

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONOMICA DE UN LABORATORIO
DE OPTIMIZACIÓN DE VARIABLES AGROINDUSTRIALES (LOVA)

JEFERSON MARÍN MEDINA

MARÍA ALEJANDRA GARCÍA MORENO

FUNDACION UNIVERSITARIA LUMEN GENTIUM

FACULTAD DE CIENCAS BÁSICAS E INGENIRIA

PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

SANTIAGO DE CALI

2022

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONOMICA DE UN LABORATORIO
DE OPTIMIZACIÓN DE VARIABLES AGROINDUSTRIALES (LOVA)

JEFERSON MARÍN MEDINA

MARÍA ALEJANDRA GARCÍA MORENO

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero industrial

Director

CARLOS WILLIAM SANCHEZ

FUNDACION UNIVERSITARIA LUMEN GENTIUM

FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS E INGENIERIA

PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

SANTIAGO DE CALI

2022

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Fundación Universitaria Lumen Gentium para optar al título de:

Jurado

Jurado

Santiago de Cali, 30 de noviembre de 2022.

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre Andrea del Pilar Moreno, quien con su amor y dedicación me enseñó el valor de todos los sucesos en la vida, tanto buenos como malos y como siempre lo hacía, brindaba su mejor sonrisa ante cualquier adversidad. Su sabiduría para hablar y actuar me motiva cada día a mejorar y cumplir con mis sueños.

El ejemplo que me brindo durante sus mejores años de vida es mi mayor tesoro.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme tener a quienes me rodean ya que gracias a ellos soy la persona que me he formado hasta el momento y he cumplido parte de mis metas profesionales. Todo el trabajo realizado fue posible gracias a los docentes de UNICATÓLICA y demás personal que con paciencia y dedicación me dieron las bases para iniciar mi vida laboral, gracias por su tiempo invertido, trabajos realizados en conjunto y así mismo historias compartidas.

CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	13
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	17
■ 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA	21
1.2 SISTEMATIZACIÓN	21
■ 2. JUSTIFICACIÓN	22
2.1 JUSTIFICACIÓN	22
2.2 ALCANCE	23
2.3 LIMITACIONES	23
2.4 IMPACTO SOCIAL	24
2.5 IMPACTO AMBIENTAL	24
2.6 IMPACTO ECONÓMICO	24
■ 3. OBJETIVOS	25
3.1 GENERAL	25

3.2 ESPECIFICOS	25
■ 4. ESTADO DEL ARTE	26
■ 5. MARCO REFERENCIAL	29
5.1 MARCO TEÓRICO	29
5.1.1 Estudio De Factibilidad	29
5.1.2 Optimización Agroindustrial	33
5.2 MARCO CONTEXTUAL	35
5.2.1 Reseña Histórica	36
5.2.2 Plataforma Estratégica	37
5.2.3 Localización	38
5.3 MARCO CONCEPTUAL	39
5.3.1 Cultivos Hidropónicos	39
5.3.2 Estructura Del Laboratorio	42
■ 6. METODOLOGÍA	44
6.1 TIPO DE ESTUDIO	44
6.2 METODO DE INVESTIGACIÓN	45
6.3 FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN	46

■ 7. RESULTADOS	47
7.1 ANALISIS DE REQUERIMIENTOS	47
7.1.1 Requerimientos Académicos	47
7.2 DISEÑO Y EVALUACION TECNICA	50
7.2.1 Justificación del diseño	50
7.2.2 Requerimientos del diseño	59
7.2.3 Propuesta de diseño	65
7.3 FACTIBILIDAD ECONOMICA	85
7.3.1 Justificación económica	85
7.3.2 Desarrollo de propuesta económica LOVA	86
7.3.3 Análisis de alternativas en el mercado	95
■ 8. CONCLUSIONES	98
■ 9. RECOMENDACIONES	100
■ 10. REFERENCIAS	102
ANEXOS	108

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Diagrama causa-efecto.....	21
Figura 2 Ciclo de vida del proyecto.....	30
Figura 3 Propuesta de localización del proyecto.....	38
Figura 4: Distribución de marco conceptual.....	39
Figura 5 Técnica hidropónicas.....	40
Figura 6 Domo geodésico.....	52
Figura 7 Domo geodésico como invernadero.....	53
Figura 8 BOM de la propuesta LOVA.....	64
Figura 9 Soporte del sistema.....	71
Figura 10 Canaletas del sistema.....	72
Figura 11 Propuesta del sistema.....	73
Figura 12 Propuesta del sistema con bombas.....	74
Figura 13 Propuesta del sistema.....	74
Figura 14 Bpmn del laboratorio propuesto.....	84

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Tipo de sistemas hidropónicos.....	41
Tabla 2 Tipos de invernadero	42
Tabla 3 Competencias requeridas	48
Tabla 4 Tipos de conexiones para domo geodésico.....	54
Tabla 5 Tipos de frecuencias en domo geodésicos	56
Tabla 6 Clasificación de hortalizas.....	58
Tabla 7 Perfil del laboratorista	59
Tabla 8 Requerimientos del sistema hidropónico	60
Tabla 9 Requerimientos del sistema automatizado	61
Tabla 10 Forma del invernadero propuesto	66
Tabla 11 Dimensiones del invernadero propuesto.....	67
Tabla 12 Largueros del domo propuesto	68
Tabla 13 Caras del domo propuesto.....	69
Tabla 14 Vértices del domo propuesto	70
Tabla 15 Composición de solución nutritiva.....	80
Tabla 16 Composición de solución nutritiva para 50 Litros.....	81
Tabla 17 Composición de ppm y pH de la solución	81

Tabla 18 Listado de costos de materiales.....	85
Tabla 19 Inversión del laboratorio propuesto	86
Tabla 20 Costo de producción semestral.....	87
Tabla 21 Costo de personal.....	87
Tabla 22 Ingresos por ventas	88
Tabla 23 Pronostico del IPC	89
Tabla 24 Costo operacional con respecto al IPC.....	89
Tabla 25 Ingresos con respecto al IPC	90
Tabla 26 Flujo de caja neto.....	90
Tabla 27 Factibilidad económica.....	91
Tabla 28 Factibilidad económica – Hipótesis 1	93
Tabla 29 Factibilidad económica – Hipótesis 2.....	94
Tabla 30 Costo de laboratorio lego WeDo2.0	96
Tabla 31 Costo de laboratorio Flexim	97

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO 1	109
ANEXO 2	112
ANEXO 4	114
ANEXO 5	117

GLOSARIO

CONCENTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN: Hace referencia a la concentración de elementos nutritivos necesarios para el crecimiento de la planta en estado saludable.

CULTIVO HIDROPONÍA: se refiere a él cultivos de plantas mediante una solución acuosa nutritiva.

ELECTRO CONDUCTIVIDAD: es la capacidad que posee el compuesto para conducir electricidad a partir de la cantidad de sales minerales que contempla el líquido.

FACTIBILIDAD TÉCNICA: Hace referencia a la disposición de herramientas, recursos e implementos al igual que habilidades y conocimientos para que el proyecto consiga efectuar las actividades planificadas.

FACTIBILIDAD: Se conoce como factibilidad el grado de disponibilidad de recursos necesarios para la culminación o posibilidad que tienen los objetivos de realizarse. dentro de los alcances (Técnico, operativo, de tiempo, de recursos, jurídico, Político y financiero).

GEODÉSICO: composición esférica a razón de cúpula geodésica a partir de figuras de icosaedro.

GERMINACIÓN: Hace referencia al desarrollo de una semilla, hasta convertirse en una planta no de gran tamaño. La germinación en hidroponía se realiza en espuma agrícola, el desarrollo de la planta se da en agua, hasta que la semilla estalle y se ve la raíz fuera de la espuma agrícola, siempre y cuando la semilla no haya recibido tratamientos químicos.

HORTALIZA: Generaliza los vegetales o plantas comestibles que son fácil de cultivar su división por su composición de carbohidratos es:

Grupo A: absorción inferior 5% - espinaca, lechuga, apio, rábano

Grupo B: entre 5 y 10 % - cebolla, zanahoria, remolacha, guisantes

Grupo C: más del 10% - papa

ICOSAEDRO: Es la composición de un poliedro que se forma a partir de veinte caras, porfiados por su parte en triángulos equiláteros iguales.

NUTRICIÓN: Las plantas comprende tres etapas nutritivas en cultivos hidropónicos en los cuales influyen en la influencia de la sanidad de la planta.

NFT: Hace referencia a un sistema hidropónico de técnica recirculante donde los canales de distribución de la solución nutritiva contemplan una inclinación permitiendo el movimiento del líquido.

PH: hace referencia a el potencial de hidrógeno del líquido, la acidez o alcalinidad de la solución.

SISTEMA: Refiere los depósitos de soluciones nutritivas en la alimentación de las plantas por medio de la película de nutrientes. Los depósitos son efectuados específicamente.

SOLUCIONES NUTRITIVAS: Se refiere a sales minerales disueltas en agua que conforman elementos nutritivos ideales para el crecimiento de las plantas.

TRASPLANTAR: cambiar de recipiente y lugar la planta que se encuentra en un estado de germinación parcial o total.

VIABILIDAD: Se conoce viabilidad como la posibilidad de que el proyecto se mantenga en el tiempo siendo así útil y rentable para la institución que lo implemente.

RESUMEN

A través de los tiempos, se han usado diferentes tipos de técnicas agrícolas, para así aprovechar al máximo los recursos naturales empleados para obtener una mayor productividad. Una de las técnicas que se han usado desde el año 600 a. e. c. es la hidroponía, definiéndose como aquella que consiste en un conjunto de técnicas que permiten el cultivo de plantas en medios libres de suelo, esta técnica emplea espacios no convencionales para la cosecha. En este trabajo se realizó un estudio de factibilidad para UNICATÓLICA para el desarrollo de un laboratorio de uso académico basado en estas tecnologías con el fin de complementar la formación de los estudiantes de ingeniería industrial y tecnologías afines. El laboratorio estaría enfocado en brindar formación en optimización de variables agrícolas empleadas un cultivo hidropónico cubierto de un diseño estructural que limite el impacto del medio ambiente sobre la siembra y a la vez armonice con el entorno institucional. Para este estudio se empleó una metodología por fases en las cuales se fueron determinando los objetivos en el trabajo. El resultado obtenido es que es factible para la institución la implementación evaluándose no solo lo económico y lo técnico sino la pertinencia formativa e ideológica que el proyecto implica, ya que el factor ecológico es resaltable en este trabajo.

Palabras claves: hidroponía, agrícola, producción, enseñanza, ingeniería industrial.

ABSTRACT

Through the ages, different types of agricultural techniques have been used, in order to make the most of the natural resources used to obtain greater productivity. One of the techniques that have been used since 600 before the common era is hydroponics, defined as one that consists of a set of techniques that allow the cultivation of plants in soil-free media, this technique uses unconventional spaces for harvesting. In this work, a feasibility study was carried out for UNICATÓLICA for the development of a laboratory for academic use based on these technologies in order to complement the training of students of industrial engineering and related technologies. The laboratory would be focused on providing training in optimization of agricultural variables used in hydroponic cultivation covered by a structural design that limits the impact of the environment on planting and at the same time harmonizes with the institutional environment. For this study, a phased methodology was used in which the objectives were determined in the work. The result obtained is that the implementation is feasible for the institution, evaluating not only the economic and technical aspects, but also the educational and ideological relevance that the project implies, since the ecological factor is highlighted in this research.

Palabras claves: hydroponics, agriculture, production, teaching, industrial engineering

INTRODUCCIÓN

Hace varios siglos, se ha usado sistemas de producción agrícola en agua para aprovechar al máximo los recursos obtenidos, obteniendo una mayor productividad dentro de las siembras Aquino (2015). Una de las técnicas que se han usado desde el año 362 a. e. c. es la hidroponía. Según Villar et al (2004) esta puede ser definida como la ciencia del crecimiento de las plantas sin uso de suelo, aunque usando diferente medio inerte, los cuales se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales necesitados por la planta para un crecimiento y desarrollo normal.

Para aumentar la eficiencia de los cultivos hidropónicos, se puede usar técnicas de automatización de manera que se le suministre los nutrientes apropiados a la planta en el momento que esta lo requiera con una escasa supervisión humana, para esta automatización es indispensable desarrollar un control de variables agrícolas en el cultivo, buscando monitorear constantemente el estado del cultivo Burbano Labrador, C. M. (2018).

Otra forma de aumentar la producción de un cultivo es controlar los aspectos ambientales tales como: el nivel de exposición a la luz, el viento y la presencia de plagas, esto se puede establecer mediante la implementación de un invernadero, creando un espacio confinado que aísla el cultivo de los agentes externos Lorenzo, P. (2012). En este trabajo se propone unir estos dos conceptos buscando establecer en un espacio confinado un cultivo hidropónico que le permita a un grupo de estudiantes la producción de una especie agrícola controlando las variables del proceso. Buscando un diseño innovador para el invernadero, de manera que dinamice con la estructura arquitectónica existente universitaria se estableció una estructura geodésica de materiales biodegradables que aportarían a la

infraestructura un elemento de diseño vanguardista y de eco arquitectura como proponen Martínez Trujillo, J. A., et al. (2020).

Para el desarrollo de esta estructura, se escogieron materiales estructurales tradicionales que pueden llegar a ser implementados para la elaboración del domo, teniendo como énfasis la ecología, biología y medio ambiente.

Específicamente este trabajo establece un estudio de factibilidad técnica del diseño de un laboratorio hidropónico dentro de la Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium, UNICATÓLICA que ofrecería a los estudiantes de ingeniería industrial un control automatizado de las variables agrícolas a considerar en el cultivo, a la vez que se propone un diseño estructural que permita disminuir el impacto ambiental. El espacio de formación propuesto se denomina Laboratorio de Variables Agroindustriales (LOVA) en el desarrollo de este documento.

|1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

UNICATÓLICA, es una institución académica de educación superior privada, que cuenta con el apoyo de la arquidiócesis de Cali, para brindar educación de alta calidad a los jóvenes de escasos recursos de la ciudad. En los 25 años de experiencia de UNICATÓLICA donde ha formado profesionales íntegros en su formación humana, económica, social y ambiental. El programa académico de ingeniería industrial nace en la institución con el objetivo de permitirle al estudiante generar capacidades para desarrollar y emprender su sentido humano frente a los diversos campos organizacionales ya sean: públicas o privadas, sociales o de servicios, productivas y comerciales, pertenecientes a diferentes sectores de la economía, que están dispuestas a apostarle a la calidad y la innovación, para ser más competitivas en un mundo globalizado. (UNICATÓLICA, 2017)

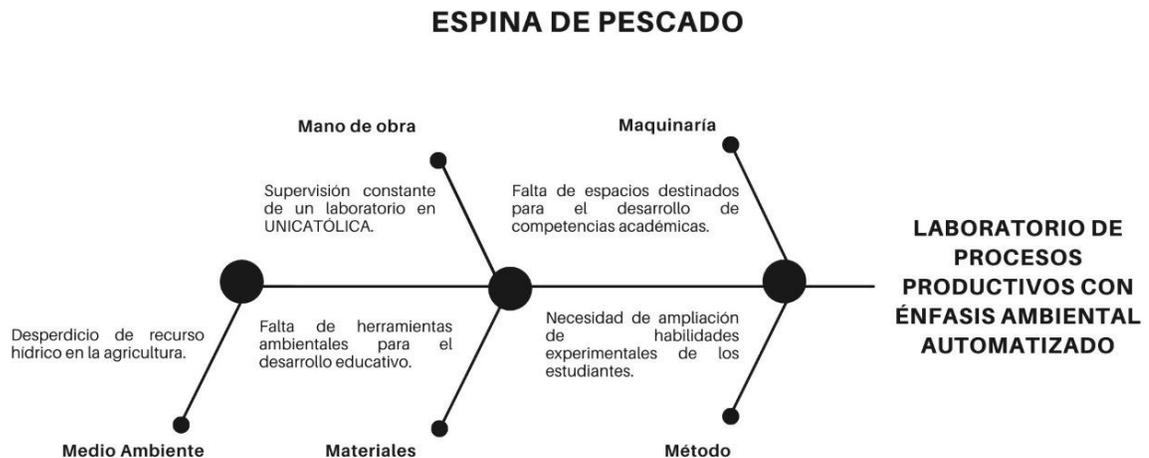
UNICATÓLICA, cuenta con diversos laboratorios como lo son el laboratorio de Ciencias Básicas, el Laboratorio Integrado de Ingeniería Industrial (Lab3i) y el Laboratorio de Desarrollo de Software, los cuales fueron implementados por la institución para ampliar las habilidades analíticas y experimentales de los estudiantes por medio del desarrollo y la observación de actividades prácticas, ejercicios simulados para fortalecer los conocimientos teóricos adquiridos en el aula de clases. Este tipo de espacios, aunque permiten desarrollar competencias en ingenierías muy necesarias para la formación de estudiantes, se requiere un espacio que ofrezca la experiencia inmersiva en un proceso productivo controlado que involucre los aspectos de la producción de forma articulada con la generación de un producto que pueda ser, bajo un contexto, comercializado. Este ejercicio ofrece una experiencia real al estudiante, enfrentándolo a variables presentes en el ámbito de la producción agroindustrial, lo que le brindaría al egresado de UNICATÓLICA una ventaja competitiva. Además, si este espacio fortalece la sensibilidad por el medio ambiente a la vez que permite afianzar los valores

institucionales se abordan varias directrices institucionales, entre las que se tiene la implementación de la carrera de Ingeniería Ambiental en el alma mater. Lo que les permitiría a las carreras de ingeniería de UNICATÓLICA convertirse en una alternativa aún más atractiva en la oferta académica regional.

El establecer un espacio que le permita a la comunidad estudiantil tener un laboratorio con énfasis ambiental en donde su foco sea optimizar procesos agroindustriales, tiene un costo elevado por la infraestructura que implica, de acuerdo con esto, se ha planteado una alternativa que cumpla con el objetivo de implementar un laboratorio de optimización de variables agrícolas, que a su vez sea económica y ágil de establecer dentro de la institución, para esto, se ha estructurado el diseño de un laboratorio de carácter ambiental, en el que se fundamenta la producción de cultivos hidropónicos y en donde los usuarios puedan optimizar variables de tipo agroindustrial como ejercicio formativo. El desarrollo de este laboratorio apoyaría de manera positiva en la formación directa de los estudiantes de ingeniería industrial, debido a que se exploran conocimientos como: optimización de variables, métodos y tiempos, diseños de procesos, seguridad y salud en el trabajo y diseño de planta, entre otros.

Este tipo de iniciativas dentro de la institución educativa le permite contar con un conocimiento que puede aplicarse en comunidades vulnerables aledañas a UNICATÓLICA, a la ciudad y en general a comunidades rurales nacionales, además al tratarse de un laboratorio de producción real en espacios reducidos, este podría fácilmente adaptarse a espacios de producción pequeños en comunidades que requieran ser autosustentables, por otra parte, las comunidades podrían comercializar los productos y en este caso UNICATÓLICA sería la promotora de iniciativas de emprendimiento agroindustrial para la comunidad, esto se alinea con los valores institucionales de UNICATÓLICA en lo referente a la formación humanista dentro de su comunidad educativa.

Figura 1 Diagrama causa-efecto



Fuente Elaboración propia

1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál es la factibilidad técnica y económica de un laboratorio automatizado de cultivos hidropónicos, para UNICATÓLICA el cual permita la optimización de variables agroindustriales?

1.2 SISTEMATIZACIÓN

- ¿Cuáles son los requerimientos para el desarrollo de un cultivo hidropónico a manera de laboratorio?
- ¿Cómo diseñar el sistema hidropónico factible para el desarrollo de un laboratorio de optimización de variables agroindustriales en UNICATÓLICA?
- ¿Cuál es la factibilidad económica de un laboratorio de optimización de variables agroindustriales?

2. JUSTIFICACIÓN

2.1 JUSTIFICACIÓN

UNICATÓLICA busca mejorar continuamente los procesos didácticos y pedagógicos en la enseñanza de la ingeniería industrial, para esto, ha venido implementando laboratorios como: el Laboratorio de Ciencias Básicas y el Laboratorio Integrado de Ingeniería Industrial (Lab3i). Adicionalmente, cuenta con docentes capacitados que comunican de forma asertiva el conocimiento, fomentando así una experiencia cercana a los estudiantes con el sector productivo como propone Villamarín, G. A. F. (2020).

Los laboratorios mencionados, cumplen su objetivo como herramientas didácticas con enfoque en las ciencias básicas e ingeniería, para aportar en la formación de los estudiantes de ingeniería industrial, es por esta razón que se estudia la factibilidad técnica de un laboratorio de carácter ambiental mediante la automatización de cultivos hidropónicos.

