

**MONOGRAFIA**

**PROYECTO:**

Propuesta de Innovación en Invernaderos para el Cultivo de Rosas en Facatativá aplicando metodologías  
PMI Y SCRUM

**PRESENTADO POR:**

JOSE ESTIVEN PINZON HERNÁNDEZ – ID 21808

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA:

INGENIERIA MECATRONICA

FACATATIVÁ

2024

**MONOGRAFIA**

**PROYECTO:**

Propuesta de Innovación en Invernaderos para el Cultivo de Rosas en Facatativá aplicando metodologías  
PMI Y SCRUM

PRESENTADO POR:

JOSE ESTIVEN PINZON HERNÁNDEZ – ID 21808

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA:

INGENIERIA MECATRONICA

FACATATIVÁ

2024

## **Resumen**

La presente monografía propone un diseño teórico para la automatización de invernaderos en el sector floricultor de Facatativá, utilizando como marco metodológico las mejores prácticas de gestión de proyectos basadas en PMI (Project Management Institute) y Scrum. El objetivo es presentar un proyecto de automatización que responda a los desafíos del sector, enfocándose en la sostenibilidad, la eficiencia y el uso óptimo de los recursos a través de la implementación de tecnología avanzada.

En la presente investigación aborda la importancia de la gestión de proyectos en el desarrollo de soluciones tecnológicas para la agricultura. La propuesta de diseño se apoya en metodologías ágiles para permitir una planificación flexible, colaborativa y eficiente. Mediante PMI, se estructura el proyecto en fases detalladas que abarcan desde la planificación, ejecución y control del proyecto hasta la entrega de un diseño teórico que pueda ser implementado en el futuro. Scrum, por su parte, asegura una adaptación constante a las necesidades y cambios del entorno.

## **Planteamiento del Problema**

A pesar de la relevancia económica del sector floricultor en Facatativá, los invernaderos actuales no cumplen con las condiciones óptimas para el crecimiento de las rosas. Estos invernaderos, mayoritariamente contruidos con materiales básicos como madera y polietileno, presentan una vida útil de apenas 24 a 36 meses, lo que genera la necesidad de frecuentes reemplazos y altos costos operativos. Según estudios realizados en la región, los materiales utilizados en la construcción de invernaderos influyen directamente en la calidad de las plantas y en la eficiencia de los procesos de cultivo (Muñoz & Pérez, 2020). El uso de materiales como el polietileno contribuye a una escasa capacidad de aislamiento térmico, lo que resulta en fluctuaciones de temperatura que afectan negativamente el crecimiento de las rosas.

Además, los sistemas actuales de control de temperatura son rudimentarios y, en muchos casos, no automatizados. Estos sistemas dependen de la intervención manual, lo que no permite un control preciso de la temperatura en momentos críticos, ocasionando pérdidas por heladas y variaciones climáticas. Diversos informes del sector agrícola sugieren que la automatización de sistemas de climatización puede incrementar la productividad y mejorar la calidad de las cosechas al garantizar un ambiente controlado y optimizado (González et al., 2018).

Por otra parte, la competencia en los mercados internacionales y la creciente demanda de sostenibilidad por parte de los consumidores y regulaciones ambientales aumentan la presión sobre los floricultores de Facatativá para modernizar sus prácticas. La eficiencia en el uso de recursos, la optimización de los procesos de producción y la adopción de tecnologías innovadoras son claves para mantener la competitividad en un mercado global. Estudios sobre sostenibilidad agrícola resaltan que la implementación de tecnologías verdes, como invernaderos automatizados y

construidos con materiales duraderos, puede reducir el impacto ambiental y aumentar la viabilidad económica a largo plazo (Rodríguez & Martínez, 2021).

Además de los problemas técnicos y ambientales, se ha observado que las fluctuaciones en la demanda internacional de flores, así como las variaciones en los precios de los insumos agrícolas, como fertilizantes y pesticidas, representan desafíos adicionales. La volatilidad del mercado impone a los floricultores la necesidad de adaptar sus operaciones para ser más resilientes y flexibles. La capacidad de predecir y responder rápidamente a cambios en las condiciones climáticas, el abastecimiento de insumos o las normativas de exportación es un factor clave en la sostenibilidad del sector. Esto también destaca la importancia de adoptar tecnologías que no solo mejoren las condiciones de cultivo, sino que también optimicen el uso de recursos como el agua y la energía, reduciendo costos y mejorando la productividad.

Otro aspecto relevante es el limitado acceso a la capacitación técnica y tecnológica por parte de los floricultores locales. Si bien se reconoce la necesidad de adoptar innovaciones, la falta de formación especializada y de apoyo financiero dificulta la implementación de sistemas automatizados en las pequeñas y medianas empresas. Estudios previos han señalado que el éxito de la modernización agrícola depende no solo de la disponibilidad de tecnologías avanzadas, sino también de la capacitación de los trabajadores y gerentes en su uso efectivo (Hernández & Salgado, 2019).

Finalmente, la necesidad de modernización de la infraestructura agrícola en Facatativá también responde a la creciente preocupación por la sostenibilidad ambiental. Los invernaderos tradicionales no solo tienen un impacto ambiental negativo debido a la corta vida útil de los materiales y la dependencia de sistemas ineficientes de control climático, sino que también contribuyen a un consumo excesivo de recursos hídricos y energéticos. Este proyecto propone la adopción de soluciones más eficientes y sostenibles que respondan tanto a las demandas del mercado como a las presiones regulatorias y ambientales, lo cual es fundamental para la permanencia y éxito del sector floricultor a largo plazo.

## **Importancia del Proyecto**

El proyecto no solo apunta a mejorar la eficiencia y la calidad de la producción de rosas en Facatativá, sino también a abordar varios desafíos clave:

1. **Sostenibilidad Ambiental:** El uso de materiales duraderos y la implementación de sistemas automatizados de control de temperatura pueden reducir significativamente el impacto ambiental de la producción de flores. Los invernaderos más eficientes pueden reducir el consumo de energía y minimizar el desperdicio de materiales.

2. **Competitividad en el Mercado:** Al mejorar la calidad y la cantidad de la producción, los floricultores locales podrán competir más efectivamente en los mercados nacionales e internacionales. Esto es crucial dado que países como los Países Bajos y Ecuador también tienen una fuerte presencia en el mercado global de flores.
3. **Desarrollo Económico Local:** La mejora de las condiciones de producción puede generar más empleos y estabilidad económica en la región. Al atraer más inversiones y mejorar la rentabilidad, el sector floricultor puede desempeñar un papel aún más importante en la economía local.
4. **Calidad del Producto:** Las rosas de alta calidad son cruciales para mantener y expandir la cuota de mercado de Colombia en el ámbito internacional. El control preciso de las condiciones de cultivo puede garantizar que las flores cumplan con los estándares de calidad exigidos por los mercados de exportación.

### **Formulación del Problema**

¿Cómo puede el diseño de un invernadero automatizado y sustentable, basado en la utilización de acrílicos y un sistema de climatización eficiente, mejorar las condiciones de crecimiento de las rosas en Facatativá y contribuir al aumento de su producción y competitividad en el mercado nacional e internacional?

### **Justificación**

El sector floricultor en Facatativá es una de las principales actividades económicas de la región, desempeñando un papel crucial en la generación de empleo e ingresos para la comunidad local. La producción de flores, especialmente de rosas, ha sido históricamente significativa, atrayendo inversiones y contribuyendo al crecimiento económico de la zona. Sin embargo, el sector enfrenta varios desafíos que amenazan su competitividad y sostenibilidad a largo plazo.

Para ello se busca sustentar la importancia del proyecto mediante los siguientes postulados

En Facatativá, la industria de la floricultura juega un papel esencial en la economía local, siendo una de las principales actividades económicas de la región. La producción de flores, en particular de rosas, ha sido históricamente relevante en la zona, atrayendo inversiones y generando empleos para la comunidad (Gómez, 2020).

El favorable clima y las condiciones geográficas de Facatativá son ideales para el cultivo de flores, lo que ha llevado al crecimiento de numerosas empresas floricultoras en la región (López & Rodríguez, 2018). Estas empresas no solo satisfacen la demanda local, sino que también exportan a mercados internacionales, contribuyendo al desarrollo económico y a la visibilidad global de la ciudad (González, 2021).

Sin embargo, el sector floricultor en Facatativá enfrenta varios retos, como la necesidad de mejorar la eficiencia en el uso de recursos, optimizar la producción y competir en el ámbito internacional (Hernández et al., 2020). Además, la sostenibilidad ambiental y el cuidado de los recursos naturales son cada vez más relevantes para las empresas, que buscan adoptar prácticas más responsables y respetuosas con el medio ambiente (Díaz, 2019).

A pesar de estos retos, el sector floricultor en Facatativá también presenta importantes oportunidades para su crecimiento y desarrollo. La creciente demanda de flores a nivel nacional e internacional, junto con una mayor apreciación de las flores como elementos decorativos y símbolos de afecto, ofrece un panorama positivo para las empresas floricultoras locales (Pérez, 2020).

A continuación, se presenta una tabla con datos relevantes sobre las exportaciones de flores en Colombia:

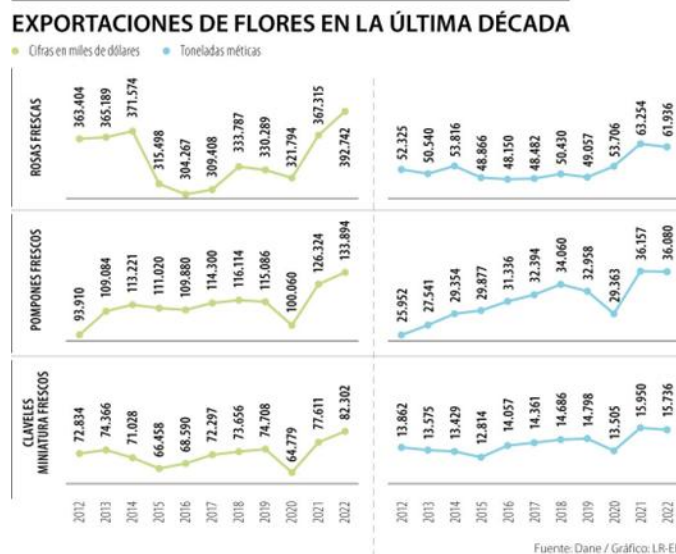


Gráfico 1 "La República". (2023, 13 de febrero). Las exportaciones de flores crecieron 19.1% en 2022 y las rosas lideran el segmento

En este contexto, es fundamental subrayar que Colombia, y específicamente Facatativá, se distingue como uno de los principales exportadores de flores a nivel global. Según datos del DANE, en 2022, el país exportó 241 millones de kilos netos de flores frescas, lo que representó un incremento del 9% en comparación con el volumen exportado en 2021. Estas exportaciones generaron ingresos por US\$2.029,7 millones, situando al sector como el segundo producto no minero más exportado. Estados Unidos es el principal mercado, absorbiendo el 80,2% del total de exportaciones, seguido por Canadá, Reino Unido, Japón y Países Bajos. Dentro de las

exportaciones de flores colombianas, las rosas ocupan un lugar destacado, representando un alto porcentaje de las ventas totales, seguidas por los pompones frescos y los claveles miniatura. Este éxito en las exportaciones tiene un impacto no solo económico, sino también social, al generar más de 200.000 empleos directos e indirectos en 90 municipios del país, con un porcentaje significativo de estos empleos formales directos ocupados por mujeres (Carmen Caballero, presidenta de ProColombia).

