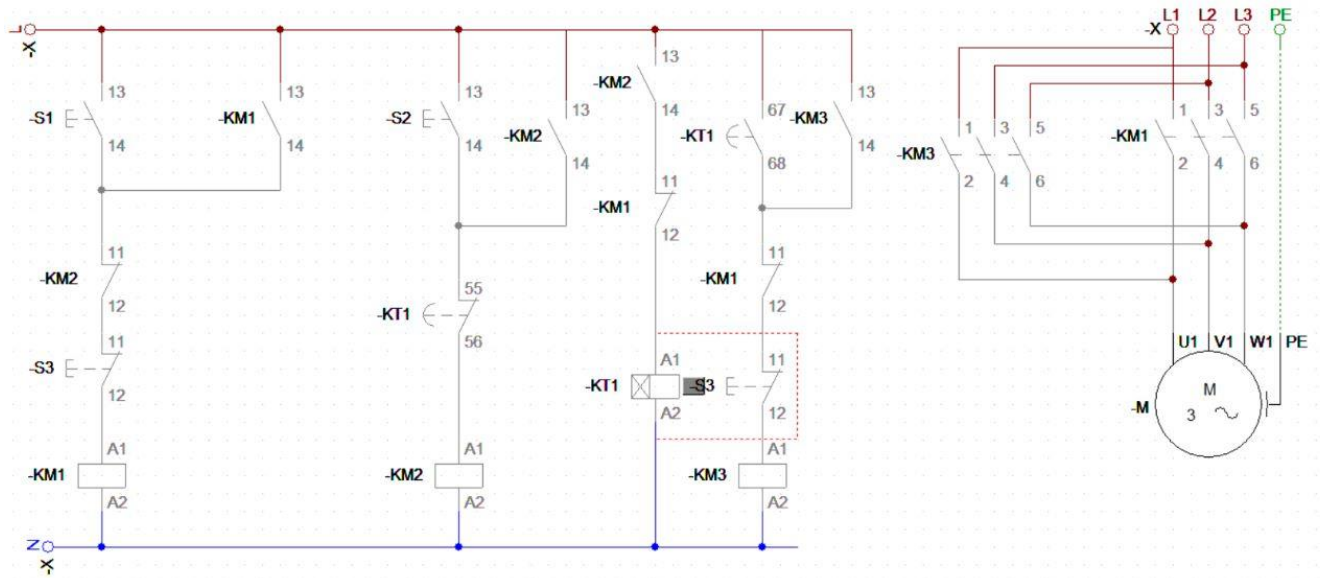


Figura 16. Plano de control y potencia. (Fuente propia)

## **Conclusiones.**

En el presente trabajo se logra identificar las oportunidades para realizar modelos de construcción de techos móviles y se evidencia la importancia de implementar las últimas tecnologías en techos utilizados en invernaderos; esto ha brindado un aporte significativo al sector agrícola. Gracias a estas innovaciones y de los diferentes tipos de techos corredizos se ha logrado aumentar la producción de hortalizas, flores y frutas, permitiendo su reproducción en cualquier época del año y mejorando la disponibilidad y comercialización del producto; estos techos corredizos se posicionan en el mercado por realizarse con materiales muy conocidos, excelente calidad y que presentan unos costos asequibles en su construcción.

En esta investigación se logra evidenciar que las alternativas que hay para la fabricación de estos techos son variadas y además se implementa según sus necesidades, es decir desde los lugares (terreno, clima) y tipo de sembrado que se vaya a cultivar, es necesario realizar estudios para construir el techo adecuado para las necesidades del espacio.

Finalmente, es de suma importancia desarrollar un prototipo de diseño de techo corredizo para generar ideas y satisfacer las necesidades del espacio que requiere intervención. Este prototipo permitirá determinar los materiales de construcción más adecuados, que sean funcionales para los cultivos que estarán en el área. Es destacable resaltar que estas construcciones son amigables con el medio ambiente, ya que aprovechan la reutilización de los recursos hídricos y la luz natural.

## Bibliografía

- García, H., & Calderón, L. (2012). Evaluación de la política de Biocombustibles en Colombia.
- Aguado da Costa, J. (2012). Desarrollo de un sistema automatizado para un invernadero.
- Alpi, A., & Tognoni, F. (1991). Cultivo en invernadero. Ediciones Mundi-Prensa. C, R. Rica, C. (2013). Info Agro.
- Castilla, N. &. (2007). Invernaderos de plástico, Tecnología y manejo.
- Cedait. (diciembre de 2020). La tecnología para invernaderos las flores.
- Espí, E. (2012). Materiales de cubierta para invernaderos. Cuadernos de estudios agroalimentarios, 3, 71-88.
- Serrano Cermeño, Z. (2005). Construcción de invernaderos. Ediciones Mundi-Prensa.
- GROUP, A. (2023). *AM GROUP*. Obtenido de <https://www.aristegui.info/que-termoplastico-elegir-para-la-construccion-de-un-invernadero/>
- Capcha Mamani, E. N., & Torrez Soria, J. Automatización de un invernadero (Doctoral dissertation).
- Hernández, J. L., & Parra, J. P. (2006). Evolución de las estructuras de invernadero. Praticultura: Revue du CIPA= Journal of CIPA, 125, 8-17.
- Inveurop. (2019). *INVEUROP CONTROLLING THE CLIMATE*. Obtenido de <https://inveurop.com/es/tipos-de-cubiertas-para-invernaderos/>
- Perez Parra, J. &. (2008). Tecnología de los invernaderos mediterráneos: evolución de la tecnología de los invernaderos de bajo consumo energético de Almería.

Peter, V. W. (2005) Banquetas Móviles: una revolución en el invernadero.

Rufepa. (2023). *Invernadero llave en mano*. Obtenido de <https://www.rufepa.com/invernadero/familia-productos/1/invernaderos/14/invernaderos-de-cristal/87/invernadero-de-cristal-tipo-venlo.html>