La Hidroponía ofrece un método ágil de cultivo, en donde es posible establecer una producción en un tiempo ajustado al desarrollo de un semestre académico, con variables agroindustriales que se pueden controlar, además puede ser desarrollado en espacios reducidos al igual que permite ahorrar entre 50% y 70% de agua, lo cual lo hace un sistema económico en comparación con los cultivos tradicionales. Estos métodos de producción son amigables con el planeta e ideales para combatir la crisis hídrica, lo cual puede usarse también para generar conciencia ambiental en los estudiantes. En este tipo de sistemas se puede trabajar tiempos de producción entre 8 y 16 semanas un periodo apenas justo para el desarrollo de un semestre académico de UNICATÓLICA con una duración de 16 semanas, Abdallah Arrieta, F. & Instituto Nacional de Aprendizaje. (2015)

Debido a la infraestructura institucional el establecer nuevos espacios de aprendizaje se enfrenta a una limitante de espacio, además, para la propuesta de este proyecto se requiere que el espacio sea confinado para evitar el ingreso de agentes externos que afecten el proceso productivo.

Un domo geodésico es una alternativa que permite un espacio confinado y óptimo que establece un microclima favorable para el cultivo que permite monitorearlos y llevar un control de las variables asociadas a su producción, a la vez la propuesta arquitectónica del domo armoniza con la infraestructura universitaria existente como afirma Suárez, & González, (2021)

2.2 ALCANCE

El alcance del presente trabajo implica la propuesta de diseño de un laboratorio cubierto con un domo geodésico y la propuesta de diseño del ciclo formativo correspondiente que puede implementarse en dicho laboratorio, como, por ejemplo, la producción de hortalizas, todo esto acompañado del estudio de factibilidad del proyecto.

2.3 LIMITACIONES

Para el desarrollo de esta propuesta, se requiere de una inversión para materiales y construcción del espacio, así como en la construcción del sistema para la siembra hidropónica y los sistemas de control, además de un compromiso a nivel académico, en el compromiso de ajustar los currículos existentes de asignaturas clave con el potencial ofrecido por el laboratorio propuesto. Por último, se requiere de un compromiso administrativo para que el proyecto disponga de un espacio adecuado y además perdure en el tiempo como un espacio de aprendizaje. Este proyecto busca establecer la pertinencia de la implementación de este proyecto de manera que la institución se motive a asumir la iniciativa del cumplimiento de este.

2.4 IMPACTO SOCIAL

Por parte del impacto social que presenta el trabajo es posible evidenciar que la comunidad educativa se beneficiaría al contar con una herramienta formativa que fortalezca las capacidades desarrolladas durante el periodo académico en los estudiantes. Adicionalmente, se genera una conciencia de alimentación saludable siendo así la base de una adecuada calidad de salud y vida según el planteamiento de Doepking, C. et al (2011).

2.5 IMPACTO AMBIENTAL

Dentro del impacto ambiental se encuentra el desarrollar un método de bajo impacto ambiental en la agricultura, disminuyendo así el uso de nutrientes artificiales que estimulan el crecimiento de un cultivo mediante el uso de la hidroponía basándose en el planteamiento de Tenería, M. (2016) en la educación ambiental para la generación de responsabilidad ante los problemas ambientales presentes.

2.6 IMPACTO ECONÓMICO

Este proyecto influye en el desarrollo económico de la universidad generando una retribución frente a la inversión inicial generada permitiendo así una rentabilidad del proyecto al igual que ofrece alternativas de cultivo a menor costo que permite a los estudiantes fortalecer conceptos de finanzas y marketing mediante la venta de la producción.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Determinar la factibilidad técnica y económica de un laboratorio automatizado de cultivos hidropónicos, para UNICATÓLICA el cual permita la optimización de variables agroindustriales.

3.2 ESPECIFICOS

- Establecer el análisis de requerimientos para el desarrollo de un cultivo hidropónico a manera de laboratorio.
- Proponer el diseño de un laboratorio de optimización de variables agroindustriales que sea factible para desarrollar en UNICATÓLICA.
- Evaluar la factibilidad económica del laboratorio de optimización de variables agroindustriales factibles de desarrollar en UNICATÓLICA.

4. ESTADO DEL ARTE

Ortega González R. (2017), en su investigación titulada “Acuaponía Amazonia”, se centra en implementar las mejores técnicas y tecnologías agronómicas de fácil aplicación para el agro colombiano, para generar dentro de la producción agrícola una mayor producción y un mejor rendimiento a causa del buen uso de los recursos naturales aprovechándose al máximo.

Adicionalmente integra dos formas de cultivos tradicionales, los sistemas hidropónicos y los sistemas acuapónicos en un solo proceso obteniendo como resultado mejores rendimientos por área brindando calidad a su producto. Este trabajo brinda la posibilidad de conocer las diferencias entre las técnicas de agronomía y las variables involucradas en los cultivos tradicionales como en los hidropónicos, para mejorar la eficiencia del sistema propuesto en este trabajo.

Ponce Gamarra A. et al (2019), en su investigación titulada “Producción Y Comercialización De Hortalizas Con Sistema Hidropónico En Lima Metropolitana”, describe la formación de una empresa con la implementación de un sistema hidropónico para la producción y comercialización de hortalizas y legumbres. El sistema se desarrolló a gran escala, para esto, se generó un proyecto de negocio evaluando todas las variables posibles para su progreso ya que cuenta con una alta calidad comercial.

Como resultado, obtuvo que el sistema con mayor ahorro y productividad fue el sistema de la técnica de la película de nutriente conocido como NFT (por las siglas en inglés de Nutrient Film Technique), ahorrando un 80% del agua a diferencia de otros sistemas hidropónicos. Una similitud con este trabajo son las variables a tener en cuenta para dar cumplimiento con la factibilidad técnica planteada, hacer una comparación entre los sistemas hidropónicos existentes, analizando la

productividad y el ahorro de cada uno como proponen Terceros, M. J., & Villacorta, W. B. (2019)

En el trabajo de Cabal Pérez V., Herrera Álzate A (2020), titulado “Sistemas Hidropónicos Adecuados Para La Producción Urbana De Alimentos En Áreas Marginales De Cali”, se exploran los tipos de sistemas de cultivos hidropónicos que existen y cómo se puede usar a gran escala, especialmente en sectores marginales de la ciudad de Cali donde hay reducción de espacios y no hay suelo, favoreciendo así a la población vulnerable de la ciudad. De esta manera el proyecto plantea los sistemas hidropónicos como una alternativa de producción alimenticia para estas comunidades mientras se fomenta la integración social, y la generación de ingresos adicionales dentro de la economía del hogar.

Este trabajo sirve como referente teórico ya que busca brindar al distrito de Aguablanca un sistema de producción urbana de alimentos por medio de componentes de alta disponibilidad y a un bajo costo, brindando un seguimiento frente a la respuesta de la comunidad implicada.

Vaca Lozano Z. Vaca Lozano A. (2017), en su proyecto aplicado “Diseño e implementación de un sistema automatizado para invernaderos hidropónicos”, propone el desarrollo de un sistema con soporte tecnológico digital automatizada, agrupando de esta manera conceptos de ingeniería electrónica, con conceptos de agronomía. Para el desarrollo del proyecto se usó Arduino¹, el cual tiene un fácil manejo para su programación, con el objetivo de monitorear y poder controlar las variables de humedad, luminosidad, temperatura, CO₂ y pH.

¹ Arduino es una marca registrada de Arduino organization.

los trabajos abordados, se convierten en proyectos bastante innovadores en el sector agrícola ya que se tiene en cuenta las condiciones que requiere la planta para un desarrollo adecuado, mejorando sustancialmente la calidad del producto frente a los invernaderos tradicionales. Con este último trabajo abordado, se demuestra que, con la aplicación de la ingeniería electrónica, es posible construir sistemas automatizados capaces de controlar diferentes variables a bajos costos y con resultados que fundamenta la innovación de nuevas propuestas de agricultura.

En relación con el tema de esta investigación, los antecedentes escogidos dan a conocer los aspectos con mayor relevancia, como lo son; el uso de cultivos hidropónicos como beneficio social, las técnicas de hidroponía con mayor rendimiento, las variables ambientales en los invernaderos y la automatización como mejora de la producción, ya que los sistemas hidropónicos son una alternativa económica para reducir altos costos dentro de la agronomía colombiana.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO TEÓRICO

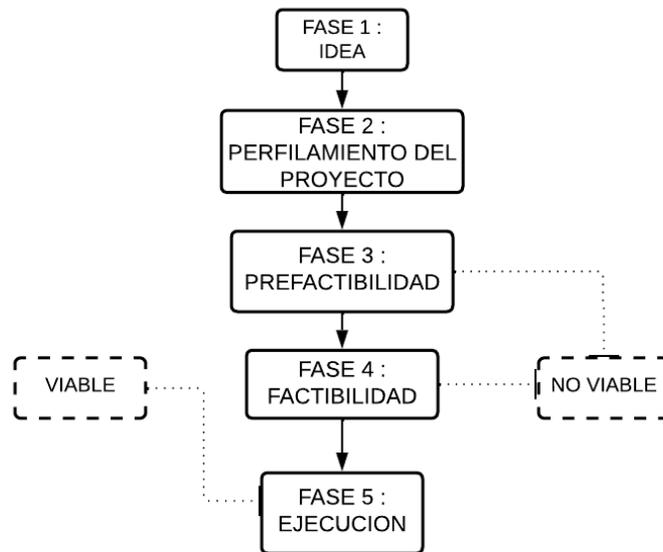
El presente trabajo analiza la factibilidad técnica y económica de la implementación de un laboratorio de cultivos hidropónicos que busca ser una herramienta académica para la materia de ingeniería de métodos de Unicatólica, el cual este automatizado ayudando a optimizar las variables agroindustriales del cultivo permitiendo mejorar el desarrollo del proceso de la agricultura y el desarrollo de los estudiantes. para hacerlo en este capítulo se muestra los lineamientos necesarios que basan la temática del proyecto con el objetivo de contextualizar el tema abordado y la descripción detallada del proyecto.

5.1.1 Estudio De Factibilidad

El estudio de factibilidad es una herramienta que se emplea para la toma de decisiones en la evaluación de un proyecto, es una guía del ciclo de vida del proyecto en el cual se determinan los alcances técnicos, económicos y operativos para la ejecución del mismo.

Las etapas del ciclo de vida de un proyecto corresponden a las fases que argumentan las decisiones que se llevan a cabo en el proyecto como se ilustra en la figura 1.

Figura 2 Ciclo de vida del proyecto



Fuente: Elaboración propia según Aguilar Ocampo, J. F., & Galeano Monsalve, C. (2018)

La información reunida de las fases del estudio de factibilidad es de utilidad para la evaluación del riesgo del desarrollo del proyecto, debido a que se contemplan las variables que lo caracterizan, las cuales son:

- Definición de los objetivos según el alcance que se pretenda obtener
- Definición de la inversión económica, operativa de recursos en la ejecución del proyecto, definiendo la forma de financiación
- Evaluación de los argumentos recopilados para la toma de decisiones

Según Aguilar Ocampo, & Galeano Monsalve. (2018), define la factibilidad como un estudio sistemático que sirve para mitigar el riesgo y la incertidumbre de un proyecto

facilitando la toma de decisiones para el inicio de operación del mismo, basándose en herramientas como: la recolección de datos, análisis de la competencia y del mercado, análisis económico y financiero de un proyecto.

5.1.1.1 Estudio Técnico

Cadena María P. (2017) comenta en su trabajo de grado que, por parte del estudio técnico, se indica todos los factores que se tendrán en cuenta para que un proyecto de producción de fresas hidropónicas sea productivo y rentable, mostrando así la construcción del invernadero, del sistema NFT (Nutrient Film Technique), los cuidados y recomendaciones de los insumos y materiales y el manejo agronómico para el proceso productivo. Mediante el estudio técnico es posible analizar aquellas diversas opciones requeridas para el proyecto o trabajo a generar, verificando así la factibilidad de este.

Los componentes de los recursos a emplear en un proyecto, determinan los requerimientos de recursos físicos, humanos, financieros y económicos del mismos, los cuales se clasifican para la cuantificación en lo destinado a la ejecución del proyecto.

5.1.1.2 Estudio Económico

Según Ruiz, C. (2017) el estudio económico y financiero de un proyecto se refiere a diferentes conceptos, sin embargo, es un proceso que busca la obtención de la mejor alternativa utilizando criterios universales; es decir, la evaluación la cual implica asignar a un proyecto un determinado valor. Dicho de otra manera, se trata de comparar los flujos positivos (ingresos) con flujos negativos (costos) que genera

el proyecto a través de su vida útil, con el propósito de asignar óptimamente los recursos financieros

Adicionalmente este estudio tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo al igual que los costos totales y la inversión inicial en la que se va a incurrir. Es aquí donde se busca determinar cuál es el monto total que se necesitará para que la ejecución del proyecto se la realice sin ningún problema empleando los tasas de descuento como el costo de oportunidad.

5.1.1.3 Valor presente neto (VPN)

Benavides, J., et al (2017) define el valor presente neto (VPN) como la suma del valor inicial de la inversión y los flujos positivos y negativos que ocurran en un periodo determinado del proyecto. Según sea positivo o negativo, determinara el valor en pérdida o ganancias del proyecto.

Para calcular el valor presente neto se expresa la siguiente ecuación

$$VPN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{CN}{(1 + i^o)^t}$$

Donde:

I: inversión inicial

CN: Flujo de caja neto en un periodo de tiempo (Positivos o negativos)

i^o : Costo de oportunidad

Los criterios de decisión del VPN según Benavides son:

Si $VPN > 0$ – se acepta proyecto

Si $VPN < 0$ – se rechaza proyecto

Si $VPN = 0$ – equilibrio de ingresos y egresos sin generar riquezas

5.1.1.4 Tasa interna de retorno (TIR)

Benavides, J., et al (2017) define la tasa interna de retorno como la tasa que mida la rentabilidad de dinero que permanecen invertidos en un proyecto, esta es generada implícitamente por los flujos de caja del proyecto, siendo el descuento necesario para que el VPN sea igual a 0. Si VPN es 0, genera que la TIR sea 0

Los criterios de decisión de la TIR según Benavides son:

$TIR >$ Costo de oportunidad, se acepta el proyecto; cumple con la tasa esperada de ganancias.

$TIR <$ Costo de oportunidad, se rechaza oportunidad; no cumple con la tasa esperada de ganancias.

5.1.2 Optimización Agroindustrial

Vargas corredor et al (2018) define la agroindustria como una actividad económica que integra el proceso de productivo agrícola con la industrial para la obtención de alimentos o materias primas destinadas al mercado. De esta forma la agroindustria

comprende los conjuntos de la industria manufacturera que suministra su producción de la materia prima proveniente de la agricultura.

5.1.2.1 Optimización De Cultivos

En su trabajo, Cruz Sánchez, M. C. (2015), hace referencia que en la actualidad el desafío es ser cada vez más eficientes y dinámicos, lo cual ha llevado a desarrollar nuevos sistemas de producción, se puede decir que la hidroponía podría cerrar la brecha entre la producción de alimentos y el crecimiento poblacional, considerando las ventajas de estos sistemas de cultivo, como el aprovechamiento de terrenos no adecuados para la agricultura tradicional, la hidroponía tiene la ventaja del aprovechamiento de espacios pequeños e incremento de la calidad en un ambiente cerrado y libre de plagas.

El uso de las tecnologías que automatizan los sistemas da paso a optimizar al máximo los recursos que se involucran como lo pueden ser la energía, los nutrientes y el espacio, que están inmersos en el sistema de producción hidropónica.

5.1.2.2 Producción Limpia

En el trabajo de López Gonzales F. et al (2015) se describe que mediante la hidroponía es posible tener una producción limpia sin la necesidad de hacer uso de suelo en un entorno urbano ya que se ha demostrado que es una opción ambiental que aporta a un aprovechamiento completo del uso del agua y la luz solar, adicionalmente este método brinda a gran escala, una mejora en la calidad del aire que se respira.

5.1.2.3 Cultivos Sostenibles

En el trabajo de Olivares, B. O., & Hernández, R. A. (2019) se tratan aspectos como la degradación del suelo y la escasez del agua que son causantes de la disminución de la productividad y así mismo genera la pérdida de la fertilidad del suelo, restringiendo el rendimiento de los cultivos y la cantidad de alimentos demandados por la sociedad, afectando así, la sostenibilidad de los cultivos los cuales buscan perdurar en el tiempo ya que por medio de esto se busca resistir y soportar las adversidades que se lleguen a presentar.

5.1.2.4 Agricultura Orgánica

El International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM, 2008a), define la agricultura orgánica como los principios de salud, ecología, equidad y precaución sobre los cultivos orgánicos de un sistema agrícola, el cual promueve una producción sana y segura bajo las buenas prácticas agrícolas que protegen el medio ambiente. Por otro lado, Red Políticas Públicas en América Latina y el Caribe (PP-AL) (2017), menciona que la agricultura orgánica en sus raíces promueve una visión compleja y entra en el sistema “natural”, en particular la preservación de los suelos.

5.2 MARCO CONTEXTUAL

Para la realización de la reseña histórica, se ha tenido en cuenta la información publicada en el plan de desarrollo institucional de la Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium UNICATÓLICA y los recursos de la página web, a razón de conocer su trayectoria hasta la fecha según Gentium, F. U. C. L. (2022).

5.2.1 Reseña Histórica

- a) Biblioteca de la Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium UNICATÓLICA (2020), “Nuestra Institución”.

En 1960 llega a la ciudad de Cali monseñor Isaías Duarte canción a petición del papa pablo VI, en dicho año la ciudad vivió diferentes problemas políticos y situaciones sociales que urgen al país la ayuda de la iglesia católica. Una de las coyunturas sociales era la falta de instituciones de formación profesional para los jóvenes de escasos recursos.

En 1994, monseñor con apoyo de la arquidiócesis de Cali promueven la creación del trabajo entre las parroquias, los colegios y los centros culturales, para brindar educación a los jóvenes de escasos recursos en la ciudad de Cali.

Tras un año de labor en los colegios, la arquidiócesis de Cali propone la creación de una universidad de educación superior, que tuviera una fuerza de trabajo social en la sociedad caleña, enmarcando los valores de la Honestidad, la igualdad el respeto la equidad y la Justicia.

La construcción de la sede universitaria UNICATÓLICA inicia el 23 de septiembre de 1995 y concluye con la inauguración de la misma el 19 de marzo de 1996. Días antes de su inauguración se expide la resolución N° 944, por la cual el Ministerio de Educación Nacional, reconoce la Personería Jurídica a la Fundación Universitaria.

El semestre académico 1996-2 da inicio a la funcionalidad académica de UNICATÓLICA ofertando a los jóvenes de escasos recursos la facultad de educación y derechos humanos, en su única sede ubicada en la zona sur de Cali, Pance en donde colinda con prestigiosas universidades de alta calidad.