## MARCO GEOGRAFICO

El municipio de Facatativá está ubicado en el extremo occidental de la sabana de Bogotá, a 36 km de la capital, con coordenadas  $4^{\circ}48'53''N$   $74^{\circ}21'19''O$ . Este territorio se encuentra delimitado por dos ramificaciones de la Cordillera Oriental, formadas por los cerros "Aserraderos" y "Santa Helena". Una de estas ramificaciones sigue una dirección de occidente a oriente, formando el cerro de Manjuy, que es la elevación más alta del municipio.

La otra ramificación sigue una dirección de sur a norte, conformando los cerros de Churrasi y Piedrecitas, entre otros, y finaliza en el punto conocido como la vuelta del cerro, en el camino que conduce hacia Subachoque y Zipaquirá. Facatativá está a una altitud media de 2586 metros sobre el nivel del mar.

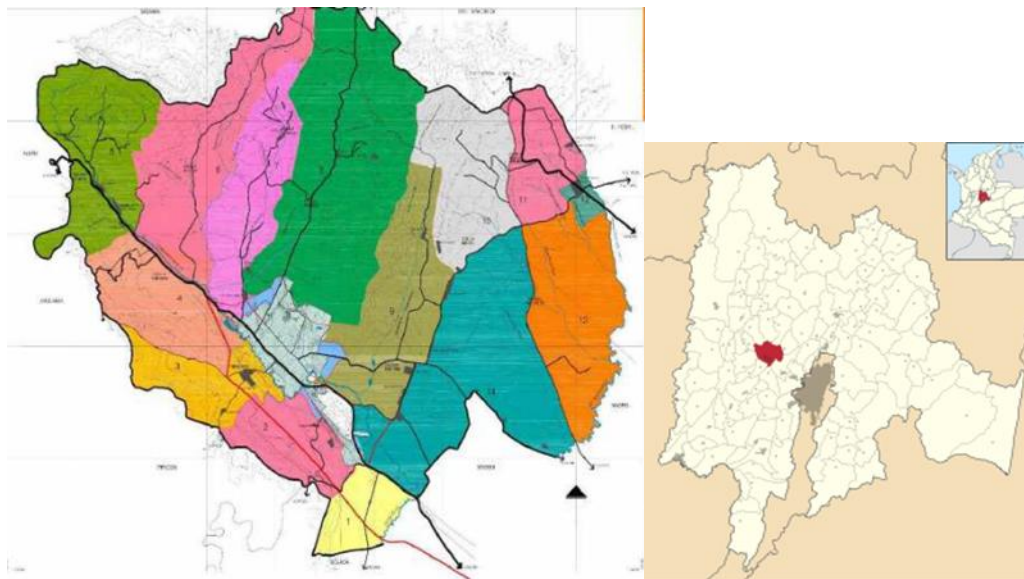


Imagen 1 “Mapas de Cundinamarca. (2023). Municipio de Facatativá [Imagen]. Mapas de Cundinamarca.”

El municipio está atravesado por una red hidrográfica en la que destaca como principal curso de agua el río Los Andes, también conocido como Botello o Tenequene, que nace al

suroccidente del casco urbano y desemboca en el río Bojacá. Entre sus afluentes están el río Pava y la Quebrada El Vino.

Los límites del municipio son:

- **Norte:** Departamento del rosal
- **Sur:** Departamento de Zipacón
- **Occidente:** Departamento de Sasaima
- **Oriente:** Departamento de Madrid
- **Extensión del municipio de Facatativá**
- **Extensión total:** 158 km<sup>2</sup>

• Temp. Max. Media (°C)	19.2
Temp. Media. (°C)	13.1
Temp. min meida (°C)	-6.4
Precipitación Total mm	52
Días de precipitaciones	12
Horas de sol	166
Humedad relativa %	81

Tabla 1 “E.O.T Municipio de Facatativá. (s.f.). Plan de Ordenamiento Territorial (POT) . Alcaldía de Facatativá”

Debido a su altitud, Facatativá tiene un clima ecuatorial de montaña clasificado como Csb<sub>i</sub>, con una temperatura media anual de 13 °C. Sin embargo, experimenta dos periodos de "heladas": el primero entre diciembre y marzo, y el segundo en julio y agosto. Durante estos periodos, la temperatura diurna puede alcanzar hasta 22 °C, pero por la noche desciende a una media de 0 °C, con excepción de diciembre y enero, cuando la temperatura nocturna promedio es de -3 °C.

El clima de la ciudad se caracteriza por abundantes lluvias, aunque suele haber una temporada seca entre mayo y agosto. Además, de forma esporádica a lo largo del año, se presentan granizadas, especialmente en las áreas rurales de mayor altitud.

### **Población (2022)**

- **Total:** 167,309 habitantes
- **Densidad:** 0,74 hab/km<sup>2</sup>
- **Urbana:** 156,354 habitantes

### **Red Vial Principal**

- **Vía Nacional**

- **Carrera 1<sup>a</sup>:** Con una longitud de 5,50 km
- **Vías Urbanas**
  - **Calle 15:** Con una longitud de 1,8 km dentro del perímetro urbano
  - **Vía El Rosal:** Con una longitud de 3,6 km dentro del perímetro urbano

### **Vías Complementarias**

- El municipio de Facatativá cuenta con un total de 5 vías complementarias, distribuidas en la carrera 2, 5, y 10, así como en la calle 5 y 8, que en conjunto abarcan 9 km.

### **Vías Secundarias**

- Facatativá también cuenta con 5 vías secundarias, distribuidas en la calle 3, 4, 6, 7 y 11, que suman un total de 4 km.

## **MARCO HISTORICO**

El dinamismo de la exportación de flores en Colombia ha cobrado protagonismo en los últimos años, tal como lo evidencian diversas fuentes. Según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), analizados por ProColombia, el país experimentó un crecimiento destacado del 19,1% en las exportaciones de flores frescas durante 2022 (La República, 2023). Este aumento resalta la capacidad del sector floricultor colombiano para adaptarse y satisfacer las demandas del mercado internacional.

Un factor crucial que ha impulsado este dinamismo es la diversificación y mejora constante de la oferta de flores en Colombia. Aunque las rosas han sido tradicionalmente el producto principal en las exportaciones, otras variedades han ganado relevancia en los mercados internacionales. Por ejemplo, las exportaciones de pompones frescos y claveles miniatura han registrado un crecimiento notable en los últimos años, lo que demuestra la habilidad de la industria para diversificar su oferta y adaptarse a las preferencias cambiantes de los consumidores (La República, 2023).

Además, el sector floricultor colombiano ha mostrado una gran capacidad para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades del entorno global. La adopción de prácticas sostenibles, la eficiencia en el uso de recursos y la implementación de tecnologías innovadoras han contribuido a mejorar la competitividad de las empresas colombianas en el mercado internacional. Este enfoque proactivo hacia la excelencia ha consolidado a Colombia como un actor destacado en el mercado mundial de flores frescas.

El éxito de la exportación de flores en Colombia también se ha visto impulsado por una estrategia sólida de promoción y comercialización tanto a nivel nacional como internacional. La participación en ferias comerciales, la colaboración con socios estratégicos y la ejecución de campañas de marketing efectivas han aumentado la visibilidad y la demanda de las flores colombianas en los mercados globales. Este enfoque proactivo en la promoción de la marca Colombia ha reforzado la posición del país como un proveedor confiable y de alta calidad en el mercado internacional de flores frescas.

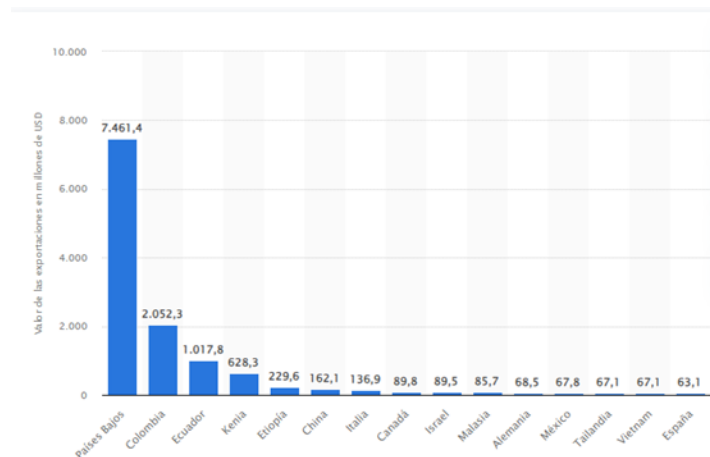


Gráfico 2 Adaptado de Statista. (2023, 30 de noviembre). *Principales exportadores de flores del mundo según valor de exportación en 2021*

Según los datos proporcionados por Abigail Orús en noviembre de 2023, la industria floricultora mundial experimentó desarrollos significativos durante el año 2022. Los Países Bajos se consolidaron como el líder indiscutible en el mercado de exportación de flores, alcanzando un impresionante valor de exportación de \$7,461.4 millones de USD. Esta cifra refleja la sólida posición de los Países Bajos en la industria, respaldada por su larga trayectoria y su capacidad para producir una amplia variedad de flores de alta calidad.

En paralelo, Colombia emergió como un jugador clave en el mercado global, ubicándose en el segundo lugar con un valor de exportación de \$2,052.3 millones de USD. La industria floricultora colombiana ha sido reconocida por la calidad y diversidad de sus productos, en especial las aclamadas rosas colombianas. Este éxito ha impactado mucho en la economía y el desarrollo social del país, generando importantes beneficios en empleo y crecimiento regional.

Ecuador, por su parte, también dejó una huella notable en el mercado internacional de flores, ocupando el tercer lugar con un valor de exportación de \$1,017.8 millones de USD. Gracias a sus condiciones climáticas favorables y su enfoque en la sostenibilidad, Ecuador ha ganado reconocimiento por la calidad de sus flores, especialmente las emblemáticas rosas ecuatorianas.