5.2.2 Plataforma Estratégica

MISIÓN

“La Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium – UNICATÓLICA, comprometida con los valores cristianos, forma personas de manera integral, reafirmando su dignidad humana en la relación con Dios, consigo mismo, con los demás y con el medio ambiente, a través de la generación y difusión del conocimiento, para contribuir al desarrollo de los pueblos” Gentium, F. U. C. L. (2022)

VISIÓN

“La Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium – UNICATÓLICA – Institución de la Arquidiócesis de Cali, será reconocida por su carácter socialmente incluyente, por la pertinencia y calidad de sus programas y proyectos institucionales, la vocación hacia el servicio social de sus egresados y por la defensa de la dignidad humana y de la paz” Gentium, F. U. C. L. (2022)

VALORES INSTITUCIONALES: Gentium, F. U. C. L. (2022)

- Honestidad
- Igualdad
- Equidad y Justicia
- Respeto

5.2.3 Localización

En la Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium, UNICATOLICA, Cra. 122 no. 12-459 Pance, Cali – Colombia, en una superficie de 10 metros cuadrados que se ubique en una zona cubierta por sombra, para efectos de determinar alternativas de localización del proyecto, se relaciona un espacio factible que posee Unicatólica en la sede Pance y que cumple con las condiciones necesarias como lo es el estar cubierto por sombra de los arboles y disponibilidad de un conducto de agua para alimentar el laboratorio, como se evidencia en la Figura 3

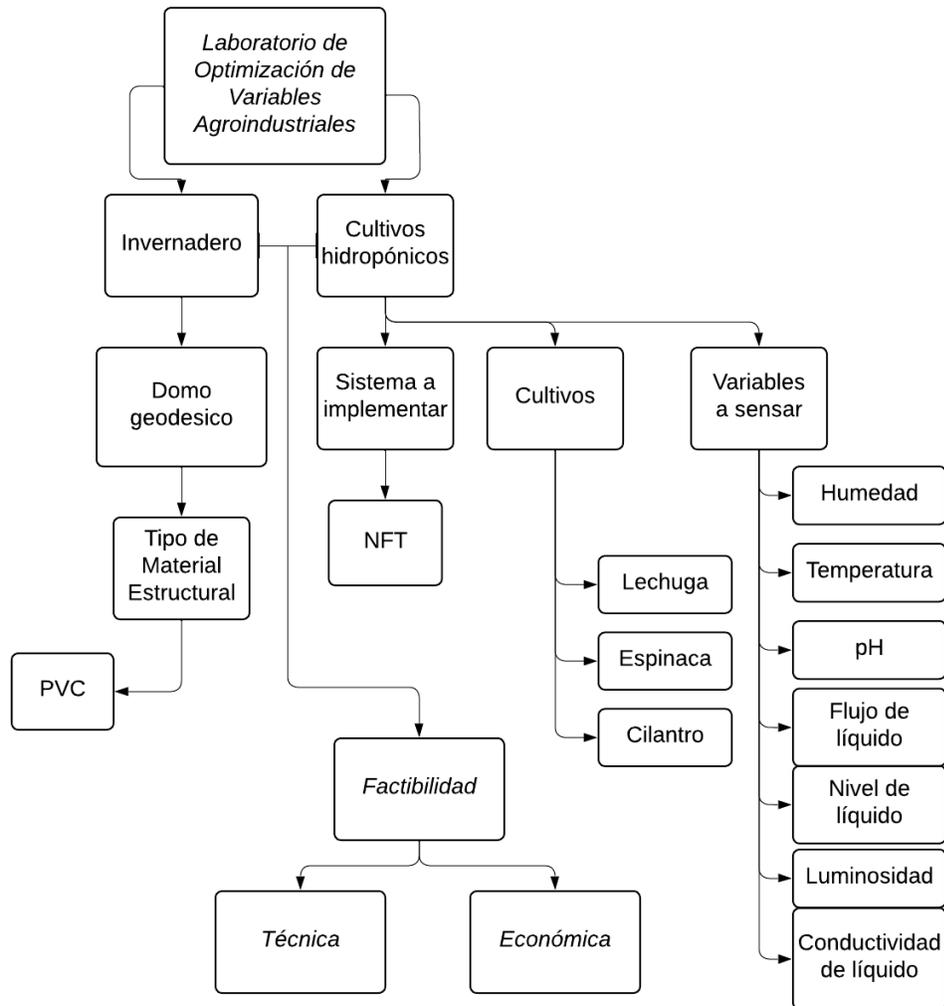
Figura 3 Propuesta de localización del proyecto



Fuente Tomado de (UNICATOLICA,2022)

5.3 MARCO CONCEPTUAL

Figura 4: Distribución de marco conceptual



Fuente: Elaboración propia

5.3.1 Cultivos Hidropónicos

5.3.1.1 Hidroponía

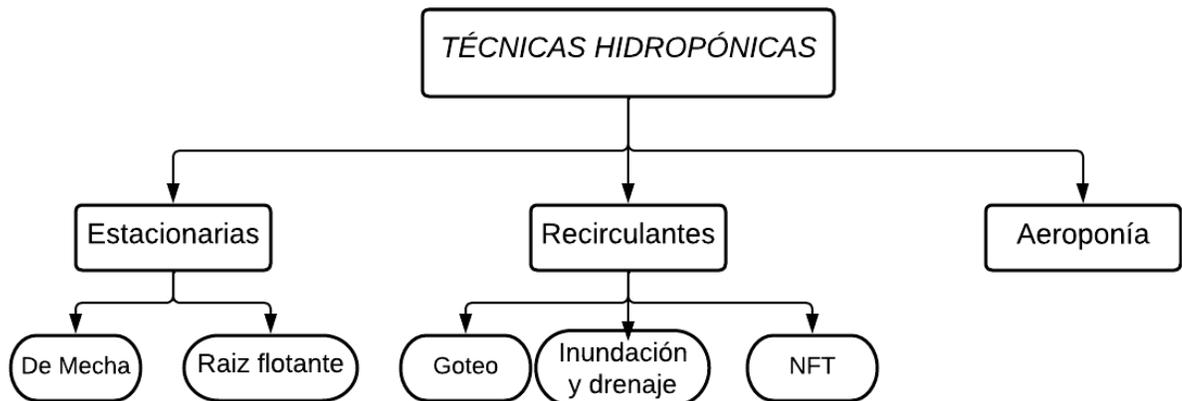
En su trabajo Aquino (2015), nos habla de la etimología del vocablo hidroponía que se deriva del griego hydro = agua y ponos= actividad, en su conjunto, "actividad del

agua”, otro término que toma la hidroponía es como cultivo sin suelo, nutricultura, cultivo artificial o agricultura sin suelo, por otra parte, menciona que sus orígenes datan el siglo XLX e.c. esto derivado de los estudios sobre las vías de absorción de los nutrientes en las plantas. El cultivo hidropónico facilita a través de la absorción de nutrientes presentados directamente a la raíz de la planta como soluciones minerales, producir cultivos en un medio sin suelo, es una técnica de cultivo explorada por el hombre hace bastante tiempo y sobre la cual se han realizado desarrollos tecnológicos significativos. La estructura donde se fija el cultivo puede ser de diversos tipos, catalogados como sistemas hidropónicos y que, al no estar fijos en el suelo, pueden organizarse en cualquier espacio disponible aprovechando al máximo el espacio disponible.

5.3.1.2 Sistemas Hidropónicos

Los sistemas hidropónicos se clasifican de la siguiente manera:

Figura 5 Técnica hidropónicas



Fuente: Elaboración propia según, Coz Gamarra, S. G., Poma Romero, M. S. (2019)

5.3.1.3 Tipos De Sistemas Hidropónicos

En la Tabla 1 se puede consultar los diferentes cultivos hidropónicos existentes en el mercado con subsistemas y especificando la definición de cada uno.

Tabla 1 Tipo de sistemas hidropónicos

<i>Tipos de Sistemas Hidropónicos</i>	<i>Subsistemas Hidropónicos</i>	<i>Definición</i>
Estacionarias	De mecha	Este tipo de sistema hidropónico es presentado como uno de los más sencillos para su uso ya que no necesita de bombas para conducir el agua junto con la solución nutritiva para el cultivo. Por el contrario, aprovecha la labor de la mecha o pabilos para alimentar las raíces de las plantas que requieran poca agua Siñani (2021).
	Raíz flotante	Para llevar a cabo un correcto ciclo productivo por medio de la técnica raíz flotante, se debe de tener en cuenta Pizarro et al (2019):
		<ul style="list-style-type: none"> • La calidad del agua • La aireación y oxigenación aportan al desarrollo de las raíces permitiendo una absorción de nutrientes eficaz. • La solución nutritiva debe de contar con el aporte equilibrado de los nutrientes esenciales. • El buen manejo de las condiciones ambientales y sanitarias del cultivo por medio de un correcto funcionamiento de la ventilación.
Recirculantes	Goteo	Este sistema suministra la solución nutritiva a la siembra mediante unos goteros que cuentan con una cierta distancia para asegurar una correcta distribución de los nutrientes y el agua por todo el cultivo Alveal (2014).
	Inundación y drenaje	Este sistema funciona bajo la metodología de inundación, donde se sumerge la raíz de las plantas temporalmente en solución nutritiva hasta la mitad y posteriormente se drena nuevamente al depósito, este proceso se repite de manera cíclica en los canales de distribución esto permitiendo la oxigenación de la raíz Cabal (2020)
	Técnica de película de nutriente (NFT)	El NFT se basa en el flujo de soluciones nutritivas permanente en pequeñas cantidades a través de caños o tuberías que distribuyen la solución a un tanque de almacenamiento. la solución nutritiva se oxigena y repite el ciclo. Inca (2013)
Aeropónica	Aeropónico	menciona que el cultivo en el aire denominado como “aeroponía” no usa un sustento físico a nivel de raíces: solo se requiere mantener las plantas en forma vertical; de esta manera las raíces quedan al aire, las soluciones nutritivas se aplican mediante pulverizaciones finas Martínez (2013).

Fuente: Elaboración propia

5.3.2 Estructura Del Laboratorio

5.3.2.1 Arquitectura

Según Coz, G., Poma. S. (2019), la arquitectura es definida como la creación de espacios habitables, donde dichos espacios cumplirán una función o en los que se desarrollarán actividades humanas. En ultimas, constituye la formación o integración de partes de un espacio funcional para atender una necesidad humana.

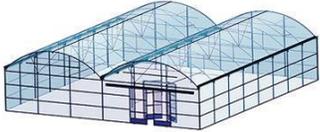
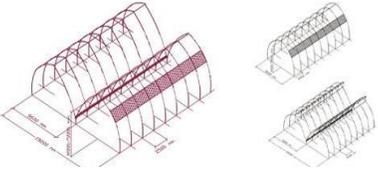
5.3.2.2 Invernadero

Según Velázquez, S., Sánchez, M. (2011), los invernaderos son una construcción agrícola usada para la protección de cultivos y/o plantas que no permiten el paso de la lluvia al interior del mismo ya que tiene el objetivo de reproducir o simular microclimas para el bienestar de un cultivo establecido en su interior. Se entiende entonces que un invernadero es aquel espacio semi cubierto que cumplirá la función de proteger en su interior a un cultivo. Constituido por estructuras firmes cubierta de películas de plástico translucido o específico de invernadero para la protección del cultivo de las condiciones climáticas del exterior.

5.3.2.3 Tipos De Invernaderos

En la Tabla 2 se especifican las características de los diferentes tipos de invernadero estableciendo una descripción de cada uno junto con sus características.

Tabla 2 Tipos de invernadero

Invernadero Tipo Capilla	
Descripción	Características
El invernadero tipo multi-capiilla, forma arcos curvos y su estructura es totalmente metálica sus uniones son grapas, tuercas y tornillos.	Las dimensiones Estándares de este tipo de invernaderos son las siguientes:
Este tipo de invernadero es ideal para clima templado y frío, este invernadero tiene una gran resistencia a fuertes vientos	-Ancho: 8 m - 9.60 m
	-Altura al zenit: 5.80 m - 6.30 m - 6.80 m
	-Separación entre pilares: 5 m (interior) – 2,50 m (exterior)
	<i>Ventajas</i>
	-Pocos obstáculos en su estructura.
	-Buena ventilación.
	-Buena estanqueidad a la lluvia y al aire.
	-Permite la instalación de ventilación cenital, así como ventilación perimetral
	- Buen reparto de la luminosidad en el interior del invernadero.
Invernadero Tipo Tunnel	
Descripción	Características
El invernadero tipo túnel es totalmente curvo, su fijación se da por medio de la curvatura a bases enterradas.	Las dimensiones Estándares de este tipo de invernaderos son las siguientes:
Los materiales de su elaboración es plástico y malla, estos invernaderos son diseñados para cultivos de pequeños tamaños, resulta ser un invernadero económico y de fácil movilidad y traslado.	- Ancho: 8- 9.60 m.
	-Altura al cenit: 4 - 5 m.
	-Distancia entre arcos: 2,50 m. (externas).
	-Bastidores de refuerzo perimetrales.
	<i>Ventajas</i>
	-Se trata de un tipo de invernadero barato y sencillo.
	-Ofrecen una mejor capacidad de control del clima que el invernadero plano.
	-Permite la instalación de sistemas de climatización.
	-Mayor capacidad de estanqueidad que el invernadero plano.
	-Buen reparto de la luminosidad en el interior del invernadero.
	-Montaje rápido y sin soldaduras
Invernadero Tipo Tunnel	
Descripción	Características
Este tipo de invernadero es usado en climas templados, su instalación se hace a baja altura del cultivo, esto para generar una resistencia a los fuertes vientos.	Las dimensiones Estándares de este tipo de invernaderos son las siguientes:
El invernadero malla sombra es considerado el tipo de invernadero que más sombra genera al cultivo, puede ser ubicado en cualquier terreno y maximizarlo, este compuesto de tubos	Ancho: 8- 9.60 -10 m.
	Altura al cenit: 7 m
	Distancia entre arcos: 8 - 9.60 - 10 m. (internos) 5 m. (externos)
	Bastidores de refuerzo perimetrales
	<i>Ventajas</i>
	Se trata del invernadero más barato y sencillo.
	-Gran adaptabilidad a la geometría del terreno.
	-Presenta una gran uniformidad luminosa.
	-Montaje rápido y sin soldaduras.

Fuente: Elaboración propia con datos de novedades agrícolas SAS (NOVAGRIC)

6. METODOLOGÍA

6.1 TIPO DE ESTUDIO

El tipo de estudio desarrollado en la metodología es de carácter Mixto, dado que la investigación cuenta con enfoques cualitativos y cuantitativos para la adaptación del presente trabajo investigativo.

El trabajo investigativo cualitativo se realizó en la recolección de datos y experiencias de docentes y estudiantes dentro de la institución académica, el cual nos brindaron opiniones que fueron compiladas para la toma de decisiones, por parte de la investigación cuantitativa, se obtuvieron los análisis y mediciones que se llevaron a cabo en el manejo y control de las variables ambientales

La presente metodología contempla las fases de investigación, análisis y diseño en donde por cada una de estas se realiza un conjunto de actividades que dan desarrollo a los objetivos planteados con anterioridad. Dentro de la fase de investigación, se realiza una recopilación de información por medio del estado del arte para así permitir una comprensión crítica sobre el tema a estudiar. De allí se continúa a la fase del análisis, en donde se establecen las características en el sistema del cultivo hidropónico, su automatización y las propiedades del domo geodésico, lo cual implica la fase del diseño de la estructura que brindará protección al cultivo conservando a detalle el bienestar de la siembra.

De lo anterior se obtuvo la información suficiente para establecer la factibilidad técnica y económica del proyecto en UNICATÓLICA y los impactos que se llegará a obtener de este si se desarrolla nuestro proyecto en las instalaciones educativas de UNICATOLICA.

6.2 METODO DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la investigación contó con la colaboración y participación de estudiantes y profesores que se encontraban de forma activa en UNICATÓLICA para la recolección de datos. Por parte de los estudiantes, debían de cumplir con los siguientes requisitos para el cumplimiento del objetivo de estudio:

Estudiantes de ingeniería industrial que se encontraran cursando las siguientes materias:

- Termodinámica.
- Procesos industriales 1
- Ingeniería de método
- Electrotecnia
- Procesos industriales 2
- Investigación de operaciones
- Ingeniería de métodos

Por parte de los Profesores, fueron aquellos que enseñan en UNICATÓLICA las materias antes mencionadas.

6.3 FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN

En la elaboración del trabajo investigativo se utilizaron las siguientes herramientas e instrumentos que ayudaron en la toma de decisiones.

- Formularios.
- Diagramas de Pareto.
- Diagrama de Dispersión.

7. RESULTADOS

7.1 ANALISIS DE REQUERIMIENTOS

Para llevar a cabo el desarrollo de un cultivo hidropónico a manera de laboratorio, es de suma importancia establecer los requerimientos académicos de UNICATÓLICA, y proponer una alternativa enfocada en los conocimientos, las técnicas y habilidades de este.

7.1.1 Requerimientos Académicos

Conocimientos generales:

- *Materia/curso:* Ingeniería de métodos
- *Descripción:* Este curso tiene como propósito desarrollar conceptos de medición, evaluación y control en un contexto productivo y de servicios. Alcanzando así competencias profesionales como la observación y el planteamiento de mejoras.
- *Metodología:* Se desarrolla la asignatura de forma teórico/práctico de acuerdo con cuatro (4) dimensiones de herramientas didácticas que son: coincidir, diseñar, implementar y operar. Esto, usando la metodología de estudio de casos en un contexto industrial.
- *Sesiones:* Este curso cuenta con dieciséis (16) semanas.
- *Semestre académico:* V semestre
- *Estudiantes por el curso:* 40 estudiantes
- *Resultados:* El estudiante desarrollará la capacidad de identificar los aspectos necesarios a implementar dentro de las mejoras en los métodos, herramientas y prácticas en un contexto industrial.

7.1.1.1 Competencias requeridas

Tabla 3 Competencias requeridas

COMPETENCIAS REQUERIDAS

SEMANA N°	EJES TEMATICOS	SEMANA N°	EJES TEMATICOS	SEMANA N°	EJES TEMATICOS
1	Ingeniería de Metodos	5	Medios gráficos para el analista de métodos	10	Muestreo de trabajo
	Enfoque histórico		Enfoque a tener en cuenta en el análisis de métodos	11	SEGUNDA EVALUACION PARCIAL
	Definición e importancia		Principio de economía de movimientos	12	Tiempos predeterminados
2	Relación entre el estudio de métodos y la medición del trabajo	6	PRIMERA EVALUACION PARCIAL		Curvas de aprendizaje
	Concepto de productividad			Utilidad de los estándares de tiempo	
3	La empresa dentro del sistema económico	7	Búsqueda de alternativas	13	Estandares de tiempos
	La empresa como sistema abierto		Evaluación de alternativas y selección de la solución		Determinación de estándares de Tiempos
	La selección y diseño del proceso		Análisis ocupacional	14	Procesos de generación (Calderas y otros).
	Tipos de procesos	Perfil ocupacional o profesiograma	Combustión y Medio Ambiente Carta sicrométrica		
4	Factores que condicionan el diseño del proceso	8	Diseño de procedimientos	15	Temperatura de bulbo seco, bulbo húmedo y de rocío
	Estrategias de los procesos en las industrias y entidades de servicio		Manual de Procedimientos		Etapas para el estudio de Tiempos
	Formulación y análisis de los problemas de diseño de métodos de trabajo	Procedimiento para mejorar los métodos de la oficina	Calificación del operario		
5	Medios gráficos para el analista de métodos	9	Flujogramas	16	Tablas Wes Enghouse
	Enfoque a tener en cuenta en el análisis de métodos		Concepción y control de formularios		Tolerancias
	Principio de economía de movimientos		Medición del Trabajo	EVALUACION FINAL	
6	PRIMERA EVALUACION PARCIAL	10	Método de parar y observar		
			Registros del método		

Fuente Elaboración propia según información del syllabus ingeniería de métodos UNICATOLICA (2022)

En UNICATÓLICA se requiere un espacio acondicionado de carácter investigativo y con enfoque ambiental, en el que se lleven a cabo prácticas de conceptos relacionados con la evaluación, el control, la productividad, medición y la planeación. Este proyecto presenta una un laboratorio que puede ser utilizado como

herramienta académica y que cumple con los requerimientos anteriormente mencionados, en donde el estudiante, desarrollará fortalecerá las competencias de la tabla 3 con el fin de plantear mejoras en un caso propuesto como lo es la producción de lechugas en un laboratorio de optimización de variables agroindustriales.

7.2 DISEÑO Y EVALUACION TECNICA

7.2.1 Justificación del diseño

Ficha técnica del laboratorio propuesto:

Descripción:

LOVA (laboratorio de optimización de variables agroindustriales) es una herramienta de carácter experimental, la cual busca formar a estudiantes de ingeniería industrial por medio de un caso aplicado de producción de lechuga en sistemas hidropónicos, donde se practican conceptos de la medición, evaluación y el control de la producción en un contexto productivo.

Metodología:

La herramienta se desarrolla en tres etapas, investigativa, preparatoria y efectuada, se ha estipulado una metodología híbrida para trabajar tanto práctico como teórico, siendo un caso muy real en un contexto empresarial.

Tiempo:

LOVA es una herramienta que se puede efectuar en 16 sesiones académicas para la producción de 125 lechugas

Nº de estudiantes:

Al trabajar con 5 máquinas que pueden producir 25 plantas cada una, se propone que el número máximo por ejecución completa del laboratorio sea de 40 estudiantes, para hacer visitas por grupos de 10 en las sesiones de seguimiento y control.

Objetivo:

Desarrollar un caso de producción de una legumbre que permita la formación de estudiantes mediante un ejercicio productivo real, donde se incentive los procesos de optimización de variables.

Materia:

Se propone que esta herramienta sea empleada en la materia de Ingeniería de métodos, debido a su relación en resultados.

La ficha anteriormente presentada propone una herramienta académica oportuna para contribuir con la formación de los estudiantes de ingeniería industrial, el cual también cumple con los requerimientos académicos antes presentados y se fundamenta en las áreas de medición, estandarización y maximización de la producción por medio de una práctica dentro de la institución según nuestro planteamiento donde el estudiante experimenta con las variables de un cultivo hidropónico.

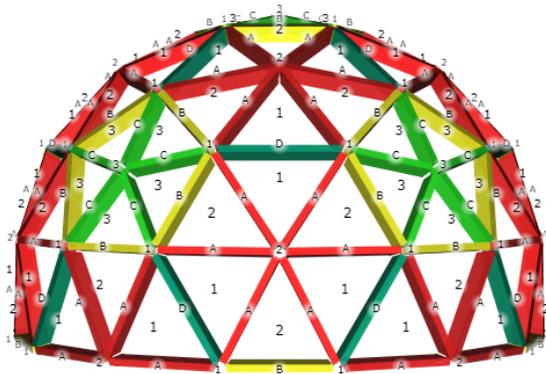
7.2.1.1 Domo Geodésico Como Invernadero

Calluqueo Huenchuman, R. A. (2019) se refiere a un domo geodésico como una parte de una esfera generada a partir de una estructura icosaédrica de un poliedro. El número de aristas formadas del icosaedro se le denominara frecuencia según la

cantidad a utilizar para la construcción de la esfera o cúpula geodésica, estos icosaedros contienen a figuras triangulares en su interior.

De lo anterior podemos decir que es un diseño arquitectónico generado a través de caras que conforman la cúpula por medio de triángulos equiláteros y según la cantidad de ellos se denominara su frecuencia

Figura 6 Domo geodésico



Fuente: Diseñado mediante el sitio web acidome.com

Según el material a utilizar para la construcción de la estructura del domo y las uniones de los vértices estas estructuras pueden ser desmontables o permanentes y sus funciones son variables, puede servir como unidades de vivienda hasta espacios climatizados para aplicaciones como aulas, cubículos, espacios de lectura, lugares de esparcimiento o laboratorios. en este trabajo de grado el domo geodésico se proyecta en una función de invernadero donde se controlarán variables ambientales y de producción en su interior para crear un mini ecosistema ideal para el cultivo de especies agrícolas cosechables a corto plazo.

Para generar un ambiente controlable dentro del domo se sugiere cubrir cada uno de los triángulos que constituyen su superficie con un polietileno de baja densidad

(PE-LD) continua como se evidencia en la Figura 7, lo cual es ideal para proteger el interior del frio o el calor, lluvias o vientos fuertes.

Figura 7 Domo geodésico como invernadero

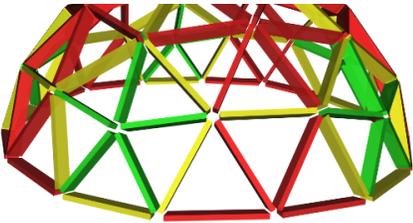
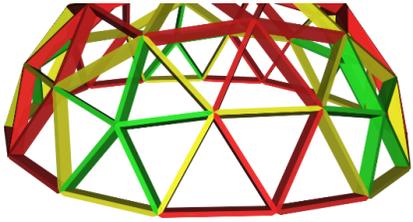
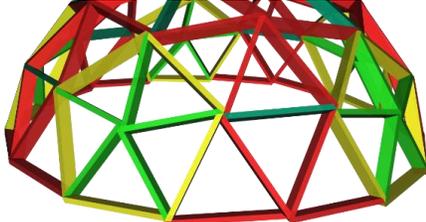


Fuente: Diseñado mediante el sitio web acidome.com

7.2.1.2 Tipos De Conexiones Para Un Domo Geodésico

En la Tabla 4, se pueden consultar los diferentes tipos de conexión para la estructura del domo geodésico para esta información se usó como fuente la página web especializada en este tipo de estructuras [web acidome.com](http://web.acidome.com) en donde se puede encontrar las indicaciones necesarias para la construcción de domos de diferente dimensión.

Tabla 4 Tipos de conexiones para domo geodésico

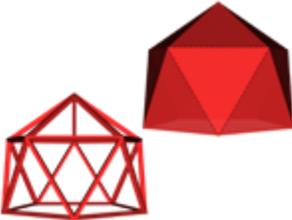
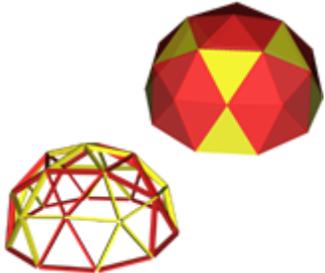
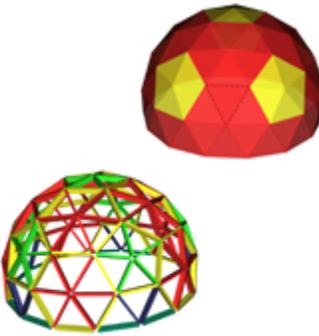
Tipos De Conexiones	
<p><i>Piped</i></p>	
<p>Es un método de conexión entre aristas, generando un espacio adicional circular entre las 5 uniones que se necesitan. Usualmente se utiliza tubería de PVC para esta unión de piped permitiendo desmontar dichas uniones cuando se requiera.</p>	
<p><i>Cone</i></p>	
<p>Es el método de conexión sin conectores, las 5 aristas o bordes interactúan entre si mediante cortes diagonales las cuales permiten una unión. En este método se ajustan las aristas con tornillería dejando fijo cada icosaedro formado.</p>	<p>Es un método de conexión sin conectores, las aristas interactúan entre si conectando cada borde en sentido horario. En este método se ajustan las aristas con tornillería dejando fija las uniones.</p>

Fuente: Diseñado y calculado mediante el sitio web acidome.com

7.2.1.3 Tipos De Frecuencia De Un Domo Geodésico

Las frecuencias describen la cantidad de uniones, simetría y rotación en la cual se deba de construir la esfera, todas corresponden a un poliedro del grupo simétrico icosaedro, en la Tabla 5 se calculan las diferentes frecuencias para la elaboración de un domo con un radio de 2.20 m utilizando la herramienta digital web acidome.com.

Tabla 5 Tipos de frecuencias en domo geodésicos

FRECUENCIA DE DOMOS GEODESICO	
<p>Características : Radio : 2,20 m Diámetro de piped : 108 mm Proporción de la esfera: 3/4 Resultados: 25 largueo 15 Uniones 11 piezas de vértice</p>	<p>Frecuencia 1V</p> 
<p>Características : Radio : 2,20 m Diámetro de piped : 108 mm Proporción de la esfera: 1/2 Resultados: 35 largueros tipo A (1) 30 largueros tipo B (2) 30 Uniones tipo A (1) ; 10 Uniones tipo B(2) 20 piezas vértices para A,B(1,2) 6 piezas vértices para B(2)</p>	<p>Frecuencia 2V</p> 
<p>Características : Radio : 2,20 m Diámetro de piped : 108 mm proporción de la esfera: 7/12 Resultados: 80 largueros tipo A (1) 55 largueros tipo B (2) 30 largueros tipo C (3) 75 Uniones tipo A, B (1,2) 30 Uniones tipo C,B(3,2) 40 piezas vértices para A,B,C (1,2,3) 15 piezas vértices para A (1) 6 piezas vértices para C (3)</p>	<p>Frecuencia 3V</p> 

Fuente: Diseñado y calculado mediante el sitio web acidome.com

7.2.1.4 Tipos Cubiertas Para Invernadero

Las cubiertas de los invernaderos usadas para cultivos permiten mantener un entorno cerrado aislándolo de los agentes externos que puedan llegar a afectar su interior. Adicionalmente produce microclimas dentro del espacio habitado, generando así, un aprovechamiento de energía en el invernadero.

La instalación de la capa aislante es uno de los pilares más importantes dentro de los invernaderos, por esto, los materiales que se consideran aptos para su uso son: vidrio, policarbonato y el plástico. Dentro de las características principales que tiene cada elemento se encuentran:

- Plástico: Una cubierta plástica es un elemento de fácil acceso debido a su bajo costo, adicionalmente es un material moldeable y flexible.
- Policarbonato: Las plaquetas de policarbonato presentan propiedades térmicas resistentes a los climas extremos siendo un termoplástico sin sufrir degradación significativa.
- Vidrio: Este material presenta un alto rendimiento frente a su transparencia junto con el nivel de luminosidad que permite ingresar al invernadero.

7.2.1.5 Especies Cultivadas En Técnica Hidropónicas

En su trabajo, Coz Gamarra, S. G., Poma Romero, M. S. (2019) plantean que, para producir en la técnica hidropónica, el productor debe de tener dar respuesta a una pregunta importante:

¿Qué plantas son las mejores y cuales se adaptan a las condiciones climáticas y medioambientales del lugar del cultivo?

Comúnmente en los sistemas hidropónicos caseros la especie a cultivar por sus tiempos de producción y germinación son las hortalizas, estas se pueden clasificar según sus partes comestibles, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6 Clasificación de hortalizas

<i>Clasificación de Hortalizas</i>		
Hortalizas	Hortalizas de raíz comestible	Hortalizas de hoja comestible
Perejil		X
Cilantro		X
Espinaca		X
Lechuga		X
Nabo	X	
Zanahoria	X	

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6 podemos observar distintas clases de hortalizas y sus partes comestibles, este trabajo de grado propone usar la lechuga por su tiempo de cosecha, el cual se encuentra en entre los 30 y 40 días según Abdallah Arrieta, F. & Instituto Nacional de Aprendizaje. (2015)

Para el sistema basado en la técnica de película de nutriente (NFT por las siglas en ingles de Nutrient Film Technique) el cual consiste en una película de nutrientes que por medio de tubería es drenada y recirculada por el sistema, la variedad adecuada de lechuga es la lechuga tipo hoja suelta o L. sativa var. Crispa, estas son las más

usadas y con mayor rendimiento según un estudio realizado por el seminario de agronegocios.

7.2.2 Requerimientos del diseño

Para llevar a desarrollar la propuesta del presente trabajo es de suma importancia establecer los requerimientos en el sistema, la automatización y el invernadero, las cuales caracterizan el laboratorio planteado, y permita la construcción del mismo. Para su sostenimiento, es necesario contar con personal calificado el cual organice, calibre y conserve los instrumentos del laboratorio.

7.2.2.1 Perfil Del Laboratorista

En la Tabla 7 se presentarán las funciones, formación necesaria y las habilidades y destrezas con las que debe de contar el personal encargado del laboratorio.

Tabla 7 Perfil del laboratorista

<i>Funciones</i>	Cumplir con los requerimientos necesarios para llevar a cabo el sistema hidropónico.
	Verificar el correcto funcionamiento del sistema.
	Hacer entrega a los estudiantes del sistema completamente esterilizado.
	Estar pendiente del buen comportamiento de los estudiantes, cumpliendo con las normas de seguridad en el laboratorio.
	Formación en técnico de laboratorio.
Formación necesaria	Tener conocimientos básicos del funcionamiento de cultivos hidropónicos.
	Conocimiento técnico en el uso de microcontroladores "Arduino Uno".
	Solución de problemas y toma de decisiones eficaces.
Habilidades y destrezas	Capacidad de gestión.

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.2 Requerimientos Del Sistema Hidropónica

Conocimiento:

Es necesario contar con los conocimientos básicos del tipo de sistema hidropónico que se va a emplear, en el caso del presente proyecto se usará el tipo de sistema NFT. Mediante este sistema, es posible aprovechar al máximo el espacio a usar, adicionalmente es uno de los sistemas que menos desperdicio de líquido de nutrientes tiene. Por último, su implementación se ajusta correctamente a las necesidades del tipo de cultivo a elegir que en este proyecto es la lechuga tipo hoja suelta ver Tabla 8.

Tabla 8 Requerimientos del sistema hidropónico

<i>Listado de Requerimientos del Sistema</i>	
<i>Elemento</i>	<i>Descripción</i>
Tubo PVC	Mediante estos tubos o canaletas fluye la solución nutritiva y sostiene las espumas agrícolas de germinación. La medición a tener en cuenta es de 15 x 10 cm y de longitud máxima de 3 m metros.
Base de Madera para Sistemas Hidropónicos	Este es el soporte de los tubos PVC, se encarga de mantener el sistema hidropónico con una distancia de 80cm a nivel del suelo junto con un ligero declive.
Bombas de riego - 2 Metros	Es aquella que bombea la solución nutritiva y permite que pase en la manguera de PE.
Manguera de PE 7 mm	Se encarga de distribuir el líquido nutritivo por la boquilla inicial del sistema.
Oxigenador	Sirve para inyectar el oxígeno a la solución nutritiva.
Balde 12 Litros	Es el reservorio de la solución nutritiva.
<i>Cultivo</i>	
Semillas	Las semillas de la hortaliza lechuga tipo hoja suelta o L. sativa var. Crispa se usa dentro del cultivo hidropónico como materia prima en el desarrollo del laboratorio. Se hace uso de un paquete de semillas para su implementación de 2 gr.
Espuma Agrícola de Germinación	Es aquella que aloja la semilla durante sus primeras semanas de germinación (3 semanas). Es requerido usar una bandeja espuma agrícola ultrafoam de 4 cm de largo, 4 cm de ancho y 5 cm de espesor.
Bandeja de germinación	Es el recipiente que sostiene la espuma agrícola y mantiene un constante flujo de solución nutritiva. Se usa para sostener la espuma agrícola una bandeja de poliestireno de 50 cavidades.
Solución Nutritiva	Es el medio acuoso nutritivo que entrega los nutrientes necesarios para el correcto crecimiento de las plantas.

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.3 Requerimientos Del Sistema Automatizado

A continuación, se presentan los requerimientos de la construcción del sistema encargado controlar las variables que se contemplan dentro del sistema hidropónico.

Tabla 9 Requerimientos del sistema automatizado

<i>Listado de Requerimientos del Sistema Automatizado.</i>	
<i>Elementos</i>	<i>Descripción</i>
Válvula solenoide	Ayuda a controlar el flujo de líquido que se encuentra en el sistema controlado por medio de un dispositivo, en este caso es el Arduino.
Modulo Relé 1 revelo 5 V (Activación en alto)	Se usa como el interruptor electromagnético del sistema.
Placa de Arduino UNO R3	Es un microcontrolador al que se le grabaran ciertas instrucciones para crear programar que interactúen con los dispositivos ya sean sensores y medidores.
Sensor de Nivel Líquido con Flotador Vertical	Recoge la presión que se tenga de la solución nutritiva para saber el nivel de líquido que hay en el interior del sistema, se configura la densidad del material mediante el Arduino.
Sensor Corriente ACS712	Permite medir la corriente ejercida.
Medidor de PH	Sirve para el control de los valores del pH que se encuentren en la solución nutritiva y su inspección de la calidad.

Fuente: Elaboración propia

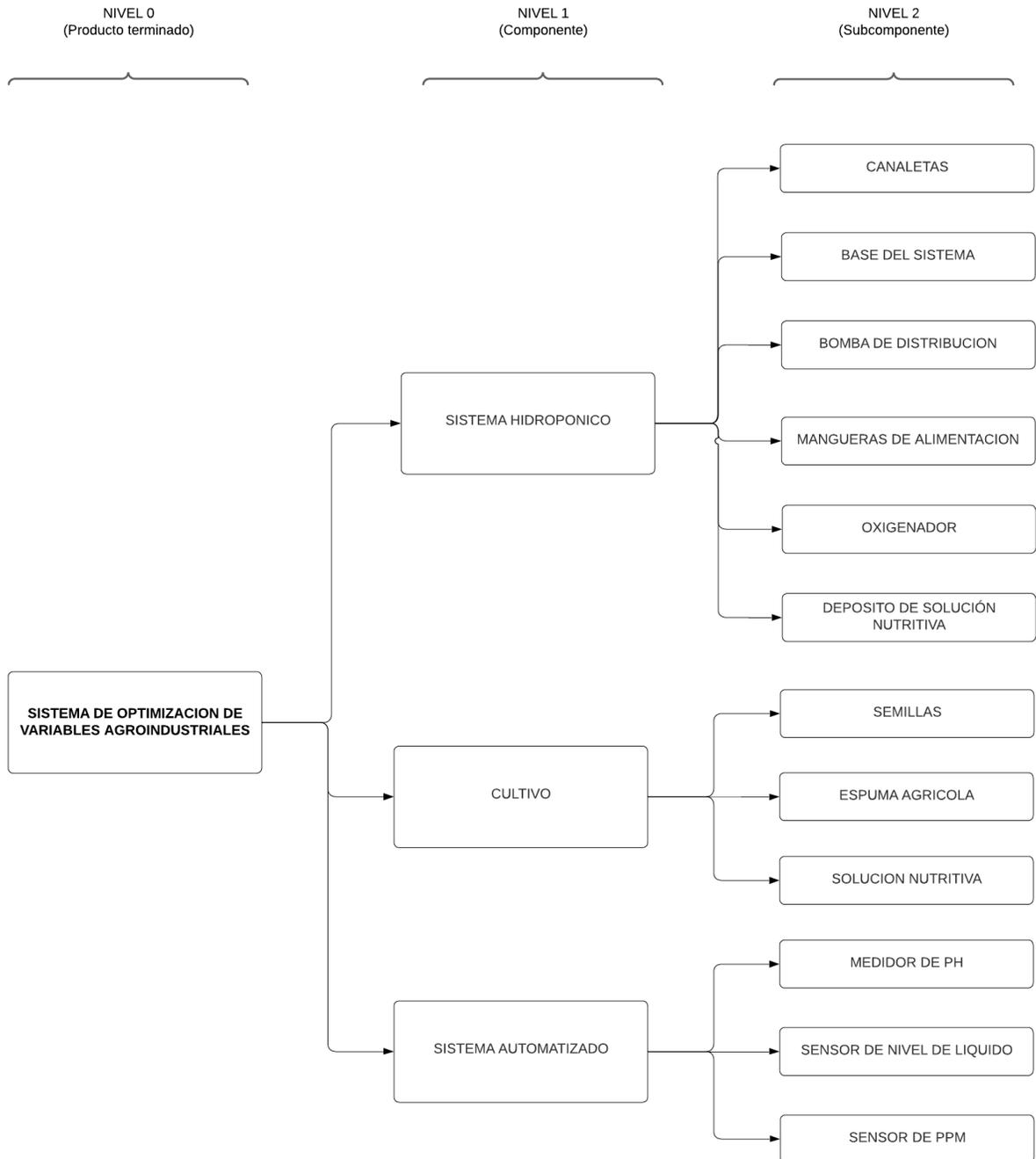
El encargado debe de contar con conocimientos en el uso del Arduino, el funcionamiento su programación al igual la conexión de este dispositivo con otros programas o instrumentos. Adicionalmente debe de comprender la funcionalidad de cada sensor y medidor dentro del sistema, las variables disponibles en el laboratorio y los elementos que aportan a la automatización del prototipo.

7.2.2.4 Bills Of Materials (Bom)

La lista de materiales, conocido por algunos autores como Bill of Materials (BOM) en inglés, es un documento en el que se consignan todos los elementos indispensables para llevar a cabo un proceso de producción en nuestro caso la construcción del Laboratorio de Variables Agrícolas (LOVA). La lista de materiales es imprescindible en las etapas de diseño, producción y ensamblaje del laboratorio.

En la Figura 8 se ilustra el contenido de materiales en los niveles producto terminado, componentes y subcomponentes que representan los inventarios para la construcción del sistema de optimización de variables agroindustriales propuesto ver Figura 8 donde se muestran los componentes del sistema se presentan de forma jerárquica en una lista de materiales (BOM).

Figura 8 BOM de la propuesta LOVA



Fuente: Elaboración propia

7.2.3 Propuesta de diseño

7.2.3.1 Propuesta Del Laboratorio

Para la construcción del laboratorio agroindustrial, se han considerado 2 componentes. El invernadero y el sistema interno. Por parte del invernadero se ha propuesto un domo geodésico como estructura, el cual se integra del diseño estructural de la cúpula y su capa protectora, asimismo, en la propuesta del sistema interno donde se encuentra, el tipo de cultivo, tipo de sistema, diseño de ocupación y la determinación del cultivo que cumpla con los requerimientos académicos. Para la elaboración de la propuesta del laboratorio se hizo uso de la página web sketchup.com, y como herramienta calculadora de domos se utilizó acidome.com.

7.2.3.2 Propuesta Del Invernadero

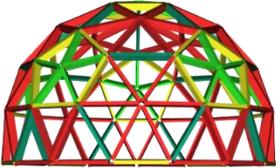
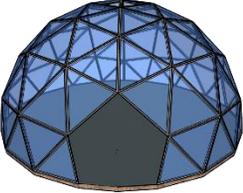
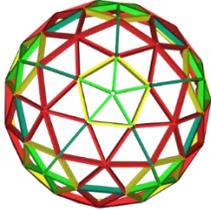
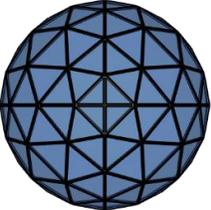
Dentro de la propuesta del domo geodésico para su uso como invernadero, inicialmente se debe de estructurar una base que sea resistente a los climas extremos, previniendo el deterioro del material que se utilice como base estructural, al igual que determinar la capa protectora que sea capaz de atrapar la energía del sol y aislar la cosecha en su interior. Para la correcta construcción del domo geodésico como invernadero se han propuesto cuatro características que se deben de tener en cuenta;

Terreno Disponible: Se plantea tener a disposición de libre construcción un terreno de 6 metros cuadrados, ubicados en el campus universitario de UNICATÓLICA en la sede Pance. El terreno debe de ser acondicionado para su uso, en donde se verifique una zona libre de suelo pedregoso, es necesario que el terreno sea cubierto con una lona antideslizante.

Forma del invernadero: Este proyecto pretende acondicionar una estructura geodésico como invernadero, aprovechando los beneficios de su sencilla

construcción y movilidad, al igual que tiene aspectos positivos como lo son la completa dispersión solar que entrega al cultivo gracias a la forma icosaédrica del domo geodésico, como se evidencia en la Figura 7, esta es una estructura geodésica acondicionada para invernadero.

Tabla 10 Forma del invernadero propuesto

Estructura de Domo Geodesico	Domo Geodesico como Invernadero
	
	

Fuente: Elaboración propia

7.2.3.2.1 Dimensiones Del Invernadero Propuesto:

Para la propuesta de un domo geodésico como invernadero se deben de tener en cuenta los siguientes parámetros.