Estos datos destacan la importancia y diversidad de los principales exportadores de flores en 2022. Cada país ha hecho una contribución única al mercado global de flores frescas, mostrando su compromiso con la calidad, la sostenibilidad y la innovación. La información proporcionada por Abigail Orús en noviembre de 2023 ofrece una visión clara del panorama actual de la industria floricultora a nivel mundial.

En Colombia, la producción de flores se ha consolidado como una de las principales industrias agrícolas, con el país siendo reconocido a nivel mundial por la calidad y variedad de sus flores, particularmente las rosas, que representan una de las especies más importantes en términos de producción y exportación.

Datos generales sobre la producción de rosas en Colombia:

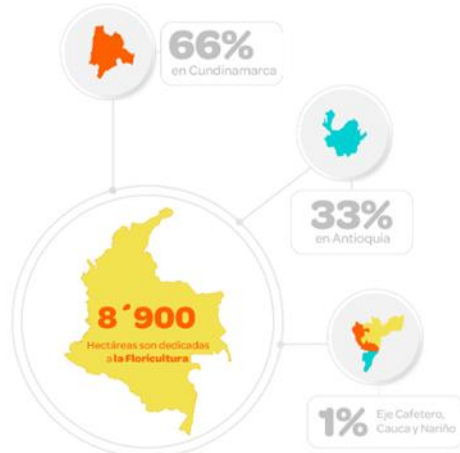


Imagen 2 “CENIFLORES. (2023). Sector floricultor. CENIFLORES.”

Colombia alberga más de 600 especies de flores, entre las cuales las rosas destacan especialmente en términos de producción y exportación. Se estima que existen alrededor de 9,000 hectáreas dedicadas al cultivo de flores en todo el país, con una distribución geográfica significativa.

### **Distribución de la producción de rosas por regiones y departamentos:**

- **Cundinamarca:**

Representa aproximadamente el 66% de la producción total de rosas en Colombia.

Gracias a su clima favorable y condiciones geográficas ideales, Cundinamarca se posiciona como uno de los principales productores de flores en el país, incluyendo las rosas.

- **Antioquia:**

Contribuye con alrededor del 33% de la producción total de rosas en Colombia.

Antioquia es otro importante centro de producción de flores, con las rosas jugando un papel significativo en su actividad agrícola.

- **Otros departamentos:**

El porcentaje restante de la producción se distribuye en otros departamentos de Colombia.

Aunque en menor medida que Cundinamarca y Antioquia, varios otros departamentos también participan en la producción de rosas y otras flores, aportando al panorama general de la industria florícola del país.

En resumen, la producción de rosas en Colombia es un componente clave de la industria florícola, con una concentración significativa en departamentos como Cundinamarca y Antioquia, aunque otras regiones también contribuyen en menor medida.

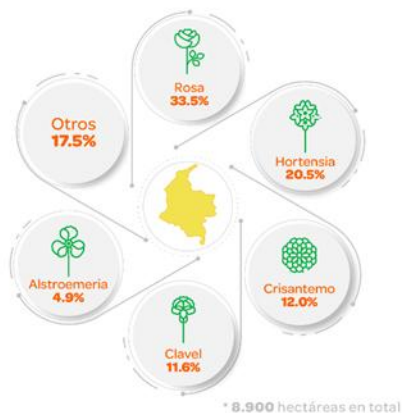


Gráfico 3 ““CENIFLORES. (2023). Sector floricultor. CENIFLORES.””

Con un 33.5% del territorio dedicado a la plantación de rosas, esta flor se consolida como el cultivo principal dentro de la industria florícola en Colombia. La alta demanda tanto en el mercado nacional como en el internacional, sumada a las condiciones climáticas y geográficas favorables en regiones como Cundinamarca y Antioquia, convierte a la rosa en un producto clave para la economía agrícola del país.

Cabe destacar la diversidad de cultivos que coexisten en el sector florícola colombiano, como la hortensia, el crisantemo, el clavel, la alstroemeria, entre otros. En el mercado, cada cultivo posee características y demandas específicas, pero la predominancia de la rosa resalta su importancia estratégica para la economía del país y subraya la necesidad de considerarla producto central en el proyecto evaluado.

Este análisis nos ofrece una comprensión más profunda del contexto en el que se desarrolla el proyecto, resaltando la importancia de centrarse en la producción de rosas, no solo por su significativa participación en el territorio, sino también por su relevancia en la economía florícola de Colombia.

Por lo anterior, es primordial conocer la industria floricultura de la región, para realizar procesos a la altura de las expectativas del sector, como la innovación de invernaderos mediante diferentes metodologías propuestas en esta monografía.

## Relevancia del Proyecto

5. **Mejora de Infraestructura y Tecnología:** Los invernaderos actuales en Facatativá, construidos principalmente con madera y polietileno, no proporcionan las condiciones

óptimas para el cultivo de rosas. Su vida útil limitada y los sistemas rudimentarios de control de temperatura resultan en costos operativos altos y producción de baja calidad. El desarrollo de invernaderos automatizados y sustentables, construidos con materiales más duraderos como el acrílico, y equipados con sistemas de climatización eficientes, abordará estos problemas, mejorando significativamente las condiciones de cultivo y la rentabilidad.

6. **Impacto Económico y Social:** La implementación de invernaderos modernos contribuirá al aumento de la producción y calidad de las rosas, fortaleciendo la posición de Facatativá en los mercados nacionales e internacionales. Esto no solo generará mayores ingresos por exportaciones, sino que también creará más empleos, mejorando la estabilidad económica y social de la región. La floricultura en Facatativá no solo es una fuente de ingresos, sino también una fuente de orgullo cultural y patrimonio local.
7. **Sostenibilidad Ambiental:** La adopción de tecnologías avanzadas y prácticas de cultivo sostenibles reducirá el impacto ambiental de la producción de flores. Los sistemas automatizados de control de temperatura y riego optimizarán el uso de recursos, minimizando el desperdicio y mejorando la eficiencia energética. Esto no solo responde a la creciente demanda de prácticas agrícolas responsables, sino que también asegura la sostenibilidad a largo plazo del sector floricultor en Facatativá.
8. **Competitividad en el Mercado Global:** En un contexto de creciente competencia internacional, es crucial que los productores de flores de Facatativá adopten tecnologías y prácticas que les permitan mantenerse competitivos. Países como los Países Bajos y Ecuador han avanzado significativamente en la producción y exportación de flores de alta calidad. Mejorar la infraestructura y los métodos de cultivo en Facatativá permitirá a los floricultores locales competir en igualdad de condiciones, expandiendo su participación en mercados internacionales y aprovechando oportunidades de crecimiento.

## **Necesidad del Proyecto**

El proyecto es necesario para superar las limitaciones actuales de la infraestructura y métodos de cultivo en Facatativá, que están afectando negativamente la calidad y cantidad de la producción de rosas. Además, es imperativo responder a las crecientes expectativas de sostenibilidad ambiental y eficiencia en el uso de recursos, aspectos cada vez más valorados tanto por consumidores como por reguladores. Por último, fortalecer la competitividad de los floricultores locales es esencial para asegurar su supervivencia y prosperidad en un mercado globalizado.

## **Beneficios Esperados**

- Aumento en la producción y calidad de las rosas, mejorando la competitividad de Facatativá en los mercados nacionales e internacionales.
- Reducción de costos operativos y aumento de la rentabilidad mediante el uso de materiales duraderos y sistemas automatizados de control de clima.

- Generación de empleo y estabilidad económica en la región, con un impacto positivo en la comunidad local.
- Mejora en la sostenibilidad ambiental de la producción de flores, alineándose con las mejores prácticas y estándares internacionales.

### **Impacto Social y Económico**

El proyecto no solo mejorará las condiciones de producción y eficiencia del sector floricultor en Facatativá, sino que también tendrá un impacto significativo en la comunidad local. Al generar más empleos y mejorar las condiciones laborales, se contribuirá al bienestar social de los trabajadores y sus familias. Además, al atraer inversiones y mejorar la rentabilidad del sector, se fortalecerá la economía local, proporcionando una base más sólida para el desarrollo futuro.

### **Innovación y Tecnología**

La implementación de invernaderos automatizados representa una innovación significativa en el sector floricultor de Facatativá. La utilización de materiales duraderos como el acrílico y la incorporación de sistemas avanzados de control de clima no solo mejorarán la eficiencia de producción, sino que también posicionarán a Facatativá como un líder en innovación tecnológica dentro de la industria. Esta modernización es crucial para mantenerse competitivo en un mercado global que valora cada vez más la calidad y la sostenibilidad.

### **Contribución al Desarrollo Sostenible**

El proyecto también contribuirá a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente en áreas como la producción y el consumo responsables, la acción por el clima, y el trabajo decente y crecimiento económico. Al adoptar prácticas agrícolas sostenibles y mejorar la eficiencia en el uso de recursos, se reducirán los impactos ambientales negativos asociados con la producción de flores. Esto no solo beneficia al medio ambiente, sino que también mejora la reputación de las empresas floricultoras de Facatativá en los mercados internacionales.

### **Justificación Técnica y Científica**

Desde una perspectiva técnica y científica, el proyecto se basa en principios de eficiencia energética, uso sostenible de recursos y optimización de procesos agrícolas. La utilización de sistemas automatizados de control de clima permitirá mantener condiciones óptimas para el cultivo de rosas, reduciendo las pérdidas por heladas y otras condiciones adversas. Además, el uso de materiales más duraderos y eficientes contribuirá a una reducción de los costos operativos y una mayor sostenibilidad a largo plazo.

integración de los Pilares de UNIAGRARIA

**Sustentabilidad:** El proyecto se alinea con el compromiso de UNIAGRARIA con la sustentabilidad, promoviendo prácticas agrícolas responsables y el uso eficiente de recursos. La implementación de invernaderos automatizados reducirá el impacto ambiental y asegurará la

viabilidad a largo plazo del sector floricultor en Facatativá, contribuyendo a un equilibrio entre productividad y conservación del medio ambiente.

**Emprendimiento:** Este proyecto fomenta el emprendimiento en el sector floricultor local al introducir tecnologías innovadoras que optimizan los procesos de cultivo. Al mejorar la eficiencia y la calidad de la producción de rosas, se abren nuevas oportunidades de mercado para los floricultores de Facatativá, incentivando la creación de negocios sostenibles y competitivos.