Tabla 11 Dimensiones del invernadero propuesto

<i>PARÁMETROS DE LA PROPUESTA</i>	
Radio de la base	2.40 m
Frecuencia	3 V
Tipo de conexión	Piped
Poliedro	Icosaedro
Porción de la esfera a construir	7/12
Diámetro del tubo (Piped)	10 cm

Fuente: Elaboración propia

Los parámetros para la elaboración de una cúpula geodésica 3 V se encuentran en la tabla 5: tipos de frecuencias en domo geodésico.

7.2.3.2.2 Piezas Del Domo

En la organización de las piezas que conforman el domo geodésico se han referenciado los largueros, las caras y los vértices para un mayor entendimiento a la hora de construcción del mismo, al igual que se detallan las cantidades por cada referencia, para detallar las dimensiones de las piezas ver Anexo 1.

Largueros: Los largueros serán las medidas longitudinales del material a utilizar, para este proyecto se trabajarán con 3 tipos de largueros cómo se relacionan en la Tabla 12.

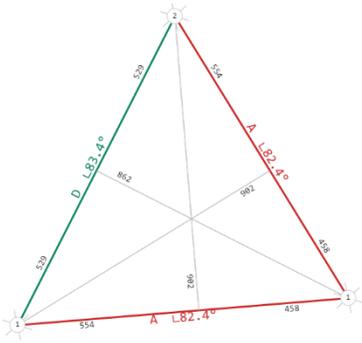
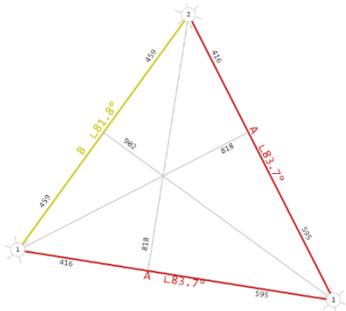
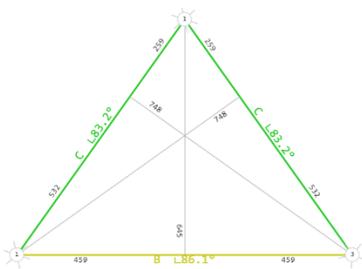
Tabla 12 Largueros del domo propuesto

Referencia	Dimensiones del larguero	Cantidad de Unidades
A		80
B		35
C		30
D		20

Fuente: Elaboración propia

Caras: Las caras son triángulos isósceles formados entre los largueros, esto con el fin de facilitar la unión de la cúpula geodésica, a continuación, se relacionan los tipos de triángulos formados, como se puede ver en la Tabla 13.

Tabla 13 Caras del domo propuesto

Referencia	Dimensiones del triángulo	Cantidad de piezas
1		40
2		35
3		30

Fuente: Elaboración propia

Vértices: Los vértices son los puntos en los cuales los triángulos se conecten, para esto se utilizará un tubo PVC que forma el vértice como se muestra en la Figura 4, para observar los diferentes vértices se puede consultar la Tabla 14.

Tabla 14 Vértices del domo propuesto

Referencia	Dimensiones del triángulo	Cantidad de piezas
1		40
2		15
3		6

Fuente: Elaboración propia

7.2.3.2.3 Materiales

Los materiales a utilizar para las piezas pueden ser maderas, metales, plásticos y otros diversos materiales, por la facilidad de trabajo y economía nuestro trabajo ha estudiado la propuesta de presentar el domo en Tubo PVC, esto debido a la facilidad de trabajo del material para los cortes y movilidad. El vértice también se plantea de PVC de 2 mm de ancho para mantener una resistencia en el soporte de las uniones del domo

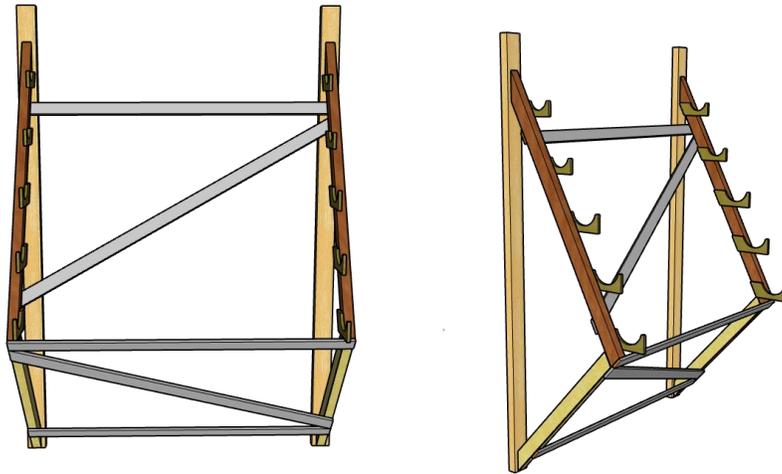
7.2.3.3 Propuesta Del Sistema

La propuesta del sistema hidropónico se ha determinado por su rendimiento en la producción industrial. La construcción del sistema hidropónico que consideramos factible, debe de realizarse de acuerdo a los siguientes pasos:

Paso 1:

En primera instancia se debe de construir la base que sostendrá el sistema hidropónico, este se recomienda que sea de madera, esto por su durabilidad y economía. No se recomienda utilizar materiales en PVC por la resistencia que pueda verse afectada por el peso de las 25 plantas que mantendrá el sistema, la base debe de tener un grado de inclinación de 5 cm al lado derecho, esto para asegurando la circulación continua del líquido nutritivo que alimentara a las plantas. se relacionan con la ilustración de la fase planteada, ver la Figura 9.

Figura 9 Soporte del sistema

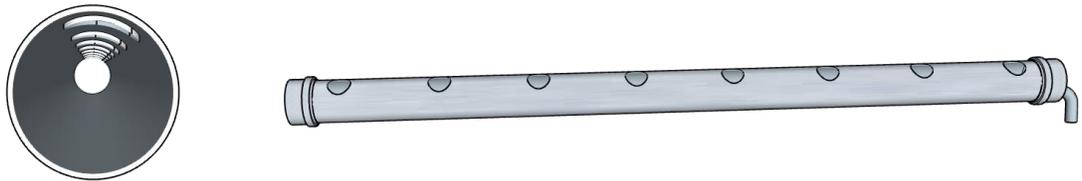


Fuente: Elaboración propia

Paso 2:

Se debe de acondicionar las canaletas que contendrán las plantas, para este proyecto se determinó que un tubo PVC de 2 in de 3 m cumple con los requerimientos de 5 plantas por canal, a el tubo se le deben de realizar 5 agujeros, cada agujero debe de ser de 2 in para no afectar el crecimiento de la planta y deben de estar distanciados uno del otro por 17 cm, la tuvo debe de contar con las tapas de cada extremo y ambas deben de tener una perforación de 7 mm en el centro, donde ira una chupa de drenaje. Por base deben de ir 5 canaletas, se relacionan ilustraciones del paso planteado, ver la Fig. 10.

Figura 10 Canaletas del sistema

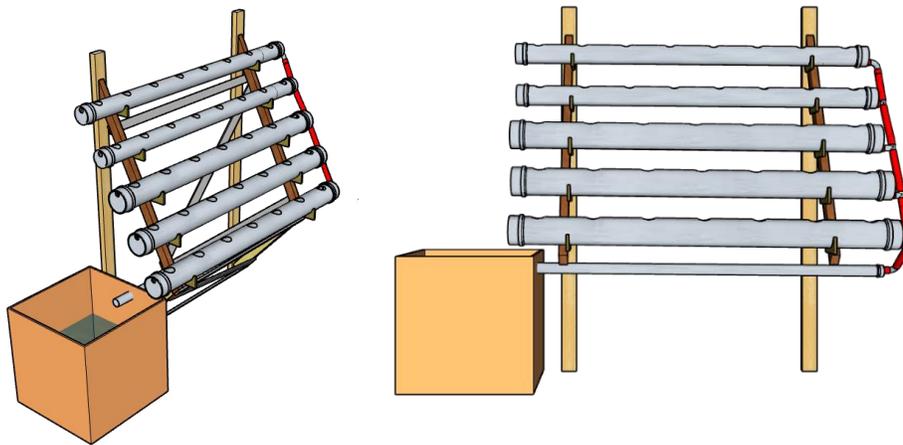


Fuente: Elaboración propia

Paso 3:

Una vez se cuentan con las 5 canaletas y la base debe de hacerse el montaje del sistema, ubicando las canales en la base que sostendrá en sistema, las chupas de drenaje deben de ir hacia el mismo lado con el fin de conectarlas entre sí por medio de mangueras pets, las cuales alimentarán el depósito de soluciones nutritivas que alimentará el sistema. se relacionan ilustraciones del paso planteado, ver la Fig. 11.

Figura 11 Propuesta del sistema

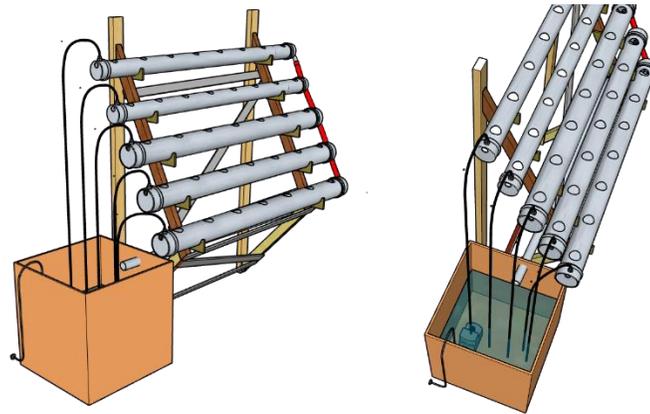


Fuente: Elaboración propia

Paso 4:

Se debe de instalar la bomba de distribución de la solución nutritiva, esta bomba debe de acoplarse a una te conectora de riego, que alimentara a las 5 canaletas a la vez, esta bomba debe de tener la capacidad de distribuir la solución a 2 metros de altura para una distribución uniforme, se relacionan ilustraciones del paso planteado, ver la Figura 12.

Figura 12 Propuesta del sistema con bombas



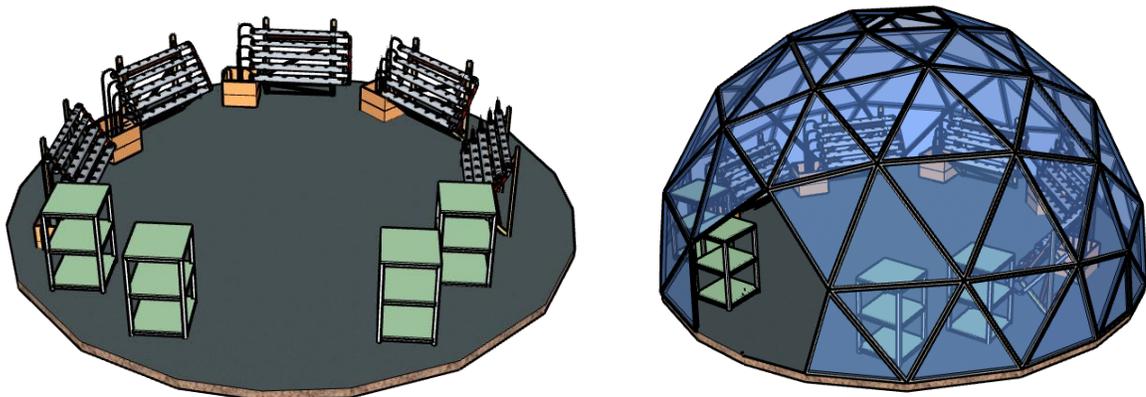
Fuente: Elaboración propia

Para cumplir con los requerimientos académicos, es necesario de 5 sistemas hidropónicos cada uno con una producción alcanzable de 25 plantas por máquina.

7.2.3.4 Propuesta En Modelo 3d

El domo propuesto es un diseño innovador y novedoso el cual armoniza con la arquitectura de UNICATÓLICA y cuenta con una implementación y construcción sencilla, proponiendo ser un espacio adaptado a un laboratorio de sistemas hidropónicos. Se contará con cinco sistemas hidropónicos NFT, cuatro racks que servirán como almacenamiento de las necesidades del laboratorio, contará con un respiradero en la parte superior de la cúpula y un acceso tipo Ángulo como se puede observar a continuación.

Figura 13 Propuesta del sistema



Fuente: Elaboración propia

7.2.3.5 Propuesta Del Ciclo Formativo Empleando En El Laboratorio LOVA

Descripción general del ciclo formativo

El presente laboratorio tiene como énfasis poner en práctica los conocimientos adquiridos por los estudiantes de ingeniería industrial que se encuentren cursando el quinto semestre de la carrera, en donde se tendrá un enfoque experimental sobre la producción de hortalizas junto con su maximización. Durante el desarrollo de las actividades, los estudiantes contarán con las herramientas y el espacio necesario para producir una plantación hidropónica de lechuga de hoja suelta la cual este trabajo ha estandarizado en una producción de 125 lechugas en un semestre académico.

En el transcurso del crecimiento de la planta se tendrán dos etapas específicas; la primera es la germinación, en donde se tiene un tiempo estimado de 2 a 3 semanas según las condiciones climáticas a las que se encuentren expuestas. El clima ideal para la solución nutritiva es de 18° a 20° Celsius generando una correcta germinación y crecimiento del cultivo, estas mismas condiciones climáticas deben

de tenerse en cuenta para la ejecución del sistema hidropónico debido a que la plantación corresponde a sistemas de hidroponía la temperatura del sistema será el grado que contemple la solución nutritiva que fluya por las canaletas del sistema.

Una vez terminada la germinación, las plantas se transportan en canastillas al sistema hidropónico, en donde tendrán su desarrollo en un plazo de 23 a 26 días. Las condiciones del sistema deben de ser las siguientes:

- Las tuberías del sistema hidropónico deben estar completamente desinfectadas, esto permite el flujo continuo del líquido.
- La temperatura del líquido debe estar en un rango de 18°C a 22°C
- El pH de la solución nutritiva debe estar por debajo de 7°
- Los PPM del líquido nutriente debe de estar en un rango de (800 a 1000)
- Se debe de cerciorar que la solución nutritiva esté realizando todo el proceso de drenaje en el sistema
- Las distancias entre las plantas puestas en el sistema deben de estar entre el rango de 20 cm o 7”
- Es necesario cerciorarse que el filtro de la bomba no se encuentre contaminado de residuos anteriores.

Las condiciones antes mencionadas aseguran la funcionalidad del sistema y proceso productivo de plantación de lechuga de hoja suelta por sistema hidropónico NFT.

La germinación y crecimiento de la planta puede verse afectada por las siguientes condiciones:

- Exposición a climas extremos.

- Temperaturas elevadas por parte de la solución nutritiva-
- Semillas defectuosas.
- pH desbalanceado según los requerimientos de la plantación.
- Electro conductividad desbalanceada.
- Distanciamiento incorrecto entre las plantas; las lechugas una vez trasplantadas son celosas por su espacio, esto genera que algunos ejemplares se mueran de estrés.
- Colchón de raíz; una vez la planta cumpla el tiempo de crecimiento estandarizado deberá de desplantarse del sistema, de lo contrario, la raíz de la lechuga formará un colchón en los canales de drenaje del sistema deteniendo el flujo del líquido nutritivo y las plantaciones que se encuentran por debajo de esta no recibirán los nutrientes necesarios para su crecimiento provocando la muerte.
- Infección del sistema; un sistema contaminado se traduce en una plantación de mala calidad, o en casos extremos, la pérdida completa de la plantación. Los canales del sistema deben de mantenerse aislados de contaminantes de tierra u otros componentes que afecten el líquido nutritivo.
- Plagas que afecten el exterior y el interior; el recipiente que contenga el líquido nutritivo, deberá de mantenerse cerrado. Esto debido a que los insectos (específicamente la larva) afectan la producción de la hortaliza deteriorando su raíz. Los espacios exteriores deben de mantenerse fumigados, previniendo que los insectos provoquen la contaminación del sistema.

- Incorrecta distribución del líquido nutritivo; se debe de cerciorar que el líquido nutritivo se distribuya de tal manera que alimente a todas las plantas por igual, un desbalance en el flujo del sistema puede provocar un crecimiento disparejo de la producción

7.2.3.5.1 Ciclo Formativo Ejecutado Por Los Estudiantes

El desarrollo de la herramienta presentada en este trabajo se ha desarrollado por etapas, las cuales se detallan a continuación:

7.2.3.5.1.1 Etapa De Investigación

El estudiante deberá de afianzarse en conocimientos y términos de la agro-industria facilitando el proceso propio del sistema hidropónico, los conceptos contemplados son:

- Sistemas hidropónicos
- Sistema hidropónico NFT
- pH del líquido (5.8 a 6.5)
- ppm del líquido (800 – 1000)
- Solución nutritiva para cultivos hidropónicos
- Solución nutritiva
- Cronología de la lechuga en cultivos hidropónicos
- Características de la plantación de lechuga en cultivos hidropónicos

7.2.3.5.1.2 Etapa De Alistamiento

El estudiante tendrá un cronograma de planeación donde deberá trabajar en grupo para cumplir con el alistamiento de los requerimientos para la etapa productiva, el cronograma estará dividido por:

1. Alistamiento de Material

La estudiante previa a la investigación realizada tendrá un acercamiento con los elementos utilizados en la producción de lechuga, los cuales son:

- Medidor de pH
- Medidor de ppm
- Bandeja de germinación
- Sistema hidropónico NFT
- Recipiente de solución nutritiva
- Bomba de distribución

2. Alistamiento de herramientas o maquinaria

El estudiante deberá ser responsable por el correcto alistamiento del sistema hidropónico. Al inicio del ciclo formativo a el estudiante se le entregará el sistema previamente descontaminado y cerrado, es responsabilidad del estudiante y su grupo de trabajo validar y comprobar el estado en el que se le entreguen los siguientes implementos:

- Canaletas del sistema descontaminadas
- Bandeja de germinación sin residuos
- Filtro de la bomba distribuidora limpia

- Depósito de la solución nutritiva descontaminado y vacío
- Funcionamiento de los medidores
- Funcionamiento completo del sistema hidropónico con una correcta distribución del líquido

3. Alistamiento de solución nutritiva

El estudiante deberá realizar las mezclas correspondientes para la elaboración de la solución nutritiva, siendo él, el encargado y responsables de los balances nutricionales que vayan a contener las soluciones nutritivas realizada; la composición química ideal para la plantación de la lechuga en un sistema hidropónico es:

- Masterblend en composición 4-19-38
- Sulfato de magnesio
- Nitrato de calcio

La composición por un litro de agua corresponde a:

Tabla 15 Composición de solución nutritiva

<i>Composición por Litro</i>	
Materblend 4-19-38	0.6 gr
Sulfato de Magnesio	0.3 gr
Nitrato de Calcio	0.6 gr

Fuente: Elaboración propia

la mezcla debe de hacerse en el orden (Masterblend, sulfato de magnesio y nitrato de calcio), para un recipiente de 50 litros la composición a utilizar será:

Tabla 16 Composición de solución nutritiva para 50 Litros

<i>Composición nutritiva para 50 L</i>	
Materblend	30 gramos
MgSO ₄	15 gramos
Ca (NO ₃) ₂	30 gramos

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada la solución nutritiva se debe de validar las características de pH y ppm, los rangos en los cuales estos deben estar se relacionan en la siguiente tabla;

Tabla 17 Composición de ppm y pH de la solución

<i>Composición nutritiva para 50 L</i>	
pH	5.8 a 6.5
Ppm	800 a 1000

Fuente: Elaboración propia

Si la solución presenta un pH por encima del rango antes mencionado se recomienda utilizar un producto que disminuya el pH de lo contrató los líquidos cítricos que tengan ácido fosfórico pueden ser una buena idea, en caso de necesitar aumentar la ppm de la solución nutritiva se recomienda agregar 0.2 gramos más de cada componente nutritivo a la solución.

7.2.3.5.1.3 Etapa Productiva

En esta etapa, el estudiante tendrá la oportunidad de elaborar la planeación de la producción de hortalizas a ejecutar en el laboratorio según los parámetros investigados y el orden cronológico que se vaya a efectuar en la producción de la

lechuga. La etapa productiva la hemos estandarizado en 3 días, Día de germinación, día de trasplantar y día de seguimiento y monitoreo, su desarrollo es el siguiente:

1. Dia De Germinación

En el día de la germinación se debe de alistar la bandeja de germinación, una espuma fenólica, agua purificada y la semilla de lechuga. La espuma fenólica debe de ponerse dentro de la bandeja de germinación y posteriormente mojar la espuma con el agua purificada, una vez hecho esto se deberán de poner de 2 a 4 semillas por cada orificio de la espuma, la bandeja no puede quedar con agua purificada en su interior, la espuma debe de absorber todo el líquido, de lo contrario se deberá de retirar el exceso de líquido, al terminar este proceso se deberá de tapar la bandeja de germinación y ubicarlas en una zona no calurosa, la germinación de la lechuga de hoja suelta de efectúa a una temperatura de 18° a 25° grados Celsius, la bandeja deberá de regarse cada vez que la espuma fenólica se vea seca o cada día de por medio , la germinación de la lechuga se efectuar en un rango entre 7 a 15 días , terminado este proceso deberá de trasplantarse a el sistema

2. Dia de trasplantar.

Antes de trasplantar las plántulas éstas deberán de regarse en la bandeja de germinación con la solución nutritiva previamente preparada, el sistema será el lugar en el cual las plantas estarán hasta su crecimiento final

Previo al trasplante el estudiante deberá de poner en funcionamiento el sistema hidropónico:

- Conectar la bomba de distribución de la solución nutritiva
- Validar los parámetros de la solución nutritiva
- Validar la correcta distribución del sistema

Una vez validado los parámetros el estudiante deberá de poner la espuma con la plántula de lechuga en cada orificio del sistema y verificar que la espuma esté en contacto con la película nutritiva que esté fluyendo por el sistema

El trasplante de las plántulas deberá de llevarse a cabo en las horas de la mañana ya que la planta sufre menos estrés en dicho horario esto debido al clima.

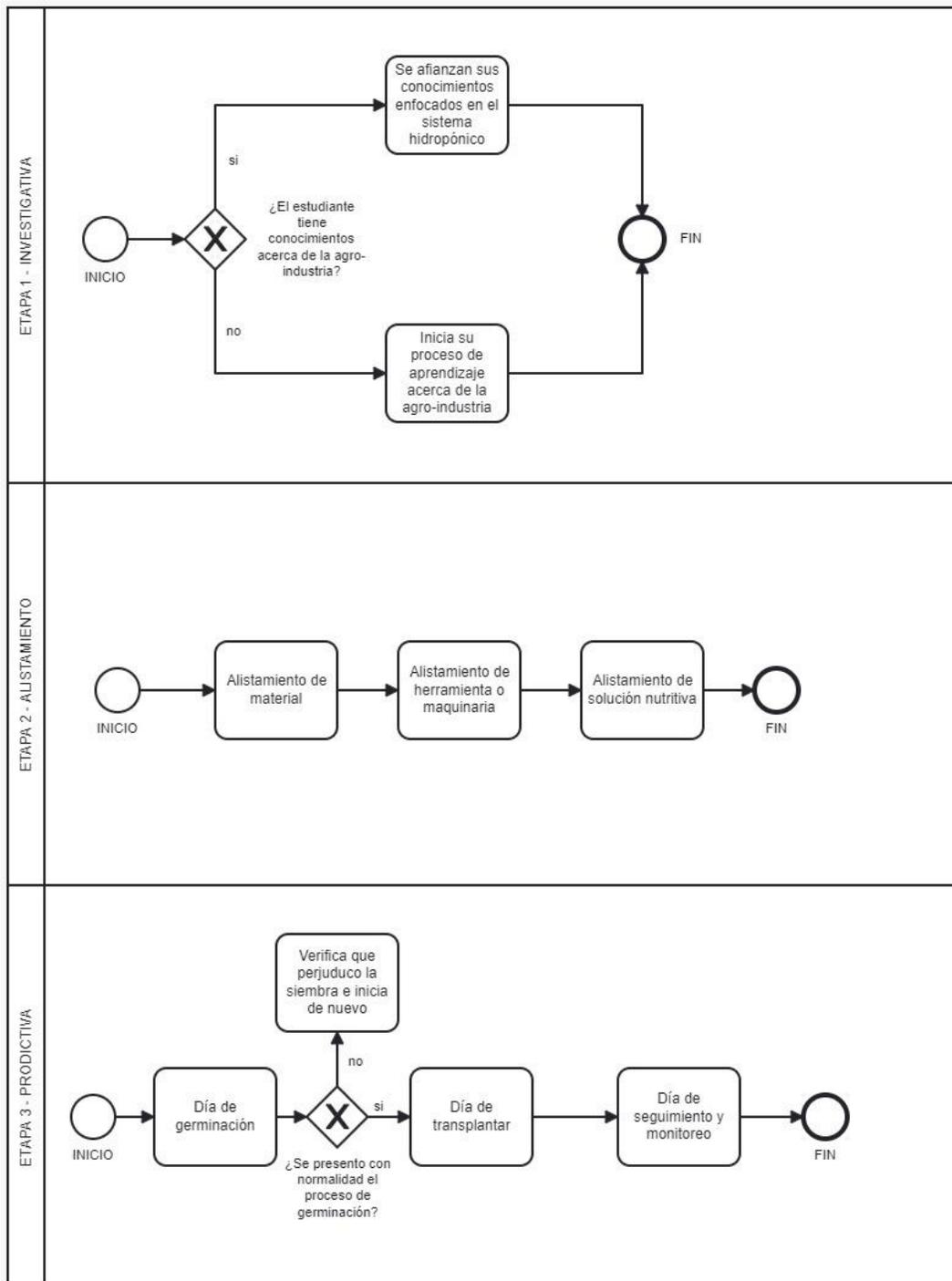
3. Dia de seguimiento del cultivo

- Los siguientes procesos corresponden a el seguimiento y monitoreo del estado de la planta en el sistema, en los días 16 al 20 se efectuará el crecimiento de las especies. Las plantas que no crezcan en este periodo se considerarán defectuosas y no darán flor en un periodo de 35 a 40 días.
- A partir del día 25 se deberá de hacer seguimiento de la distribución del líquido en el sistema, ya que las plantas han crecido y sus raíces en el sistema restringen el paso de la solución nutritiva generando un colchón de raíz (taponamiento del sistema por crecimiento exceso de la raíz en los canales del sistema).
- La planta cumplirá su crecimiento total en los días 35 a 40

Terminado el proceso productivo del sistema la lechuga se extraerá del sistema y se le cortara la raíz para desecharla, en este proceso productivo solo servirá la hoja de la lechuga que se encuentren en buen estado, las plantas serán lavadas y puestas a disposición de los participantes del ciclo formativo

A continuación, se presentan las etapas productivas realizadas dentro del laboratorio por medio de un Business Process Model and Notation (BPMN) donde el estudiante podrá seguir una hoja de ruta como guía de producción en el aula de clase.

Figura 14 Bpmn del laboratorio propuesto



Fuente: Elaboración propia

7.3 FACTIBILIDAD ECONOMICA

7.3.1 Justificación económica

Una vez se obtuvieron los requerimientos del proyecto, validando su factibilidad técnica, se cotizaron los materiales requeridos para el desarrollo del proyecto como se evidencia en la tabla 18.

Tabla 18 Listado de costos de materiales

<i>Listado de Costo de Materiales del Proyecto</i>	
<i>Elemento</i>	<i>Costo</i>
Tubo PVC	\$ 63.900
Base de Madera para Sistemas Hidropónicos	\$ 250.000
Bombas de riego - 2 Metros	\$ 20.000
Manguera de PE 7 mm	\$ 20.000
Oxigenador	\$ 20.000
Balde 12 Litros	\$ 12.900
<i>Cultivo</i>	
Semillas	\$ 5.500
Espuma Agrícola de Germinación	\$ 9.000
Bandeja de germinación	\$ 8.700
Solución Nutritiva	\$ 135.000
<i>Sistema Automatizado</i>	
Válvula solenoide	\$ 30.000
Modulo Relé 1 revelo 5 V (Activación en alto)	\$ 9.000
Placa de Arduino UNO R3	\$ 51.249
Sensor de Nivel Líquido con Flotador Vertical	\$ 12.000
Sensor Corriente ACS712	\$ 15.000
Medidor de PH	\$ 15.000

Nota: Precios a noviembre del 2022

Fuente Elaboración propia según cotización del mercado colombiano.

7.3.2 Desarrollo de propuesta económica LOVA

7.3.2.1 Calculo de la Inversión Inicial

El laboratorio propuesto busca mantenerse como herramienta formativa implementada en UNICATOLICA. Para la construcción de la propuesta debe de hacer una inversión de \$ 5.777.400 pesos colombianos, la cual está compuesta por los costos presentados en la Tabla 19.

Tabla 19 Inversión del laboratorio propuesto

Costos de la contruccion del Laboratorio Propuesto				
Concepto	Costo aproximado (pesos)	Consumo		Monto (pesos)
Tuvo pvc	\$ 63.900	11	\$	702.900
Base del sistemas	\$ 250.000	5	\$	1.250.000
Bomba de riego	\$ 20.000	5	\$	100.000
Mangueras PE	\$ 20.000	1	\$	20.000
Oxigenador	\$ 20.000	5	\$	100.000
Deposito de liquido	\$ 12.900	5	\$	64.500
Bandeja de germinacion	\$ 87.000	5	\$	435.000
Valvula solenoide	\$ 90.000	5	\$	450.000
Modulo rele	\$ 9.000	5	\$	45.000
Sensor de nivel de liquido	\$ 12.000	5	\$	60.000
Sensor de corriente	\$ 15.000	5	\$	75.000
Medidor de PH	\$ 15.000	5	\$	75.000
Domo geodesico	\$ 2.400.000	1	\$	2.400.000
Total	\$ 3.014.800	63	\$	5.777.400

Nota: Precios a noviembre del 2022

Fuente: Elaboración propia

Los valores presentados pueden estar sujetos a cambios debido a la variabilidad económica presentada actualmente en el país.

Esta inversión se hace una sola vez y es para la construcción del espacio donde se desarrollará la práctica de los estudiantes.

7.3.2.2 Calculo de Costos de Producción Semestral

La práctica semestral cuenta con 3 insumos que deben de ser costeados semestralmente, el costo de los insumos usados semestralmente es \$ 149.500, estos insumos se detallan en la Tabla 20.

Tabla 20 Costo de producción semestral

Costos del Laboratorio Propuesto semestral			
Concepto	Costo aproximado (pesos)	Consumo semestral	Monto (pesos)
semillas	\$ 5.500,00	1	\$ 5.500
Espuma agricola de germinacion	\$ 9.000,00	1	\$ 9.000
Solucion Nutritiva	\$ 135.000,00	1	\$ 135.000
Total	\$ 149.500	3	\$ 149.500

Nota: Precios a noviembre del 2022

Fuente: Elaboración propia

7.3.2.3 Calculo de Costo de Personal

Los costos del personal encargado del laboratorio entrarían en un costo de contratación por UNICATÓLICA, de igual manera se relaciona la información como costos de personal mensual se especifican en la Tabla 21.

Tabla 21 Costo de personal

Costos de Personal Mensual			
Concepto	Costo aproximado (pesos)	Consumo semestral	Monto (pesos)
Laboratorista	\$ 1.000.000	1	\$ 1.000.000
Total	\$ 1.000.000	1	\$ 1.000.000

Fuente: Elaboración propia

7.3.2.4 Cálculos de ingresos por venta de producción

Todos los datos presentados anteriormente generarían un costo para la elaboración, funcionamiento y vigilancia del laboratorio propuesto, para generar unos ingresos en el laboratorio, se propone que se venda la producción ejecutada en el laboratorio. Las condiciones bajo este caso sería que el laboratorio hiciera 2 practicas por semestre, estudiantes de diurna y nocturna. La producción sería un total de 250 planta de lechuga donde su valor comercial en el mercado actual es de \$3.500 pesos colombianos por unidad, bajo estas condiciones se plantean los ingresos de venta por producción anual especificados en la Tabla 22.

Tabla 22 Ingresos por ventas

Ingresos por venta de produccion.				
Concepto	Valor Comercial (peso)	Produccion semestral	Ganancia semestral (peso)	Ganancias Anuales (pesos)
Lechuga	\$ 3.500	250	\$ 875.000	\$ 1.750.000

Nota: Precios a noviembre del 2022

Fuente: Elaboración propia

7.3.2.5 Proyección del IPC

Con la información anterior se presenta una proyección del IPC pronosticada por el departamento nacional de estadística (DANE,2022) para la evaluación del proyecto, ver Tabla 23.

Tabla 23 Pronostico del IPC

IPC		12%	7%	5%
Tiempo	año 0	año 1	año 2	año 3

Fuente: Elaboración propia

7.3.2.6 Proyección de costo operacional con respecto al IPC

Los costos de operación para el año 0 se toman de la tabla 20 y se multiplican por dos, esto ya que se propone realizar 2 producciones de 125 plantas en el año, para los siguientes años se debe de calcular el costo con respecto al IPC del ese año, como se observa en la Tabla 24.

Tabla 24 Costo operacional con respecto al IPC

IPC		12%	7%	5%
Tiempo	año 0	año 1	año 2	año 3
Inversion	- 5.777.400			
Costo Operacional	- 299.000	- 334.880	- 358.322	- 376.238

Fuente: Elaboración propia

7.3.2.7 Proyección de ingresos con respecto al IPC

Los ingresos por ventas para el año 0 son tomados de la tabla 22, para los años siguientes este valor debe de ser calculado con respecto al IPC como se observa en la Tabla 25.

Tabla 25 Ingresos con respecto al IPC

IPC		12%	7%	5%
Tiempo	año 0	año 1	año 2	año 3
Ingresos		1.750.000	1.872.500	1.966.125

Fuente: Elaboración propia

7.3.2.8 Calculo de utilidad por Funcionamiento

El flujo de caja neto se calcula a partir del año donde se registren ingresos, este se calcula restando los ingresos con respecto a los egresos, en este caso costo operacional menos los ingresos determinan el flujo de caja neto los años evaluados en la Tabla 26

Tabla 26 Flujo de caja neto

IPC		12%	7%	5%
Tiempo	año 0	año 1	año 2	año 3
Inversion	- 5.777.400			
Costo Operacional	- 299.000	- 334.880	- 358.322	- 376.238
Ingresos		1.750.000	1.872.500	1.966.125
Flujo de CN	- 6.076.400	1.415.120	1.514.178	1.589.887

Fuente: Elaboración propia

7.3.2.9 Evaluación Económica

Con la información anterior se presenta una evaluación económica para el proyecto planteado, bajo las siguientes condiciones:

- No se tienen en cuenta los costos personales ya que es contratación por parte de UNICATÓLICA.
- Se determina un costo de oportunidad para la UNICATÓLICA del 15 %, dejando un espacio para el pago por ingresos.

Bajos las condiciones presentadas, se realiza la evaluación desarrollada en la Tabla 27; inversión y retribución de ingresos a corto plazo.

Tabla 27 Factibilidad económica

<i>IPC</i>		12%	7%	5%
<i>Tiempo</i>	año 0	año 1	año 2	año 3
<i>Inversion</i>	- 5.777.400			
<i>Costo Operacional</i>	- 299.000	- 334.880	- 358.322	- 376.238
<i>Costo Personal</i>		-	-	-
<i>Ingresos</i>		1.750.000	1.872.500	1.966.125
<i>Flujo de CN</i>	- 6.076.400	1.415.120	1.514.178	1.589.887
<i>TIR</i>	-13%			
<i>Costo Oportunidad</i>	15%			
<i>VPN</i>	- 2.655.548			

Fuente: Elaboración propia

De la información calculada, se puede concluir que, en una inversión a corto plazo la tasa de retorno que tendrá UNICATÓLICA para la inversión de proyecto planteado es negativa en un 13 %, siendo un valor de 2.655.548 pesos colombianos el valor a costear en 3 años.

Buscando que el retorno de la inversión sea completo, se han planteado tres hipótesis:

Primera Hipótesis

Que UNIVCATÓLICA haga una inversión inicial costeando el valor de \$2.655.548 pesos colombianos permitiendo que los ingresos paguen la inversión del proyecto propuesto

Tabla 28 Factibilidad económica – Hipótesis 1

IPC		12%	7%	5%
Tiempo	año 0	año 1	año 2	año 3
Inversion	- 3.121.852			
Costo Operacional	- 299.000	- 334.880	- 358.322	- 376.238
Costo Personal		-	-	-
Ingresos		1.750.000	1.872.500	1.966.125
Flujo de CN	- 3.420.852	1.415.120	1.514.178	1.589.887
TIR	15%			
Costo Oportunidad	15%			
VPN	0			

Fuente: Elaboración propia

En esta hipótesis, el retorno de la inversión sería igual a el costo de oportunidad que se planteó en las condiciones iniciales del 15 %, manejando una inversión a corto plazo.

Segunda Hipótesis:

Manejar la inversión a un mediano plazo, manteniendo las condiciones iniciales y contando con un IPC desde el año 4 hasta el 7 del 5% como pronóstico. En la Tabla 29 se puede evidenciar el ejercicio desarrollado para la Factibilidad económica correspondiente a la implementación del LOVA en UNICATÓLICA.

Tabla 29 Factibilidad económica – Hipótesis 2

<i>IPC</i>		12%	7%	5%	5%	5%	5%	5%
<i>Tiempo</i>	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7
<i>Inversión</i>	- 5.777.400							
<i>Costo Operacional</i>	- 299.000	- 334.880	- 358.322	- 376.238	- 395.050	- 414.802	- 435.542	- 457.319
<i>Costo Personal</i>		-	-	-				
<i>Ingresos</i>		1.750.000	1.872.500	1.966.125	2.064.431	2.167.653	2.276.035	2.389.837
<i>Flujo de CN</i>	- 6.076.400	1.415.120	1.514.178	1.589.887	1.669.382	1.752.851	1.840.493	1.932.518
<i>TIR</i>	19%							
<i>Costo Oportunidad</i>	15%							
<i>VPN</i>	692.604							

Fuente Elaboración Propia

En esta hipótesis, la tasa interna de retorno es superior a el costo de oportunidad planteado, esto se refleja en una utilidad por valor de 692.604 pesos colombianos, esto manejando una inversión a mediano plazo.

7.3.3 Análisis de alternativas en el mercado

Contextualización

Los laboratorios son espacios en los cuales las universidades implementan herramientas académicas que fortalecen las capacidades de los estudiantes por medio de casos prácticos y experimentaciones, buscando desarrollar competencias y habilidades dentro del futuro profesional.

Algunos laboratorios que son utilizados por las universidades donde se llevan a cabo prácticas de medición, toma de tiempo, maximización y propuesta de mejoras son:

- LABORATORIO DE LEGO²

Es un laboratorio el cual emplea piezas de lego donde el estudiante deberá de armar en un tiempo determinado una máquina. El proceso deberá de repetirlo 3 veces y registrar el tiempo de construcción, y la forma en la cual construyo la máquina, al final el estudiante debe de realizar un reporte donde indique el tiempo estándar de construcción y una opción de mejora para minimizar el tiempo de construcción de la máquina. Este laboratorio tiene las siguientes condiciones:

- El kit de LEGO WeDo 2.0 cuenta con 280 piezas, un Smarthub, un Motor mediano, un Sensor de movimiento, un Sensor de inclinación y su Contenedor con bandeja clasificador y etiquetas, este no cuenta con repuestos o piezas sobrantes.
- Por kit se puede armar una sola máquina.

² LEGO es una marca registrada de LEGO System A/S

- El costo de un kit está alrededor de 104.000 pesos colombianos.

Bajo estas condiciones, el costo del laboratorio para 30 estudiantes se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 30 Costo de laboratorio lego WeDo2.0

Costos de laboratorio lego WeDo 2.0			
Concepto	Costo aproximado	Consumo semestral	Monto
	(pesos)		(pesos)
kit lego WeDo 2,0	\$ 104.000	30	\$ 3.120.000
Total	\$ 104.000	30	\$ 3.120.000

Nota: Precios a noviembre del 2022

Fuente: Elaboración propia

- LABORATORIO FLEXSIM

Este laboratorio es desarrollado de forma virtual, donde el estudiante adquiere una licencia del software FlexSim, en el cual construye la simulación de la producción de algún elemento, en este laboratorio el estudiante puede programar los tiempos de cada maquinaria que interviene en la producción del producto, al igual que puede determinar labores a operarios en la producción. Este laboratorio tiene las siguientes condiciones:

- El software es trabajado de forma individual por los estudiantes.
- El estudiante solo podrá simular la producción y el sistema arrojará los resultados de la simulación ejecutada.
- El costo anual de la licencia es de 628.551 pesos colombianos o 130 USD.

Bajo estas condiciones, el costo del laboratorio anualmente para 30 estudiantes se relaciona en la Tabla 31.

Tabla 31 Costo de laboratorio Flexim

Costos de laboratorio Flexim			
Concepto	Costo aproximado	Consumo semestral	Monto(pesos)
	(pesos)		
licencia del software anual Flexim	\$ 628.551	30	\$ 18.856.530
Total	\$ 628.551	30	\$ 18.856.530

Nota: Precios a noviembre del 2022

Fuente: Elaboración propia

8. CONCLUSIONES

En conclusión, la inversión de la propuesta de nuestro proyecto es de 7.047.900 pesos colombianos la cual puede ser costeada por UNICATÓLICA o por medio de un préstamo financiero donde su tasa interna de retorno será efectiva en 8 años por la producción del mismo. Esta propuesta contempla 5 máquinas de sistemas NFT donde su sistema de riego y control de las variables es automatizado, permitiendo así que el estudiante haga visitas periódicas a la plantación.

En los requerimientos académicos se concluyó que el implementar un laboratorio de optimización de variables agroindustriales en UNICATÓLICA como una herramienta académica influiría de manera positiva en el estudiante, cumpliendo con la etapa practica para la materia de Ingeniería de métodos, esto debido a que el estudiante realizará una simulación de producción en el laboratorio donde se verá expuesto a situaciones que se contemplan en una producción real de lechuga hidropónica.