**Regionalización:** El proyecto refuerza la regionalización, uno de los pilares de UNIAGRARIA, al enfocarse en las necesidades específicas de la comunidad de Facatativá y su entorno. Al involucrar a actores locales y considerar las condiciones geográficas y climáticas de la región, se promueve un desarrollo que respeta y potencia las características únicas de la zona, fortaleciendo la economía local y su identidad.

En resumen, este proyecto no solo aborda problemas críticos actuales, sino que también posiciona a Facatativá como un líder en innovación y sustentabilidad en el sector floricultor, asegurando su relevancia y éxito a largo plazo, mientras refleja y fortalece los pilares fundamentales de UNIAGRARIA: Sustentabilidad, Emprendimiento y Regionalización.

## Objetivos

### Objetivo General

- Se va a proponer el diseño de invernadero automatizado e innovador para el cultivo de rosas en Facatativá, utilizando metodologías PMI y SCRUM para desarrollar la estructura que mejore las condiciones de crecimiento y aumentar la competitividad en el mercado nacional e internacional

### Objetivos Específicos

- Estructurar los procesos globales del proyecto de invernadero automatizado en Facatativá, abarcando las fases de iniciación, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre, utilizando la metodología PMI.
- Gestionar de manera ágil el desarrollo iterativo e incremental de los entregables del proyecto de invernadero automatizado, promoviendo la flexibilidad y la adaptabilidad del equipo.
- Utilizar herramientas de inteligencia artificial para mejorar la toma de decisiones, la predicción de riesgos y la optimización de recursos durante las fases de planificación, ejecución y control del proyecto de invernadero automatizado.

## **Marco Teórico**

### **Metodologías Tradicionales PMI**

El Project Management Institute (PMI) es una organización que establece estándares y guías globales en la gestión de proyectos. Su obra fundamental, el *PMBOK® Guide*, es un recurso clave que describe las mejores prácticas en la gestión de proyectos, proporcionando un enfoque estructurado y planificado para la ejecución de proyectos (Project Management Institute, 2017).

En la industria floricultora, las metodologías tradicionales del PMI pueden aplicarse en proyectos como la expansión de áreas de cultivo o la implementación de nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia y la calidad de la producción. Estos enfoques permiten una planificación detallada y un control riguroso sobre el tiempo, costo, y calidad, factores críticos en la producción y exportación de flores (Kerzner, 2017).

El enfoque tradicional es relevante en la gestión de proyectos agrícolas por la necesidad de estructura y previsibilidad en proyectos de largo plazo, donde los riesgos y las incertidumbres deben gestionarse cuidadosamente para asegurar su éxito.

### **Metodologías Ágiles SCRUM**

SCRUM es una de las metodologías ágiles más utilizadas, diseñada para proyectos que requieren flexibilidad y adaptabilidad. Se basa en ciclos iterativos de trabajo, conocidos como sprints, que permiten ajustes continuos y rápidos según las necesidades del proyecto (Schwaber & Sutherland, 2020).

**La metodología SCRUM puede ser útil para proyectos que innovan productos o mejoren procesos.** Por ejemplo, el desarrollo de nuevas variedades de flores o la implementación de prácticas sostenibles podría beneficiarse de la flexibilidad que ofrece SCRUM (Rubin, 2012).

## **Inteligencia Artificial en la Gestión de Proyectos**

La inteligencia artificial (IA) está transformando la gestión de proyectos al proporcionar herramientas que facilitan la automatización de tareas, el análisis predictivo y la optimización de recursos. Estas tecnologías tienen el potencial de mejorar considerablemente la toma de decisiones y la eficiencia en la gestión de proyectos (Zanjirani Farahani & Asgari, 2020).

En el ámbito de la floricultura, la IA se puede aplicar para optimizar la cadena de suministro, anticipar la demanda de productos y automatizar procesos administrativos. Esto no solo incrementa la eficiencia operativa, sino que también permite a las empresas mantenerse competitivas en un mercado global (Lavoie & Zarzour, 2021).

La combinación de metodologías tradicionales del PMI, metodologías ágiles como SCRUM, e inteligencia artificial puede ofrecer un enfoque holístico para la gestión de proyectos en el sector floricultor. Por ejemplo, mientras que el PMI proporciona una estructura sólida, SCRUM permite flexibilidad, y la IA mejora la toma de decisiones, lo que resulta en una gestión de proyectos más eficiente y adaptativa. Wolfert & Colegas. (2017)

## **Marco Legal**

En Colombia la aplicación de metodologías para la gestión de proyectos (PMI, SCRUM) y el uso de tecnologías como la inteligencia artificial (IA), está regida principalmente por marcos regulatorios y políticas que abarcan la agricultura, la innovación tecnológica, y el uso de tecnologías avanzadas en el sector agropecuario.

Entre ellas encontramos:

- La Ley 101 de 1993 - Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero Esta ley establece las bases para el desarrollo del sector agropecuario en Colombia, incluyendo aspectos de innovación y tecnología en la agricultura. Esta ley establece las bases para el desarrollo del sector agropecuario en Colombia, incluyendo aspectos de innovación y tecnología en la agricultura. Congreso de la República de Colombia. (1993).
- La Ley 1341 de 2009 - Ley de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), esta ley fomenta la integración de tecnologías limpias y sostenibles, incluyendo la implementación de energías renovables en invernaderos, lo que puede ser clave para proyectos innovadores que busquen eficiencia energética. Congreso de la República de Colombia. (2014)
- El Decreto 1071 de 2015 - Decreto Único Reglamentario del Sector Agropecuario, este decreto compila las normativas del sector agropecuario, incluyendo aquellas relacionadas

con la innovación tecnológica en la agricultura y el uso de nuevas metodologías para mejorar la producción. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. (2015)

- El Conpes 3918 de 2018 - Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, es un documento del Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes) donde se define la política para la promoción de la ciencia, la tecnología, y la innovación en Colombia, apoyando proyectos de innovación en sectores estratégicos como la agricultura. Departamento Nacional de Planeación de Colombia. (2018)

## **Revisión bibliográfica**

Se han evidenciado estudios similares sobre las metodologías PMI Y SCRUM en el sector agropecuario, para ello se indagaron los siguientes artículos.

- En un estudio hecho por Nicola & Fontana (2019) se explora la aplicación de metodologías ágiles, específicamente SCRUM, en proyectos agrícolas. Los autores analizan cómo SCRUM puede ser adaptado para manejar proyectos que involucran el desarrollo de productos agrícolas innovadores, como nuevas variedades de flores. Se destaca la flexibilidad de SCRUM para adaptarse a los cambios en las condiciones de cultivo y las demandas del mercado.
- En un estudio sobre cómo las metodologías tradicionales PMI de gestión de proyectos, pueden ser aplicadas en proyectos de desarrollo agrícola. El enfoque está en la planificación, ejecución y control de proyectos complejos, como la expansión de cultivos en invernaderos. Se discute cómo el marco del PMI puede ayudar a mitigar riesgos y asegurar la calidad en proyectos de innovación agrícola. González & Romero (2018)
- Carvajal & Montoya (2019) exploraron las tendencias de innovación tecnológica en la industria floricultora colombiana, con un enfoque en la mejora de invernaderos para el cultivo de rosas. Se analiza cómo la adopción de tecnologías avanzadas ha mejorado la competitividad del sector, incluyendo el uso de sistemas de gestión basados en datos y herramientas de automatización para mejorar la producción
- En un estudio del año 2021 se analizó la integración de metodologías tradicionales de PMI y ágiles como SCRUM en proyectos de innovación tecnológica, allí se discute cómo la combinación de estos enfoques puede proporcionar una estructura sólida mientras se mantiene la flexibilidad necesaria para adaptarse a los cambios durante el desarrollo del proyecto. Smith & White. (2021).

Estos estudios ayudan a sustentar la importancia de la integración de estas metodologías en el sector, concretamente en el floricultor.

## **Diseño Metodológico**

El enfoque metodológico tratado en esta monografía encaja con la investigación de orden mixto, ya que se tratarán variables medibles numéricamente, así como aquellas que impliquen relatos y elementos no medibles a través de instrumentos numéricos, aunque predominaran más las variables cuantitativas es indispensable tener en cuenta ambas.

El a realizar será de carácter explicativo, ya que se buscará identificar las causas y efectos de un fenómeno determinado, proporcionando una comprensión profunda sobre cómo y por qué ocurre. Este enfoque va más allá de la simple descripción de variables o la correlación entre ellas, buscando establecer relaciones causales que expliquen los motivos. Hernández & Baptista (2014). En este caso medir la efectividad de las metodologías SCRUM, PMI y la IA en el sector floricultor.

## **Hipótesis**

En base a los estudios revisados, se pueden plantear estas hipótesis en este estudio enfocadas en tres esferas diferentes.

**Hipótesis 1:** El uso de metodologías PMI y SCRUM en la gestión de proyectos de invernadero automatizado incrementará la competitividad de los floricultores de Facatativá en el mercado nacional e internacional

**Hipótesis 2:** La adopción de tecnologías avanzadas y prácticas de cultivo sostenible reducirá el impacto ambiental del cultivo de rosas en Facatativá, mejorando la sostenibilidad a largo plazo del sector floricultor.

## **Variables para tratar**

### **Variables Independientes:**

- Uso de PMI y SCRUM vs. métodos tradicionales de gestión.
- Presencia o ausencia de herramientas de inteligencia artificial para la toma de decisiones y optimización de recursos.

### **Variables Dependientes:**

- Medida de la rosa en términos de tamaño, color, y frescura.
- Número de rosas producidas por ciclo de cultivo.

- Participación en el mercado, exportaciones y precios de venta.
- Reducción en el consumo de energía y materiales, y disminución de emisiones de CO2.

## **Población**

La población en este estudio estaría compuesta por todos los floricultores de Facatativá que utilizan invernaderos para el cultivo de rosas. Esto incluye tanto grandes como pequeños productores que forman parte de la industria floricultora en el municipio.

En principio el tamaño de la muestra se planea realizar con las floras menos conocidas en el sector.

## **Métodos de recolección información**

### **Encuestas**

Se Aplicarán encuestas estructuradas a los floricultores para recolectar datos sobre la efectividad de los invernaderos automatizados y las metodologías PMI y SCRUM. Las encuestas permitirían cuantificar las percepciones y resultados relacionados con la adopción de nuevas tecnologías y prácticas de gestión.

### **Entrevistas**

Se Realizarán entrevistas en profundidad con una selección de floricultores para obtener insights detallados sobre su experiencia con la implementación de los invernaderos automatizados y las metodologías de gestión.

Las entrevistas proporcionarían una comprensión más rica y contextualizada de los desafíos y beneficios percibidos, complementando los datos cuantitativos.