Las condiciones técnicas para la realización de la propuesta que se entrega en este trabajo son alcanzables y desarrollables por UNICATÓLICA en materia de conocimiento profesional, disponibilidad de espacios para la construcción, clima de exposición y otros, al igual que todos los materiales necesarios para su construcción se consiguen en territorio nacional.

Los resultados económicos de la inversión, demostraron que es factible, esto siguiendo una de las dos hipótesis planteadas para el pago completo del proyecto o un coste completo para UNICATÓLICA, invirtiendo en un laboratorio el cual no tendrá un deterioro en un mediano plazo y obtendrá una rentabilidad del mismo.

Este trabajo va enfocado a la propuesta de una herramienta formativa que impulse los conocimientos y habilidades que busca aportar al desarrollo de UNICATÓLICA

por medio de los laboratorios ya existentes, implementar un laboratorio donde el estudiante se haga responsable de una producción real de lechuga hidropónica aumentara las capacidades de los estudiantes para identificar momentos de implementación de mejoras así como adaptar nuevos métodos a la producción y proponer ideas para la administración de la producción.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda seguir las siguientes especificaciones para obtener óptimos resultados en el sistema hidropónico y sus características:

- Calor extremo, el cultivo junto con el invernadero están expuestos a la energía solar durante el día es necesario:
- Medir constantemente el grado de calor por medio de un termómetro para asegurar el bienestar de la siembra.
- Controlar el grado de calor que afecta el interior de la cúpula geodésica usando enfriadores en el sistema.
- Frio extremo
- Mantener el invernadero cerrado en la medida de lo posible.
- Controlar las filtraciones de aire.
- Identificar las zonas que tengan un mayor grado de exposición al viento y reforzar la cubierta en estos espacios.
- Cubrir el invernadero con poli sombras, buscando la retención de calor en su interior.
- Presencia de insectos
- Elevar y mantener los elementos nutritivos a alturas no alcanzables por insectos.
- Promover una cultura de aseo en el domo, buscando prevenir la presencia de agentes y microorganismos externos del cultivo.

- Desperdicios en el sistema de riego
- Conocer el grado de absorción de líquido requerido por cada planta, buscando tener una cantidad exacta requerida por la siembra, para minimizar la evaporación del líquido nutriente evitando así su desecho.
- Medir y monitorear las altas temperaturas que se pueden presentar en la solución nutritiva, para prevenir su evaporación.
- Automatizar el sistema de riego.
- Alimentar las plantas con nutrientes en horas de la mañana, por la tarde usar el sistema de riego sin nutrición para minimizar el uso de los nutrientes consumidos por el la siembra y la evaporación del líquido.
- Por parte del sistema hidropónico, se recomienda evaluar la cantidad de agua a usar junto con su solución nutritiva correspondiente.
- Finalmente, se recomienda para futuras investigaciones sobre sistemas hidropónicos con enfoques investigativos, indagar o innovar en las diversas formas de nutrición en los cultivos. Esto debido a que la escasez hídrica es un hecho relevante que se debe de afrontar mediante cambios e innovaciones en materia de riego de nutrientes, buscando así generar cero desperdicios del hídrico nutricional como sustento vital de las plantas.

|10. REFERENCIAS

- Abdallah Arrieta, F., & Instituto Nacional de Aprendizaje - Costa Rica. (2015). HIDROPONIA. Instituto Nacional de Aprendizaje, AÑO 2016 ISBN 9977-937-43-5.
- Aguilar Ocampo, J. F., & Galeano Monsalve, C. (2018). Estudio de factibilidad para el almacén agrícola y ferretero Ferreagro en la ciudad de Pereira, teniendo en cuenta la población del Área Metropolitana Centro Occidente y Santa Rosa de Cabal.
- Alveal Concha, M. A., & Campos González, K. D. C. (2014). Estudio comparativo de sistemas de riego hidropónico y por goteo.
- Aquino, M. A. Z. (2015). Manual de Hidroponía.
- Benavides, J., Buenaventura, G., & Berggrun, L. (2017) Trabajos Académicos En Finanzas De Mercado Y Finanzas Corporativas.
- Biblioteca de Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium UNICATÓLICA (2017). Lanzamiento del Programa Ingeniería Industrial de UNICATÓLICA. Recuperado el 21 de junio 2017, de <https://www.UNICATÓLICA.edu.co/noticias/lanzamiento-programa-ingenieria-industrial/>
- Biblioteca de Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium UNICATÓLICA (2020). Nuestra Institución. Recuperado el 11 de junio 2020, de <https://www.unicatolica.edu.co/nuestra-institucion/>

Biblioteca de Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium UNICATÓLICA (2020). Acreditación de Alta Calidad a Licenciaturas en Informática y Filosofía. Recuperado el 11 de junio 2020, de <https://www.unicatolica.edu.co/noticias/acreditacion-alta-calidad-licenciatura-informatica-filosofia/>

Boletín de Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium UNICATÓLICA (2022). Inicia tu vida en la U. Recuperado el 20 de noviembre 2022, de <https://www.unicatolica.edu.co/noticias/inicia-tu-vida-en-la-u/>

Burbano Labrador, C. M. (2018). Sistema de monitoreo de gases de efecto invernadero de económica implementación.

Cabal Pérez, A. V., & Herrera Álzate, A. (2020). Sistemas hidropónicos adecuados para la producción urbana de alimentos en áreas marginales de Cali.

Cadena Ardila, M. D. P. (2017) Estudio de factibilidad para el cultivo hidropónico de fresa (*Fragaria x ananassa* d), en Facatativá Cundinamarca.

Calluqueo huenchuman, R. A. (2019). Estudio técnico en construcción de domo geodésico para cafetería.

Corredor, Y. A. V., & Pérez, L. I. P. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 59-72.

Coz Gamarra, G. S., & Poma Romero, S. M. (2019). El uso del sistema hidropónico escalonado y su influencia en el espacio arquitectónico de invernaderos productivos en el distrito de Pucará al 2018.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2022). Índice de precios al Consumidor (IPC). Recuperado el 20 de noviembre 2022, de <https://www.dane.gov.co/>

Doepking, C., Silva, E., & Troncoso, C. (2011). ¿Es importante la alimentación para los estudiantes universitarios?

Eyhorn, F., Heeb, M., & Weidmann, G. (2002). IFOAM manual de capacitación en agricultura orgánica para los trópicos [recurso electrónico]: teoría, transparencias y enfoque didáctico.

Gentium, F. U. C. L. (2022). Código de Buen Gobierno-UNICATÓLICA.

Gentium, F. U. C. L. (2022). Política de Planeación Institucional-UNICATÓLICA.

Geodesic dome calculator. (s/f). Acidome.com. Recuperado el 6 de noviembre de 2022, de https://acidome.com/lab/calcul/#7/12_Kruschke_GoodKarma_3V_R2.20_beams_120x40

López González, F., Sánchez, J. M., Suarez, S. L., & Díaz, J. A. (2015). Modelo de implementación de un cultivo hidropónico para la obtención de una ciudad agrícola.

- Lorenzo, P. (2012). El cultivo en invernaderos y su relación con el clima. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios (CEA), (3), 23-44.
- Martínez Peñaloza, P. A. (2013). Aeroponía como método de cultivo sostenible, rentable e incluyente en Bogotá DC (Bachelor's thesis, Universidad Piloto de Colombia).
- Martínez Trujillo, J. A., Cruz Montenegro, J. N., & Lemus Bedoya, N. E. (2020). Construcción de estructura para domo Geodesico, a base de plástico pet reciclado.
- Olivares, B. O., & Hernández, R. A. (2019). Sectorización ecoterritorial para la producción agrícola sostenible del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Carabobo, Venezuela. Ciencia & Tecnología Agropecuaria, 20(2), 323–338.
- Ortega Gontalez, R. (2017). Acuaponia Amazonia, [Trabajo de Investigación, Universidad Nacional de Colombia (U.N.)].
- Pizarro, V., Jana, C., Ibacache, G., Contreras, C., Leris, L., & Alfaro, V. (2020). Costos e ingresos productivos de hortalizas hidropónicas. Informativo INIA Intihuasi.
- Rojas Cardona, O., Vaca Lozano, J. Z., & Vaca Lozano, Y. A. (2017) Diseño e implementación de un sistema automatizado para invernadero hidropónico.
- Ruíz, C. D. R. E. (2017). Metodología para determinar la factibilidad de un proyecto. Revista Publicando, 4(13 (3)), 172-188.

- Sabourin, E. P., Patrouilleau, M. M., Le Coq, J. F., Vásquez, L., & Niederle, P. A. (2017). Políticas públicas a favor de la agroecología en América Latina y el Caribe. Red políticas públicas en América Latina y el Caribe (Red PP-LA).
- Sánchez Muchaypiña, P. F., Peche Damian, P. A., & Gamarra Veliz, W. P. (2021). Producción de lechugas hidropónicas en Lunahuaná para su comercialización en Lima Metropolitana.
- Sánchez, C., & Del Carmen, M. A. R. I. A. (2015). Desarrollo de un modelo de optimización para la distribución de planta en la producción hidropónica de la lechuga.
- Sánchez, I., & Adrián, S. (2013). Automatización y control del sistema NFT para cultivos hidropónicos.
- Siñani Flores, J. N. (2021) Evaluación del riego por mecha en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad waych´a bajo diferentes soluciones nutritivas en la zona de Callapa-La Paz (Doctoral dissertation).
- Suárez, ó. J. G., & gonzález, d. J. L. (2021). Módulo autónomo de medición de parámetros ambientales (temperatura, humedad y ph) para la predicción de indicadores óptimos en producción agrícola. *Con-ciencia y técnica*, 5(1), 114-119.
- Tenería, M. D. J. R. (2016). Uso de la hidroponía como recurso de la preservación del medio ambiente en niños de preescolar (Doctoral dissertation, 95)

Terceros, M. J., & Villacorta, W. B. (2019). Establecimiento de un sistema hidropónico con la técnica de película nutritiva (NFT) en el cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en la Estación Experimental Patacamaya, La Paz. *Apthapi*, 5(2), 1608-1615.

Tipos de Invernaderos - Multitunel - Tunel - Gotico. (s/f). Novagric.com. Recuperado el 6 de noviembre de 2022, de <https://www.novagric.com/es/venta-invernaderos-novedades/tipos-de-invernaderos/>

Velázquez, s., & Sánchez, m. G. B. Diseño y construcción de invernaderos para la producción de hortalizas. /horel lucio santizo velazquez (no. Sb 416. S26 2011.).

Villamarín, G. A. F. (2020). Procesos de enseñanza y aprendizaje significativo asociados a la ingeniería industrial, uso de la lúdica, el modelamiento y la simulación en el laboratorio integral de ingeniería industrial en Unicatólica (lúdicas lab3i). *Revista Lumen Gentium*, 4(2), 76-87.

Villar, M. A., & Interiano, R. E. (2004). Estudio de Factibilidad para la Producción y Comercialización de Tomate Hidropónico en Tegucigalpa, Honduras CA.

ANEXOS

Anexo 1. Plano de las partes del domo geodésico.

Anexo 2. Esquema de las estructuras internas.

Anexo 3. Distribución interna del invernadero.

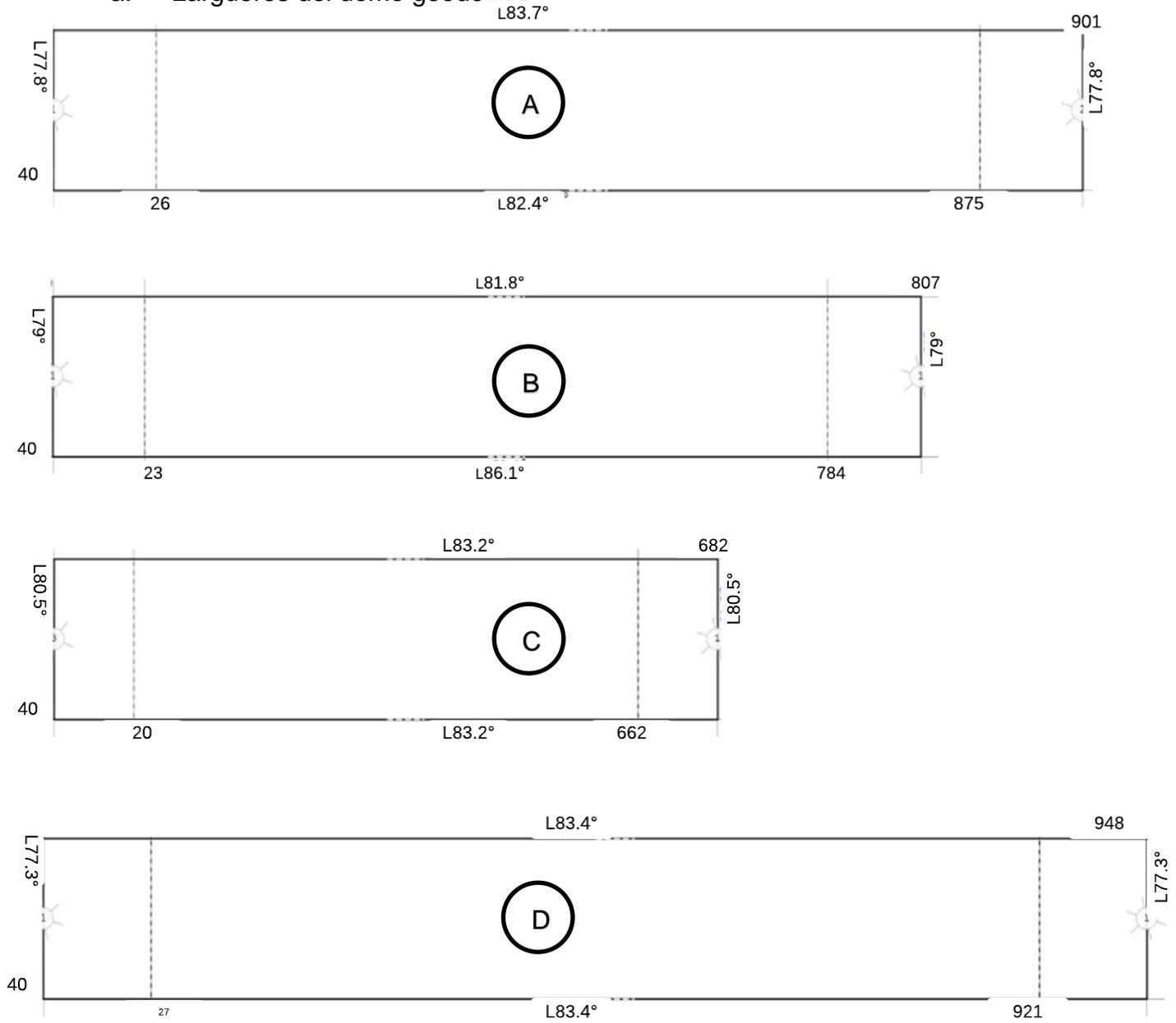
Anexo 4. Análisis de factibilidad económica.

Anexo 5. Certificados de divulgación científica del proyecto.

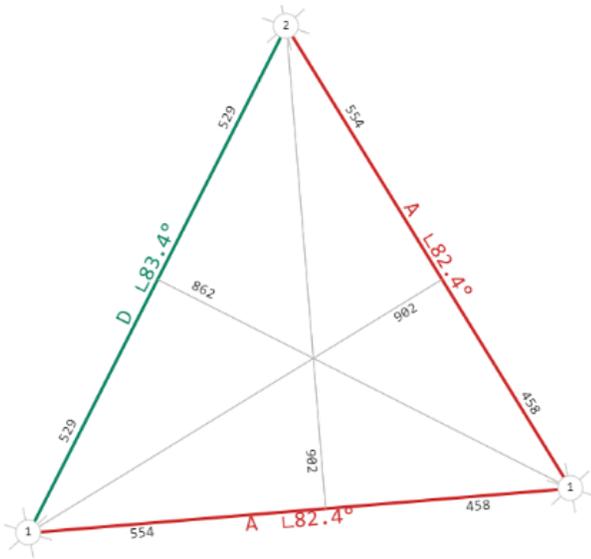
ANEXO 1

Plano de las Partes del domo geodésico

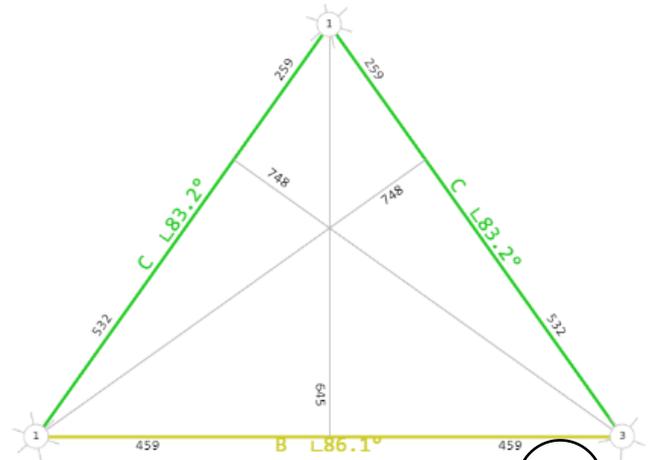
a. Largueros del domo geodésico



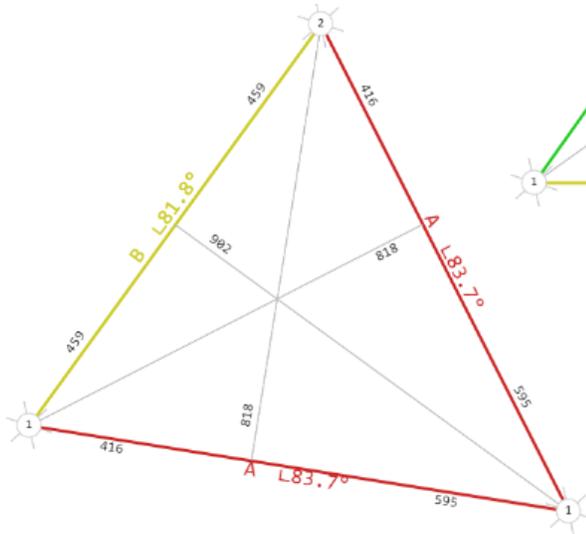
b. Caras del domo geodésicos



1

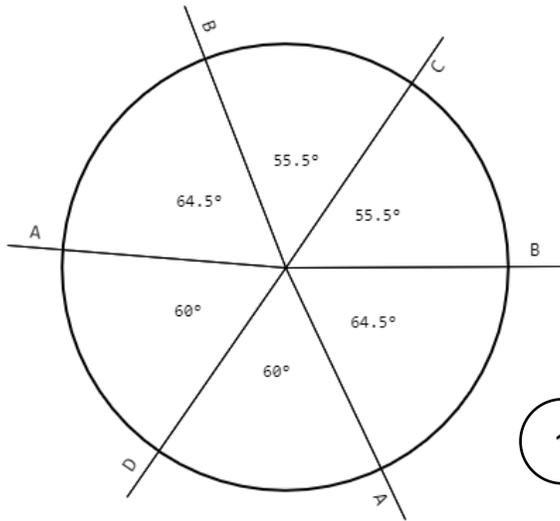


3

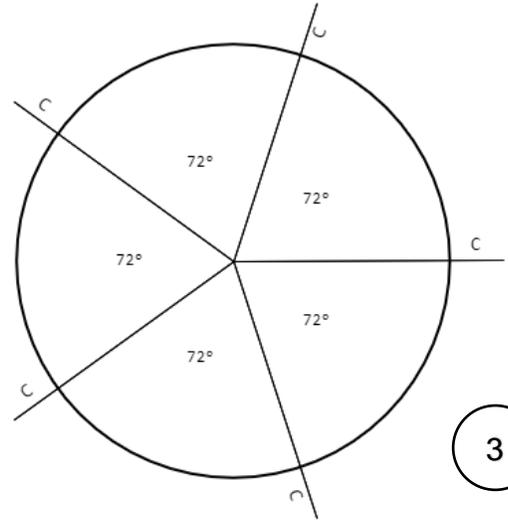


2

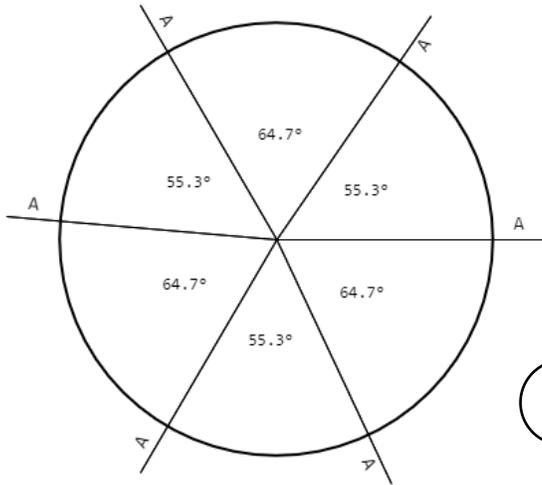
c. Vértices del domo geodésico



1



3

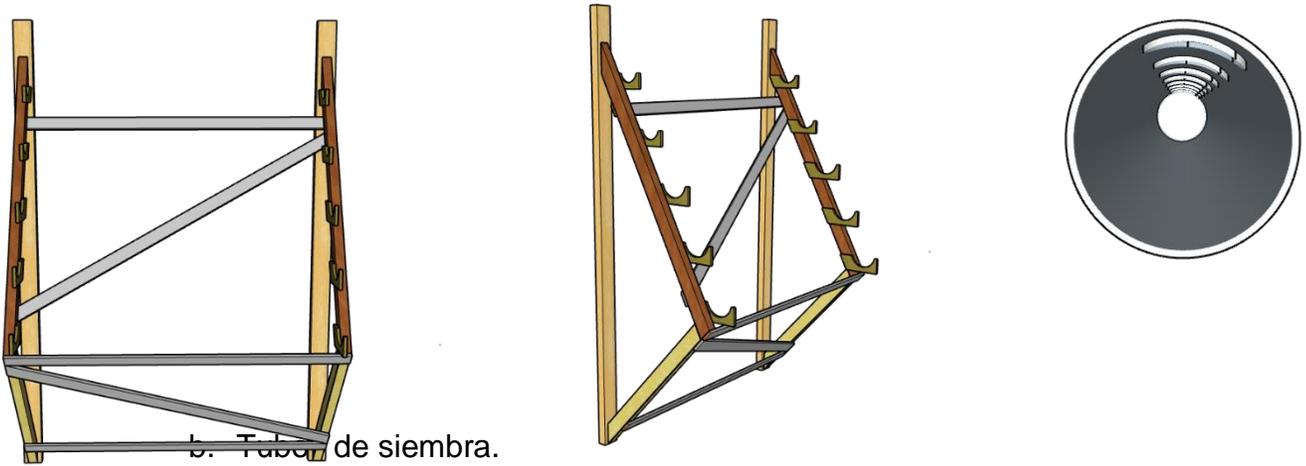


2

ANEXO 2

Esquema de las Estructuras Internas

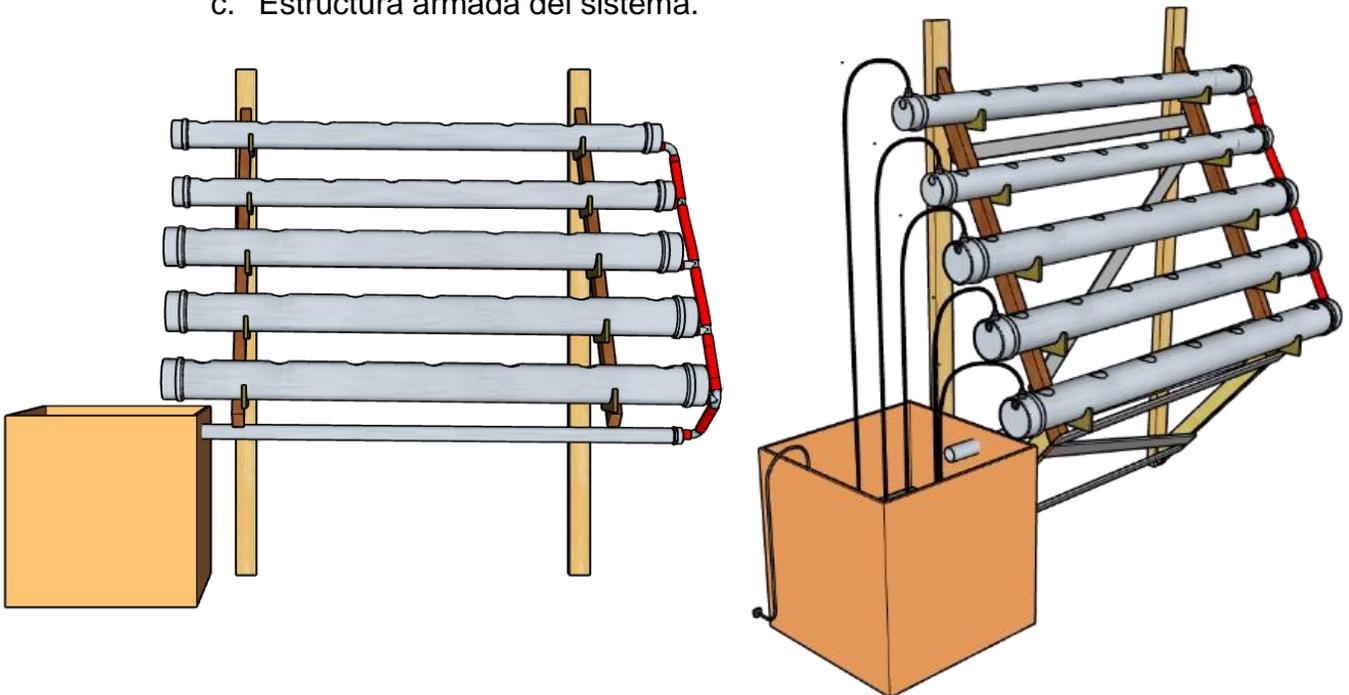
a. Estructura soporte de tubos para la siembra



b. Tubo de siembra.



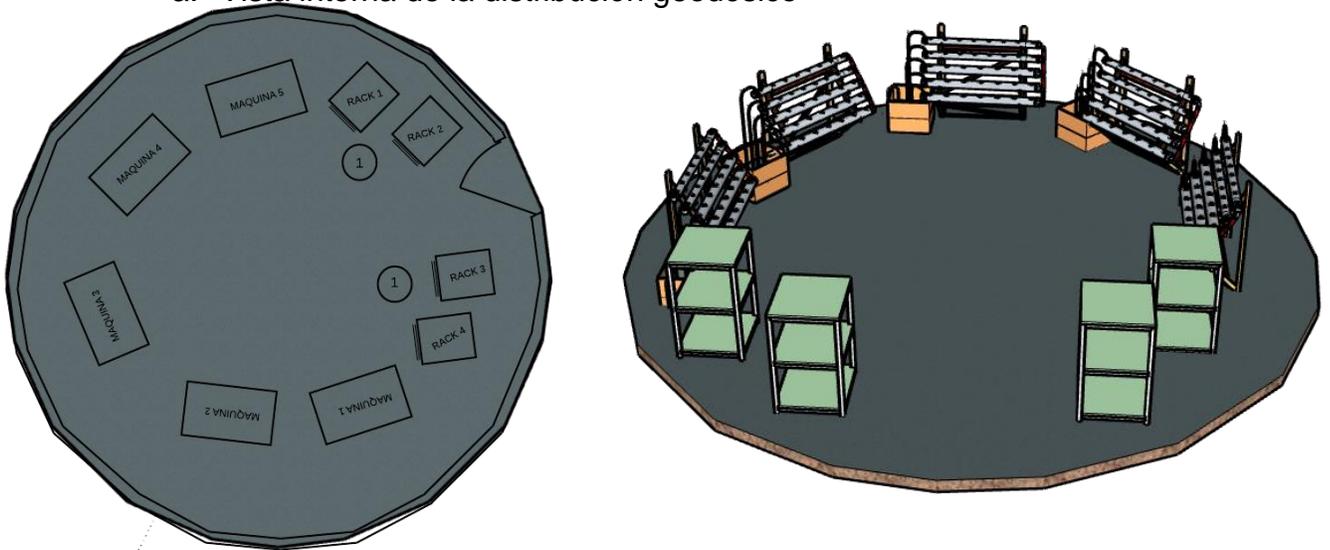
c. Estructura armada del sistema.



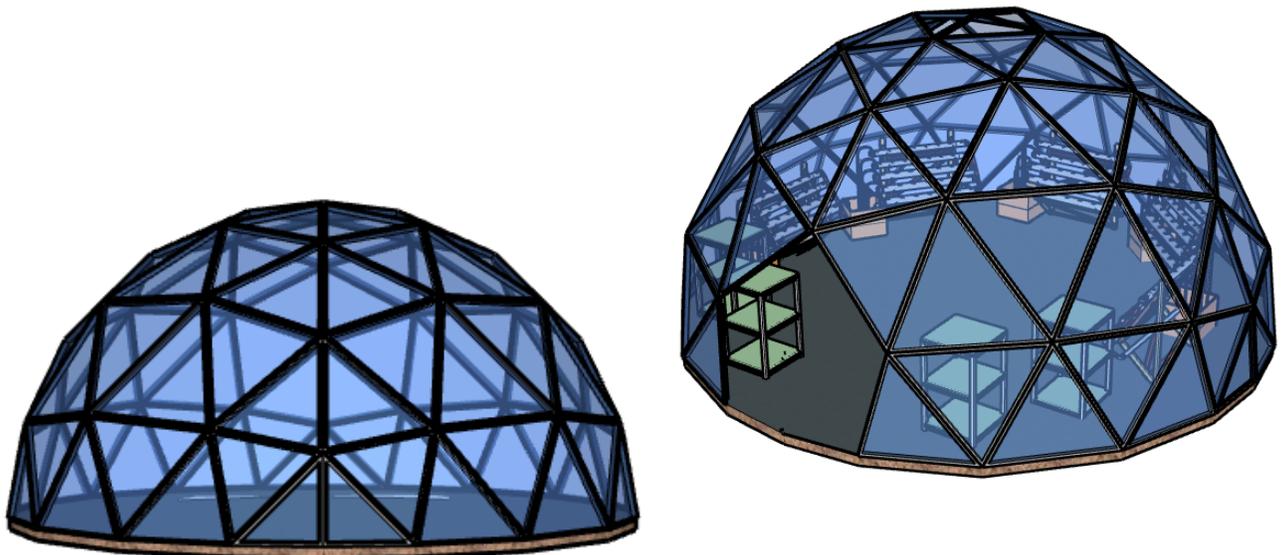
ANEXO 3

Distribución Interna del Invernadero

a. Vista interna de la distribución geodésico



b. Vista externa del domo geodésico



ANEXO 4

Análisis de Factibilidad Económica

Costos de la construcción del Laboratorio Propuesto			
Concepto	Costo aproximado (pesos)	Consumo	Monto (pesos)
Tubo pvc	\$ 63.900,00	11	\$ 702.900,00
Base del sistemas	\$ 250.000,00	5	\$ 1.250.000,00
Bomba de riego	\$ 20.000,00	5	\$ 100.000,00
Mangueras PE	\$ 56.000,00	1	\$ 56.000,00
Oxigenador	\$ 56.000,00	5	\$ 280.000,00
Deposito de liquido	\$ 56.000,00	5	\$ 280.000,00
Bandeja de germinacion	\$ 56.000,00	5	\$ 280.000,00
Valvula solenoide	\$ 56.000,00	5	\$ 280.000,00
Modulo rele	\$ 56.000,00	5	\$ 280.000,00
Sensor de nivel de liquido	\$ 56.000,00	5	\$ 280.000,00
Sensor de	\$ 56.000,00	5	\$ 280.000,00
Medidor de PH	\$ 56.000,00	5	\$ 280.000,00
Domo geodesico	\$ 2.400.000	1	\$ 2.400.000
Total	\$ 3.237.900	63	\$ 6.748.900

Costos del Laboratorio Propuesto semestral			
Concepto	Costo aproximado (pesos)	Consumo semestral	Monto (pesos)
semillas	\$ 5.500,00	1	\$ 5.500
Espuma agricola de	\$ 9.000,00	1	\$ 9.000
Solucion Nutritiva	\$ 135.000,00	1	\$ 135.000
Total	\$ 149.500	3	\$ 149.500

Costos de Personal Mensual			
Concepto	Costo aproximado (pesos)	Consumo semestral	Monto (pesos)
Laboratorista	\$ 1.000.000	1	\$ 1.000.000
Total	\$ 1.000.000	1	\$ 1.000.000

Ingresos por venta de produccion.				
Concepto	Valor Comercial (peso)	Produccion semestral	Ganancia semestral (peso)	Ganancias Anuales (pesos)
Lechuga	\$ 3.500	250	\$ 875.000	\$ 1.750.000

RESULTADOS

IPC		12%	7%	5%
TIEMPO	año 0	año 1	año 2	año 3
Costo construcción	- 6.748.900			
Costo Operacional	- 299.000	- 334.880	- 358.322	- 376.238
Costo Personal		-	-	-
Ingresos		1.750.000	1.872.500	1.966.125
Flujo de CN	- 7.047.900	1.415.120	1.514.178	1.589.887
TIR		-19%		
Costo Oportunidad		15%		
VPN	- 3.627.048			

PRIMERA HIPOTESIS

<i>IPC</i>		12%	7%	5%
<i>TIEMPO</i>	año 0	año 1	año 2	año 3
<i>Costo construcción</i>	-	3.121.852		
<i>Costo Operacional</i>	-	299.000	- 334.880	- 358.322 - 376.238
<i>Costo Personal</i>			-	-
<i>Ingresos</i>		1.750.000	1.872.500	1.966.125
<i>Flujo de CN</i>	-	3.420.852	1.415.120	1.514.178 1.589.887
<i>TIR</i>		15%		
<i>Costo Oportunidad</i>		15%		
<i>VPN</i>		0		

SEGUNDA HIPOTESIS

<i>IPC</i>		12%	7%	5%	6%	6%	6%	6%	6%
<i>TIEMPO</i>	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8
<i>Costo construcción</i>	-	6.748.900							
<i>Costo Operacional</i>	-	299.000	- 334.880	- 358.322 - 376.238	- 398.812	- 422.741	- 448.105	- 474.991	- 503.491
<i>Costo Personal</i>			-	-	-	-	-	-	-
<i>Ingresos</i>		1.750.000	1.872.500	1.966.125	2.084.093	2.209.138	2.341.686	2.482.188	2.631.119
<i>Flujo de CN</i>	-	7.047.900	1.415.120	1.514.178 1.589.887	1.685.281	1.786.397	1.893.581	2.007.196	2.127.628
<i>TIR</i>		17%							
<i>Costo Oportunidad</i>		15%							
<i>VPN</i>		493.424							

OTROS LABORATORIOS

Costos de laboratorio lego WeDo 2.0			
Concepto	Costo aproximado (pesos)	Consumo semestral	Monto (pesos)
kit lego WeDo 2,0	\$ 104.000,00	30	\$ 3.120.000,00
Total	\$ 104.000	30	\$ 3.120.000

Costos de laboratorio Flexim			
Concepto	Costo aproximado (pesos)	Consumo semestral	Monto (pesos)
licencia del software anual Flexim	\$ 628.551	30	\$ 18.856.530
Total	\$ 628.551	30	\$ 18.856.530

ANEXO 5

Certificados de Divulgación Científica



Yumbo, 13 de Noviembre de 2022

LA RED REGIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN RREDSI

Certifica:

Que el investigador(a) María Alejandra García Moreno identificado(a) con el número de documento 1144108635 participó como ponente del proyecto Diseño de un Laboratorio de Optimización de Variables Agrícolas (LOVA) bajo la modalidad de Proyecto en Curso e identificado con el código interno V2181-631 presentado en el marco del IX encuentro departamental de semilleros de investigación modalidad Virtual y la I Encuentro Internacional de Pasantías de Investigación DELFÍN - Nodo Valle del Cauca, desarrollados el 14 y 21 de agosto de 2020 en el municipio de Yumbo Valle del Cauca

Royer David Estrada Esponda

Coordinación Nodo Valle del Cauca - Universidad del Valle sede Tuluá
Red Regional de Semilleros de Investigación

Florencio Candelo Estacio

Director

Universidad del Valle Sede Yumbo



CERTIFICAN QUE

JEFERSON MARÍN MEDINA
Identificado con CC 1107531271

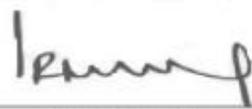
PARTICIPÓ EN CALIDAD DE

PONENTE

PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD LOVA (LABORATORIO DE OPTIMIZACIÓN DE
VARIABLES AGRÍCOLAS)




Sandra Patricia Valencia
Vicepresidenta Regional Pacífico de ACIET


Isabel Ramírez Mejía
Rectora Unicomfaucauca

CERTIFICAN QUE

MARÍA ALEJANDRA GARCÍA MORENO
Identificado con CC 1144108635

**PARTICIPÓ EN CALIDAD DE
PONENTE**



PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD LOVA (LABORATORIO DE OPTIMIZACIÓN DE
VARIABLES AGRÍCOLAS)


Sandra Patricia Valencia
Vicepresidenta Regional Pacífico de ACIET


Isabel Ramírez Mejía
Rectora Unicomfacauca



Tuluá 1 de Septiembre de 2021

LA RED REGIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN RREDSI

Certifica:

Que el investigador(a) Jeferson Marin Medina identificado(a) con el número de documento 1107531271 participó como ponente del proyecto Estudio de Factibilidad laboratorio de optimización de variables agrícolas (LOVA) bajo la modalidad de Proyecto en Curso e identificado con el código interno V2181-1059 presentado en el marco del X encuentro departamental de semilleros de investigación modalidad Virtual y la II Encuentro Internacional de Pasantías de Investigación DELFÍN - Nodo Valle del Cauca, desarrollados el 26 de agosto de 2021 en la ciudad de Santiago de Cali Valle del Cauca

Royer David Estrada Esponda
Coordinador Nodo Valle del Cauca

Red Regional de Semilleros de Investigación. Universidad del Valle sede Tuluá

José Hoover Salazar Ríos
Rector

Universidad Libre seccional Cali

Organiza



Apoyan



Tuluá 1 de Septiembre de 2021

LA RED REGIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN RREDSI

Certifica:

Que el investigador(a) María Alejandra García Moreno identificado(a) con el número de documento 1144108635 participó como ponente del proyecto Estudio de Factibilidad laboratorio de optimización de variables agrícolas (LOVA) bajo la modalidad de Proyecto en Curso e identificado con el código interno V2181-1059 presentado en el marco del X encuentro departamental de semilleros de investigación modalidad Virtual y la II Encuentro Internacional de Pasantías de Investigación DELFIN - Nodo Valle del Cauca, desarrollados el 26 de agosto de 2021 en la ciudad de Santiago de Cali Valle del Cauca



Royer David Estrada Esponda
Coordinador Nodo Valle del Cauca

Red Regional de Semilleros de Investigación. Universidad del Valle sede Tuluá



José Hoover Salazar Ríos
Rector

Universidad Libre seccional Cali

Organiza



Apoyan





RREDSI
Red Regional de
Semilleros de Investigación

**XI ENCUENTRO REGIONAL DE
SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN**



Corporación Universitaria Empresarial
**Alexander von
Humboldt**

La Red Regional de Semilleros de Investigación del Eje Cafetero y Valle – RREDSI

Certifica que:

María Alejandra García Moreno

Identificado (a) con cédula de ciudadanía No. 1144108635

*Ha culminado satisfactoriamente su participación en la categoría
de Ponencia, titulada **Estudio de Factibilidad laboratorio de optimización de variables agrícolas (LOVA)**.*

Adriana María Zuluaga
Coordinadora del Nodo Quindío RREDSI

Adriana Gutiérrez Salazar
Vicerrectora Académica

Armenia, octubre 27 y 28 de 2021



RREDSI
Red Regional de
Semilleros de Investigación

**XI ENCUENTRO REGIONAL DE
SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN**



Corporación Universitaria Empresarial
**Alexander von
Humboldt**

La Red Regional de Semilleros de Investigación del Eje Cafetero y Valle – RREDSI

Certifica que:

Jefferson Marín Medina

Identificado (a) con cédula de ciudadanía No. 1107531271

*Ha culminado satisfactoriamente su participación en la categoría
de Ponencia, titulada **Estudio de Factibilidad laboratorio de optimización de variables agrícolas (LOVA)***

Adriana María Zuluaga
Coordinadora del Nodo Quindío RREDSI

Adriana Gutiérrez Salazar
Vicerrectora Académica

Armenia, octubre 27 y 28 de 2021



Certifican que:

María Alejandra García Moreno

Participó como ponente en el 6º Encuentro Interinstitucional de Semilleros de Investigación.
Áreas temáticas: Salud y medio ambiente, Administración y Negocios, Globalización y Ciudadanía, con
el proyecto de investigación:

Estudio de factibilidad técnica de un laboratorio de optimización
de variables agroindustriales.

Evento realizado en la UNAB- Octubre 14 de 2022.

Yaneth Rocío Orellana Hernández
Decana Facultad de Estudios Técnicos y
Tecnológicos

unab.edu.co



Certifican que:

Jeferson Marín Medina

Participó como ponente en el 6º Encuentro Interinstitucional de Semilleros de Investigación.
Áreas temáticas: Salud y medio ambiente, Administración y Negocios, Globalización y Ciudadanía, con
el proyecto de investigación:

Estudio de factibilidad técnica de un laboratorio de optimización
de variables agroindustriales.

Evento realizado en la UNAB- Octubre 14 de 2022.

Yaneth Rocío Orellana Hernández
Decana Facultad de Estudios Técnicos y
Tecnológicos

unab.edu.co