### **Observación Directa**

Llevará a cabo observaciones en campo para evaluar el funcionamiento de los invernaderos automatizados y las prácticas de gestión implementadas. La observación directa permitirá verificar la aplicación o no de las metodologías y la tecnología en un entorno real, ofreciendo datos objetivos sobre su efectividad.

## **Métodos de Análisis de Información**

## **Análisis Estadístico**

Se utilizarán herramientas estadísticas para analizar los datos cuantitativos (Excel, SPSS, etc) obtenidos de las encuestas, evaluando la relación entre las variables independientes (uso de PMI, SCRUM, IA) y las dependientes (calidad, cantidad de producción, competitividad).

## **Análisis de Contenido**

Se Analizarán las transcripciones de las entrevistas para identificar temas y patrones recurrentes, proporcionando una visión cualitativa de las percepciones y experiencias de los floricultores.

## **Triangulación de Datos**

Se Combinarán los resultados de las encuestas, entrevistas y observaciones para desarrollar una visión integral de la efectividad de los invernaderos automatizados y las metodologías de gestión.

## **Tipos de invernaderos**

Para el desarrollo de esta monografía, se tomó como base la clasificación de los diferentes tipos de invernaderos utilizados en la industria agrícola, con el fin de seleccionar aquellos que mejor se adaptan a las necesidades del proyecto de implementación de tecnología en el cultivo de rosas en Facatativá. Los invernaderos, definidos como estructuras cerradas con materiales transparentes, están diseñados para proteger las plantas de condiciones climáticas adversas, tales como fuertes vientos, granizos, tormentas o radiación solar excesiva. Estos permiten un mayor control sobre las condiciones de cultivo, lo que mejora la productividad y la calidad del producto final.

Existen tres tipos principales de invernaderos que pueden ser relevantes para este proyecto: el invernadero capilla, el invernadero túnel, y los invernaderos malla sombra. El invernadero capilla destaca por su estructura metálica con arcos curvos semicirculares, permitiendo una buena ventilación, distribución de la luz y estanqueidad. Por otro lado, el invernadero túnel ofrece un diseño más económico y sencillo, con una estructura curva desde la base hasta la cumbre, que facilita la instalación de sistemas de climatización y reduce los problemas de condensación. Finalmente, los invernaderos malla sombra son estructuras más simples, adaptables a terrenos irregulares, con un montaje rápido y una excelente uniformidad luminosa.

Estos tipos de invernaderos fueron evaluados por sus características y ventajas en cuanto a la protección de cultivos y su capacidad para ser equipados con sistemas de automatización de control climático, aspecto esencial para la implementación del sistema propuesto en el proyecto.

La selección del tipo adecuado de invernadero es clave para garantizar la eficiencia y sostenibilidad del cultivo de rosas bajo condiciones controladas.

### **Tipos de Acrílicos y su Beneficio en el Crecimiento de Rosas**

El uso de acrílicos en invernaderos es clave para optimizar el control de las condiciones lumínicas, lo que resulta crucial para el crecimiento adecuado de las rosas. Existen varios tipos de acrílicos disponibles para la construcción de invernaderos, entre ellos los acrílicos transparentes y acrílicos opacos. Los acrílicos transparentes permiten una mayor entrada de luz solar, lo que es ideal para cultivos que requieren altos niveles de luz natural. Por otro lado, los acrílicos opacos o difusores de luz son especialmente útiles para distribuir de manera uniforme la luz dentro del invernadero, evitando la concentración de luz directa en puntos específicos (Morales & Rodríguez, 2020).

La opacidad de los acrílicos ofrece beneficios importantes para el crecimiento de las rosas, ya que permite una difusión homogénea de la luz solar. Esta distribución uniforme reduce el estrés en las plantas causado por la exposición directa a la luz intensa, evitando quemaduras o daños en las hojas. Además, la difusión lumínica mejora la fotosíntesis de las plantas al asegurar que todas las partes de la rosa reciban luz de manera equilibrada (Pérez et al., 2019). Esto se traduce en un crecimiento más uniforme, mayor calidad de las flores y mejores rendimientos en la producción de rosas, manteniendo al mismo tiempo un control óptimo de las temperaturas dentro del invernadero (López, 2018).

El uso de acrílicos opacos es una solución eficiente para maximizar la eficiencia energética y mejorar las condiciones de cultivo de las rosas, lo que se alinea con los objetivos de sostenibilidad y productividad del proyecto (García, 2021).

## **IMPLEMENTACION PMI**

El acta de constitución establece los lineamientos esenciales que guiarán su desarrollo. Este documento formaliza el objetivo principal del proyecto, que es mejorar la eficiencia y calidad en la producción de rosas a través de invernaderos automatizados. Además, delimita el alcance de las actividades, como el análisis de condiciones actuales, el diseño e implementación del prototipo, y la capacitación del personal. Asimismo, se identifican los riesgos y se establecen las estrategias de mitigación, garantizando una ejecución ordenada y controlada. El acta es fundamental para alinear a todas las partes interesadas y asegurar la coherencia en la toma de decisiones durante todo el ciclo de vida del proyecto.

## Acta de Proyecto

**Proyecto:** Implementación de Invernaderos Automatizados para Empresas Floricultoras de Rosas en Facatativá

**Fecha de Inicio:** 10 de junio de 2024

**Fecha de Finalización:** 10 de diciembre de 2024

**Cerente del Proyecto:** José Pinzón

**Equipo del Proyecto:** José Pinzón (responsable del Proyecto)

### Partes Interesadas:

- Empresas floricultoras de Facatativá
- Comunidad local de Facatativá
- Gobierno Municipal de Facatativá
- Entidades ambientales

---

### 1. Objetivo del Proyecto

El objetivo del proyecto es diseñar e implementar invernaderos automatizados para empresas floricultoras de rosas en Facatativá. Estos invernaderos utilizarán tecnología avanzada para controlar las condiciones ambientales, mejorar la eficiencia de producción y aumentar la calidad y cantidad de las flores cultivadas, promoviendo así el desarrollo sostenible y económico del sector floricultor local.

---

### 2. Alcance del Proyecto

El proyecto abarcará las siguientes actividades:

- Análisis de las condiciones actuales de los invernaderos en Facatativá.
- Diseño de un prototipo de invernadero automatizado.
- Implementación del prototipo en una empresa floricultora seleccionada.
- Capacitación para el personal en el uso y mantenimiento de los invernaderos automatizados.
- Monitoreo y evaluación de los resultados durante un periodo de seis meses.
- Elaboración de un informe final con recomendaciones para la implementación a gran escala.

---

## Imagen 3 “Anexo 1 Hoja 1”

La **Estructura de Desglose del Trabajo (EDT)** para el proyecto de implementación de invernaderos automatizados en Facatativá se divide en seis fases principales:

1. **Inicio del Proyecto:** Define y aprueba el proyecto, y realiza la reunión de lanzamiento.
2. **Planificación:** Incluye el análisis de las condiciones actuales, diseño del prototipo, y planificación de recursos y presupuesto.
3. **Ejecución:** Se centra en la construcción del prototipo, la implementación del sistema de automatización, y la capacitación del personal.
4. **Monitoreo y Control:** Monitorea el progreso, evalúa el desempeño, y ajusta el sistema según los resultados obtenidos.
5. **Cierre del Proyecto:** Evalúa los objetivos cumplidos, documenta el proyecto, y archiva los resultados.
6. **Gestión de Riesgos:** Identifica y planifica las respuestas a los riesgos potenciales, monitoreando y ajustando las estrategias según sea necesario.

Esta EDT permite estructurar y gestionar de manera eficiente las actividades necesarias para cumplir con los objetivos del proyecto. también abarca detalladamente la **gestión de riesgos**, asegurando que cada posible obstáculo durante el proyecto sea identificado, documentado, y abordado de manera efectiva. Esta fase incluye el análisis de riesgos potenciales, la planificación de estrategias de mitigación, y el monitoreo constante para ajustar las estrategias según sea necesario. Este enfoque proactivo en la gestión de riesgos es clave para minimizar interrupciones y asegurar el cumplimiento de los objetivos del proyecto dentro de los plazos y presupuesto establecidos.

### **Estructura de Desglose del Trabajo (EDT)**

**Proyecto:** Implementación de Invernaderos Automatizados para Empresas Floricultoras de Rosas en Facatativá

#### **1. Inicio del Proyecto**

- 1.1 Definición del Proyecto
- 1.2 Aprobaciones Iniciales
- 1.3 Reunión de Lanzamiento

#### **2. Planificación**

- 2.1 Análisis de Condiciones Actuales
  - 2.1.1 Recolección de Datos
  - 2.1.2 Evaluación de Infraestructura Existente
  - 2.1.3 Identificación de Necesidades y Requerimientos
- 2.2 Diseño del Prototipo de Invernadero Automatizado
  - 2.2.1 Diseño Conceptual
  - 2.2.2 Selección de Materiales
  - 2.2.3 Diseño Detallado
- 2.3 Planificación de Recursos y Presupuesto
  - 2.3.1 Estimación de Costos
  - 2.3.2 Asignación de Recursos
  - 2.3.3 Plan de Adquisiciones

#### **3. Ejecución**

- 3.1 Construcción del Prototipo
  - 3.1.1 Adquisición de Materiales

## **Imagen 4 “Anexo 1 Hoja 1”**

En la Estimación de Alcance del proyecto para la implementación de invernaderos automatizados, se han desglosado de manera exhaustiva las actividades clave que aseguran la viabilidad técnica, económica y operativa del proyecto. Desde la recolección inicial de datos y la evaluación de la infraestructura existente hasta la construcción y puesta en marcha del prototipo, cada tarea ha sido cuidadosamente planificada para garantizar que el proyecto cumpla con los objetivos de mejorar la eficiencia, calidad y sostenibilidad en la producción de rosas en Facatativá. La estructura aborda la capacitación del personal y la gestión de riesgos, asegurando que se alcancen los resultados esperados en calidad y competitividad.

Estimación de Alcance			
Proyecto:			Fecha:
Nivel	Código WBS	Elemento	Descripción
1	1	Estudio de viabilidad	realizar un análisis de la viabilidad del proyecto
2	1.1	análisis de condiciones actuales	evaluar las condiciones actuales del sitio y requisitos
3	1.1.1	recolección de datos	recopilar datos relevantes del sitio y condiciones
3	1.1.2	evaluación de infraestructura existente	evaluar la infraestructura actual disponible
3	1.1.3	Identificación de Necesidades y Requerimientos	Identificar las necesidades y requerimientos del proyecto
2	1.2	Estudio de Viabilidad Técnica	Analizar la factibilidad técnica del proyecto
3	1.2.1	Evaluación de Factibilidad Técnica	Evaluar la viabilidad técnica del invernadero automatizado
3	1.2.2	Propuesta de Solución Técnica	Desarrollar una propuesta técnica detallada
2	1.3	Estudio de Viabilidad Económica	Evaluar la viabilidad económica del proyecto
3	1.3.1	Estimación de Costos Iniciales	Estimar los costos iniciales del proyecto
3	1.3.2	Análisis de Retorno de Inversión (ROI)	Realizar un análisis de ROI del proyecto
1	2	Diseño del Proyecto	Diseñar el invernadero automatizado
2	2.1	Diseño Conceptual del Invernadero	Crear el diseño conceptual del invernadero
3	2.1.1	Diseño Inicial	Desarrollar bocetos y diagramas conceptuales
3	2.1.2	Selección de Materiales	Seleccionar los materiales adecuados
2	2.2	Diseño Detallado del Prototipo	Crear el diseño detallado del prototipo
3	2.2.1	Planos Detallados	Desarrollar planos y especificaciones técnicas
3	2.2.2	Especificaciones del Sistema de Automatización	Documentar las especificaciones del sistema de automatización
2	2.3	Planificación de Recursos y Presupuesto	Planificar recursos y presupuesto del proyecto
3	2.3.1	Estimación de Costos	Desarrollar un presupuesto detallado
3	2.3.2	Plan de Adquisiciones	Crear un plan de adquisiciones y proveedores
1	3	Operación Inicial del Proyecto	Ejecutar la operación inicial del proyecto
2	3.1	Construcción del Prototipo	Construir el prototipo del invernadero
3	3.1.1	Adquisición de Materiales	Realizar órdenes de compra y recibir materiales
3	3.1.2	Fabricación de Componentes	Fabricar los componentes necesarios
3	3.1.3	Montaje del Invernadero	Montar el invernadero en el sitio
2	3.2	Implementación del Sistema de Automatización	Implementar el sistema de automatización en el invernadero
3	3.2.1	Instalación de Sensores y Actuadores	Instalar sensores y actuadores en el invernadero
3	3.2.2	Integración del Sistema de Control	Integrar el sistema de control automatizado
3	3.2.3	Pruebas Iniciales de Funcionamiento	Realizar pruebas iniciales de funcionamiento del sistema
2	3.3	Capacitación del Personal	Capacitar al personal en el uso del invernadero automatizado
3	3.3.1	Desarrollo de Materiales de Capacitación	Crear materiales de capacitación

Imagen 5 “Anexo 2 Hoja 1”

La estimación de tiempo para el proyecto ha sido cuidadosamente planificada, desglosando cada actividad en tareas específicas con una duración detallada, secuencia lógica, y asignación de recursos necesarios. Este cronograma asegura un seguimiento preciso del progreso, facilitando la identificación de dependencias entre tareas y permitiendo ajustes oportunos en caso de retrasos o imprevistos. La estructura clara del plan de trabajo ayudará a cumplir con los objetivos del proyecto dentro del plazo establecido.

Estimación de Tiempo									
Proyecto:									Fecha:
Código WBS	Código Actividad	Nombre Actividad / Tarea	Duración	Comienzo	Fin	Sucesora	Precesora	Recursos	
Código WBS	Código Actividad	Nombre Actividad / Tarea	Duración (días)	Comienzo	Fin	Sucesora	Precesora	Recursos	
1	1.1	Análisis de Condiciones Actuales	20	14-jun-24	3-jul-24	1.2	-	Equipo de análisis	
1.1	1.1.1	Recolección de Datos	7	14-jun-24	20-jun-24	1.1.2	-	Investigadores	
1.1	1.1.2	Evaluación de Infraestructura	7	21-jun-24	27-jun-24	1.1.3	1.1.1	Ingenieros civiles	
1.1	1.1.3	Identificación de Necesidades	6	28-jun-24	3-jul-24	1.2	1.1.2	Consultores	
1.2	1.2.1	Evaluación de Factibilidad Técnica	10	4-jul-24	17-jul-24	1.2.2	1.1.3	Ingenieros de sistemas	
1.2	1.2.2	Propuesta de Solución Técnica	15	18-jul-24	5-ago-24	1.3	1.2.1	Ingenieros y diseñadores	
1.3	1.3.1	Estimación de Costos Iniciales	10	6-ago-24	19-ago-24	1.3.2	1.2.2	Analistas financieros	
1.3	1.3.2	Análisis de Retorno de Inversión	12	20-ago-24	2-sep-24	2	1.3.1	Economistas	
2	2.1	Diseño Conceptual del Invernadero	20	3-sep-24	30-sep-24	2.2	1.3.2	Arquitectos	
2.1	2.1.1	Diseño Inicial	10	3-sep-24	16-sep-24	2.1.2	1.3.2	Diseñadores	
2.1	2.1.2	Selección de Materiales	10	17-sep-24	30-sep-24	2.2	2.1.1	Ingenieros de materiales	
2.2	2.2.1	Planos Detallados	15	1-oct-24	19-oct-24	2.2.2	2.1.2	Arquitectos e ingenieros	
2.2	2.2.2	Especificaciones del Sistema de Auto	15	20-oct-24	7-nov-24	2.3	2.2.1	Ingenieros de automatización	
2.3	2.3.1	Estimación de Costos	10	8-nov-24	21-nov-24	2.3.2	2.2.2	Analistas financieros	
2.3	2.3.2	Plan de Adquisiciones	12	22-nov-24	5-dic-24	3.1	2.3.1	Equipo de adquisiciones	
3	3.1	Construcción del Prototipo	40	6-dic-24	30-ene-25	3.2	2.3.2	Constructores	
3.1	3.1.1	Adquisición de Materiales	10	6-dic-24	19-dic-24	3.1.2	2.3.2	Proveedores	
3.1	3.1.2	Fabricación de Componentes	20	20-dic-24	18-ene-25	3.1.3	3.1.1	Fabricantes	
3.1	3.1.3	Montaje del Invernadero	20	19-ene-25	30-ene-25	3.2	3.1.2	Constructores	
3.2	3.2.1	Instalación de Sensores y Actuadores	15	31-ene-25	20-feb-25	3.2.2	3.1.3	Técnicos de automatización	
3.2	3.2.2	Integración del Sistema de Control	10	21-feb-25	5-mar-25	3.2.3	3.2.1	Ingenieros de sistemas	
3.2	3.2.3	Pruebas Iniciales de Funcionamiento	10	6-mar-25	19-mar-25	3.3	3.2.2	Técnicos de automatización	
3.3	3.3.1	Desarrollo de Materiales de Capacita	15	20-mar-25	8-abr-25	3.3.2	3.2.3	Educadores	
3.3	3.3.2	Sesiones de Entrenamiento	10	9-abr-25	22-abr-25	3.3.3	3.3.1	Instructores	
3.3	3.3.3	Evaluación de Competencias	5	23-abr-25	29-abr-25	4	3.3.2	Evaluadores	
4	4.1	Seguimiento de Progreso	30	30-abr-25	12-jun-25	4.2	3.3.3	Gerente de proyecto	
4.1	4.1.1	Monitoreo de Actividades	15	30-abr-25	20-may-25	4.1.2	3.3.3	Gerente de proyecto	
4.1	4.1.2	Informes de Progreso	10	21-may-25	4-jun-25	4.1.3	4.1.1	Analistas de datos	
4.1	4.1.3	Reuniones de Revisión	5	5-jun-25	12-jun-25	4.2	4.1.2	Equipo de gestión	
4.2	4.2.1	Análisis de Datos del Invernadero	15	13-jun-25	3-jul-25	4.2.2	4.1.3	Analistas de datos	
4.2	4.2.2	Ajustes en el Sistema de Automatizac	10	4-jul-25	17-jul-25	4.2.3	4.2.1	Ingenieros de sistemas	
4.2	4.2.3	Validación de Resultados	10	18-jul-25	31-jul-25	5	4.2.2	Audidores	

Imagen 6 “Anexo 2 Hoja 2”

La estimación de costos realizada para el proyecto de invernaderos automatizados en Facatativá detalla los recursos necesarios, tanto directos como indirectos, para cada fase del proyecto. Se emplearon metodologías como el juicio de expertos, la estimación análoga y la paramétrica, asegurando la precisión en la asignación de costos. Esta estimación abarca desde los recursos humanos especializados, como ingenieros y analistas financieros, hasta materiales y programas de software, ofreciendo una visión integral de los gastos necesarios para la implementación exitosa del proyecto.

Estimación de Costos											
Proyecto: Implementación de Invernaderos Automatizados para Empresas Floricultoras de Rosas en Facatativá											Fecha:
Fase:		Clase Estimado:			Moneda: USD						
Código WBS	Recurso / Item	Costo Directo			Costo Indirecto			Total Costo Estimado Base	Metodología	Restricciones/Supuestos	Información Adicional
		Cantidad	Valor Unitario	Total	Cantidad	Valor Unitario	Total				
1	Equipo de análisis	1	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00	-	-	-	\$ 3.000,00	Juicio de Expertos	Disponibilidad de Recursos Humanos	1 equipo de 5 personas. Basado en la experiencia previa del equipo de análisis.
1.1	Investigadores	1	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00	-	-	-	\$ 2.000,00	Estimación Paramétrica	Disponibilidad de Recursos Humanos	1 equipo de 3 personas. Basado en los costos históricos de proyectos similares.
1.1.1	Ingenieros civiles	1	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	-	-	-	\$ 2.500,00	Estimación Análoga	Disponibilidad de Recursos Humanos	2 ingenieros. Basado en comparaciones con proyectos anteriores.
1.1.2	Consultores	1	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00	-	-	-	\$ 3.500,00	Juicio de Expertos	Disponibilidad de Recursos Humanos	1 equipo de 4 personas. Basado en la experiencia y conocimientos específicos de los consultores.
1.2	Ingenieros de sistemas	1	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00	-	-	-	\$ 3.000,00	Estimación Paramétrica	Disponibilidad de Recursos Humanos	2 ingenieros. Basado en modelos de costos de sistemas previos.
1.2.1	Ingenieros y diseñadores	1	\$ 3.200,00	\$ 3.200,00	-	-	-	\$ 3.200,00	Estimación Análoga	Disponibilidad de Recursos Humanos	1 equipo de 2 personas. Basado en la similitud con otros proyectos de diseño técnico.
1.3	Analistas financieros	1	\$ 2.700,00	\$ 2.700,00	-	-	-	\$ 2.700,00	Juicio de Expertos	Disponibilidad de Recursos Humanos	1 analista financiero. Basado en la evaluación profesional de los analistas financieros.
1.3.1	Economistas	1	\$ 2.800,00	\$ 2.800,00	-	-	-	\$ 2.800,00	Estimación Paramétrica	Disponibilidad de Recursos Humanos	1 equipo de 3 economistas. Basado en datos económicos históricos.
2	Arquitectos	1	\$ 3.400,00	\$ 3.400,00	-	-	-	\$ 3.400,00	Estimación Análoga	Disponibilidad de Recursos Humanos	3 arquitectos. Basado en comparaciones con proyectos de arquitectura anteriores.
2.1	Diseñadores	1	\$ 2.600,00	\$ 2.600,00	-	-	-	\$ 2.600,00	Juicio de Expertos	Disponibilidad de Recursos Humanos	1 equipo de 3 diseñadores. Basado en la experiencia y habilidades de los diseñadores.
2.1.1	Ingenieros de materiales	1	\$ 2.800,00	\$ 2.800,00	-	-	-	\$ 2.800,00	Estimación Paramétrica	Disponibilidad de Recursos Humanos	2 ingenieros. Basado en modelos de costos de materiales históricos.

### Imagen 7 “Anexo 2 Hoja 3”

La matriz de poder-interés realizada identifica y clasifica a los actores clave involucrados en el proyecto de invernaderos automatizados en Facatativá, evaluando su nivel de influencia e interés. Los interesados con mayor poder e interés, como el patrocinador del proyecto y los clientes clave, deben ser gestionados de cerca, mientras que otros, como el público general y los proveedores menores, requieren menos supervisión. Esta clasificación permite una estrategia de comunicación y gestión adecuada, asegurando que las partes más críticas se mantengan satisfechas e informadas.

Interesado	MATRIZ DE PODER - INTERES			Clasificación
	ANÁLISIS DE INTEREADO			
	Identificación	Impacto	Evaluación	
Patrocinador del Proyecto	Autoriza y financia el proyecto	Alto	Su aprobación es crucial para el proyecto	Gestionar de cerca
Cientes Clave	Uso final del producto	Alto	Su satisfacción determina el éxito del proyecto	Gestionar de cerca
Alta Dirección	Supervisión estratégica	Alto	Apoya y direcciona el proyecto	Gestionar de cerca
Equipo de Proyecto	Desarrollo y ejecución	Medio	Su desempeño afecta la calidad y tiempos	Mantener informado
Usuarios Finales	Interacción con el producto	Medio	Su retroalimentación mejora el producto	Mantener informado
Ejecutivos de Otras Áreas	Aprobaciones interdepartamentales	Medio	Su colaboración facilita el proyecto	Mantener satisfecho
Autoridades Regulatoras	Cumplimiento legal	Alto	Su conformidad es obligatoria	Mantener satisfecho
Público General	Opinión pública	Bajo	Impacto mínimo pero relevante	Monitorear con mínimo esfuerzo
Proveedores Menores	Suministro de materiales	Bajo	Su calidad y tiempos afectan parcialmente	Monitorear con mínimo esfuerzo
Jefe de Tecnología	Dirección tecnológica	Alto	Guía tecnológica esencial	Gestionar de cerca
Departamento de Finanzas	Presupuesto y control de costos	Alto	Gestión financiera crítica	Gestionar de cerca
Departamento de Marketing	Promoción y ventas	Medio	Influencia en la aceptación del producto	Mantener informado
Departamento Legal	Asesoría legal	Medio	Cumplimiento y asesoría crucial	Mantener satisfecho

Imagen 8 “Anexo 3 Hoja 1”

En la Matriz de Comunicaciones, se establecen las directrices para la comunicación efectiva entre las partes interesadas del proyecto. Se identifican los interesados clave, qué tipo de información necesitan, quién es responsable de comunicarla, la frecuencia con la que se comunica, y el medio a través del cual se realiza dicha comunicación. Esta matriz asegura que todas las partes relevantes estén informadas adecuadamente, optimizando la transparencia y facilitando la colaboración, lo que es crucial para el éxito del proyecto de invernaderos automatizados en Facatativá.

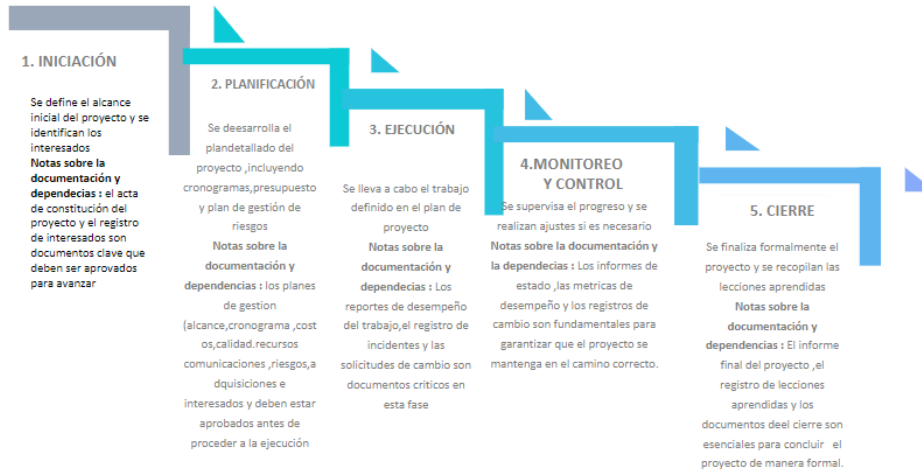
INTERESADO (proceso o entidad)	MATRIZ DE COMUNICACIONES						MATRIZ DE PODER - INTERES						
	IDENTIFICACIÓN (Qué Comunica)	QUIEN COMUNICA (Cargo emisor)	CUANDO LO COMUNICA (Periodicidad)	A QUIEN SE COMUNICA (Cargo receptor o proceso)	COMO LO COMUNICA (Medio o Canal)	COMUNICACION		ANÁLISIS DE INTEREADO					
						INTERNA	EXTERNA	Identificación	Poder	Impacto	Interés	Prioridad	Evaluación
patrocinador del Proyecto	Estado del proyecto	Gerente de Proyecto	Semanal	Patrocinador del Proyecto	Reunión presencial	x		Autoriza y financia el proyecto	Alto	Alto	Alto	1*	Su aprobación es crucial para el proyecto
Cientes Clave	Avance del proyecto	Gerente de Proyecto	Mensual	Representante del Cliente	Informe escrito		x	Uso final del producto	Alto	Alto	Alto	1*	Su satisfacción determina el éxito del proyecto
Alta Dirección	Informe de progreso	Director de Proyecto	Mensual	Alta Dirección	Reunión presencial	x		Supervisión estratégica	Alto	Alto	Alto	1*	Apoya y direcciona el proyecto
Equipo de Proyecto	Requerimientos técnicos	Líder Técnico	Diano	Miembros del Equipo	Reunión diaria		x	Desarrollo y ejecución	Medio	Medio	Medio	2*	Su desempeño afecta la calidad y tiempos
Usuarios Finales	Capacitación en nuevas funciones	Especialista en Capacitación	Según cronograma	Usuarios Finales	Talleres	x		Interacción con el producto	Medio	Medio	Medio	2*	Su retroalimentación mejora el producto
Ejecutivos de Otras Áreas	Coordinación de actividades	Coordinador de Proyecto	Quincenal	Ejecutivos de Otras Áreas	Correo electrónico		x	Aprobaciones interdepartamentales	Medio	Medio	Medio	2*	Su colaboración facilita el proyecto
Autoridades Regulatoras	Cumplimiento normativo	Gerente de Cumplimiento	Trimestral	Autoridades Regulatoras	Informe regulatorio	x		Cumplimiento legal	Alto	Alto	Alto	1*	Su conformidad es obligatoria
Proveedores Menores	Entrega de materiales	Coordinador de Logística	Quincenal	Proveedores Menores	Correo electrónico		x	Suministro de materiales	Bajo	Bajo	Bajo	3*	Su calidad y tiempos afectan parcialmente
Jefe de Tecnología	Estado del sistema	Gerente de IT	Semanal	Jefe de Tecnología	Reunión presencial	x		Dirección tecnológica	Alto	Alto	Alto	1*	Guía tecnológica esencial
Departamento de Finanzas	Reporte de gastos	Contador	Mensual	Gerente de Proyecto	Informe financiero	x		Presupuesto y control de costos	Alto	Alto	Alto	1*	Gestión financiera crítica
Departamento de Marketing	Estrategia de marketing	Director de Marketing	Mensual	Departamento de Marketing	Reunión de estrategia	x		Promoción y ventas	Medio	Medio	Medio	2*	Influencia en la aceptación del producto
Departamento Legal	Cumplimiento legal	Asesor Legal	Trimestral	Departamento Legal	Informe legal		x	Asesoría legal	Medio	Medio	Medio	2*	Cumplimiento y asesoría crucial
Recursos Humanos	Estado de contratación	Gerente de Recursos Humanos	Mensual	Dirección del Proyecto	Informe mensual	x		Gestión de personal	Bajo	Bajo	Bajo	3*	Apoyo indirecto al equipo
Medios de Comunicación	Actualización del proyecto	Relaciones Públicas	Bimensual	Medios de Comunicación	Comunicado de prensa		x	Divulgación de información	Medio	Medio	Medio	2*	Influencia en la percepción pública
Socios Estratégicos	Avance del proyecto	Gerente de Proyecto	Trimestral	Socios Estratégicos	Informe de progreso	x		Colaboración en el proyecto	Alto	Alto	Alto	1*	Su apoyo facilita el logro de objetivos
Inversores	Informe financiero	Director Financiero	Trimestral	Inversores	Informe financiero	x		Financiamiento	Alto	Alto	Alto	1*	Su inversión respalda el proyecto
Consultores Externos	Revisión de proyecto	Gerente de Proyecto	Segun contrato	Consultores Externos	Reunión de revisión	x		Asesoría especializada	Medio	Medio	Medio	2*	Aportan conocimientos técnicos específicos
Comunidad Local	Impacto del proyecto	Relaciones Comunitarias	Semestral	Comunidad Local	Asamblea comunitaria	x		Impacto social y ambiental	Medio	Medio	Medio	3*	Su apoyo influye en la aceptación del proyecto
Organizaciones No Gubernamentales	Información del proyecto	Relaciones Públicas	Trimestral	Organizaciones No Gubernamentales	Informe de impacto		x	Monitoreo y supervisión	Medio	Medio	Medio	2*	Su opinión puede afectar la reputación

Imagen 9 “Anexo 4 Hoja 1”

## SCRUM

### Mapa Tradicional (Cascada) del Proyecto Monografía

MAPA TRADICIONAL DEL PROYECTO DE MONOGRAFIA



### Integración de las Diez Áreas de Conocimiento del PMI en el Método de Cascada

#### a) Gestión de la Integración del Proyecto

**Descripción:** En la fase de inicio, se realiza la elaboración del acta de constitución del proyecto y el plan de gestión del proyecto. Durante la ejecución, se dirige y gestiona el trabajo del proyecto, integrando todas las actividades y recursos. Finalmente, en la fase de cierre, se lleva a cabo el cierre del proyecto o fase. **Uso de herramientas:** Uso de software de gestión de proyectos para consolidar y monitorizar todas las actividades y recursos, facilitando la integración de las diferentes áreas.

#### b) Gestión del Alcance

**Descripción:** En la fase de planificación, se define el alcance del proyecto mediante la recopilación de requisitos y la creación de la EDT (Estructura de Desglose del Trabajo). Durante la ejecución, se asegura que el trabajo realizado se ajuste al alcance definido. **Uso de herramientas:** Uso de herramientas como la EDT y matrices de trazabilidad para asegurar que todos los requisitos se cumplen.

### c) Gestión del Cronograma

**Descripción:** Durante la planificación, se desarrolla el cronograma del proyecto que incluye la secuenciación de actividades, estimación de duración y desarrollo del calendario del proyecto. En la fase de monitoreo y control, se supervisa el cumplimiento del cronograma. **Uso de herramientas:** Herramientas de software como Microsoft Project o GanttProject para crear y monitorizar el cronograma del proyecto.

### d) Gestión de los Costos

**Descripción:** En la fase de planificación, se realiza la estimación de costos y el presupuesto del proyecto. Durante la ejecución y monitoreo, se controlan los costos para asegurar que el proyecto se mantenga dentro del presupuesto. **Uso de herramientas:** Uso de hojas de cálculo y software de gestión financiera para el seguimiento y control de los costos.

### e) Gestión de la Calidad

**Descripción:** En la planificación, se desarrollan los planes de calidad y se definen los estándares de calidad. Durante la ejecución, se realizan las auditorías y controles de calidad para asegurar que el proyecto cumple con los estándares establecidos. **Uso de herramientas:** Listas de verificación de calidad, diagramas de causa y efecto, y auditorías de calidad.

### f) Gestión de los Recursos

**Descripción:** Durante la planificación, se identifican y se asignan los recursos necesarios para el proyecto. En la ejecución, se gestiona y desarrolla el equipo del proyecto, asegurando la disponibilidad y la asignación correcta de los recursos. **Uso de herramientas:** Software de gestión de recursos y diagramas de asignación de recursos.

### g) Gestión de las Comunicaciones

**Descripción:** En la planificación, se desarrollan los planes de comunicación, identificando las necesidades de información y los métodos de comunicación. Durante la ejecución, se gestionan las comunicaciones para asegurar que la información se distribuye adecuadamente. **Uso de herramientas:** Planes de comunicación, matrices de comunicación y software de gestión de comunicaciones como Slack o Microsoft Teams.

## h) Gestión de los Riesgos

**Descripción:** En la fase de planificación, se identifican, analizan y planifican los riesgos. Durante la ejecución, se implementan las respuestas a los riesgos y se monitorean los riesgos continuamente. **Uso de herramientas:** Matrices de riesgo, planes de respuesta a riesgos y herramientas de análisis de riesgos.

## i) Gestión de las Adquisiciones

**Descripción:** Durante la planificación, se identifican las necesidades de adquisiciones y se desarrollan los planes de adquisiciones. En la ejecución, se gestionan las adquisiciones, incluyendo la selección de proveedores y la gestión de contratos. **Uso de herramientas:** Contratos, listas de proveedores y software de gestión de adquisiciones.

## j) Gestión de los Interesados

**Descripción:** En la fase de inicio, se identifican los interesados y se analizan sus expectativas. Durante la planificación y ejecución, se gestiona el compromiso de los interesados para asegurar su participación y apoyo al proyecto. **Uso de herramientas:** Registro de interesados, análisis de interesados y planes de gestión de interesados.

- **Mapa Ágil (Scrum):**
  - Diagrama de sprints y eventos de Scrum.
  - Descripción de cada evento y artefacto.
  - Roles y responsabilidades.

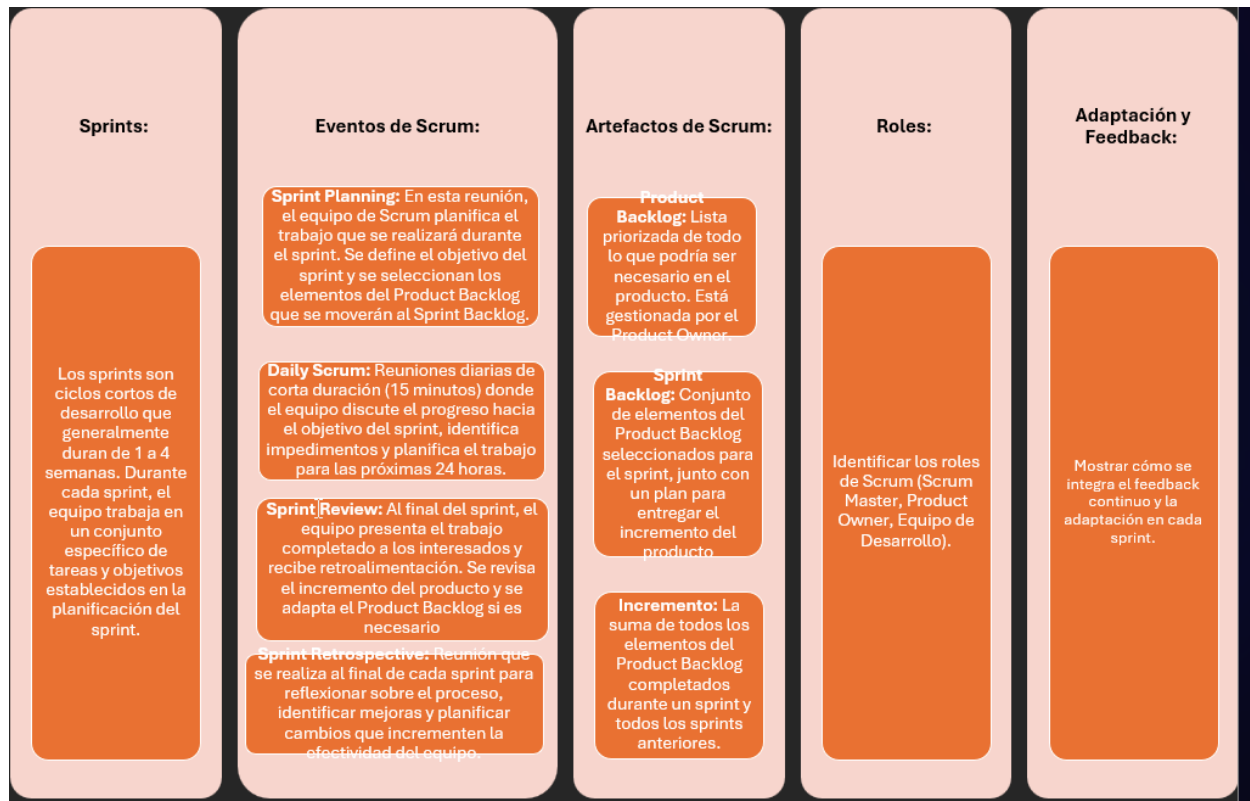


Imagen 10 “Anexo 4 Hoja 5”

## Sprint Planning

- **Descripción:** En esta reunión, el equipo de Scrum planifica el trabajo que se realizará durante el sprint. Se define el objetivo del sprint y se seleccionan los elementos del Product Backlog que se moverán al Sprint Backlog.
  - **Propósito:** Establecer un plan claro y alcanzable para el sprint.
- 2. Daily Scrum**
    - **Descripción:** Reuniones diarias de corta duración (15 minutos) donde el equipo discute el progreso hacia el objetivo del sprint, identifica impedimentos y planifica el trabajo para las próximas 24 horas.
    - **Propósito:** Facilitar la comunicación y la colaboración diaria.
  - 3. Sprint Review**
    - **Descripción:** Al final del sprint, el equipo presenta el trabajo completado a los interesados y recibe retroalimentación. Se revisa el incremento del producto y se adapta el Product Backlog si es necesario.
    - **Propósito:** Obtener feedback del trabajo realizado y asegurar que el producto evoluciona en la dirección correcta.
  - 4. Sprint Retrospective**
    - **Descripción:** Reunión que se realiza al final de cada sprint para reflexionar sobre el proceso, identificar mejoras y planificar cambios que incrementen la efectividad del equipo.
    - **Propósito:** Mejorar continuamente la eficiencia y la calidad del equipo.

## Artefactos de Scrum

### 1. Product Backlog

- **Descripción:** Lista priorizada de todo lo que podría ser necesario en el producto. Está gestionada por el Product Owner.
- **Propósito:** Proporcionar una fuente de requisitos para cualquier cambio en el producto.

### 2. Sprint Backlog

- **Descripción:** Conjunto de elementos del Product Backlog seleccionados para el sprint, junto con un plan para entregar el incremento del producto.
- **Propósito:** Dar claridad y enfoque al equipo sobre el trabajo a realizar durante el sprint.

### 3. Incremento

- **Descripción:** La suma de todos los elementos del Product Backlog completados durante un sprint y todos los sprints anteriores.
- **Propósito:** Proporcionar un entregable que sea potencialmente lanzable y usable al final de cada sprint.

## Roles

### 1. Scrum Máster

- **Descripción:** Facilita Scrum, elimina impedimentos y asegura que el equipo siga las prácticas de Scrum.
- **Responsabilidades:** Proteger al equipo de interrupciones, facilitar reuniones, y fomentar la autoorganización.
- **Habilidades:**
  - Comunicación efectiva.
  - Habilidades de facilitación.
  - Conocimiento profundo de Scrum y agilidad.
  - Resolución de conflictos.

### 2. Product Owner

- **Descripción:** Responsable de maximizar el valor del producto y gestionar el Product Backlog.

- **Responsabilidades:** Definir y priorizar los requisitos, asegurando que el equipo trabaje en los elementos más valiosos.
- **Habilidades:**
  - Habilidades de gestión de productos.
  - Conocimiento del mercado y del cliente.
  - Habilidades de toma de decisiones.
  - Comunicación y negociación.

### 3. Equipo de Desarrollo

- **Descripción:** Grupo autoorganizado de profesionales que trabajan en conjunto para entregar incrementos del producto.
- **Responsabilidades:** Completar el trabajo del sprint, colaborar estrechamente y mantener la calidad del producto.
- **Habilidades:**
  - Habilidades técnicas relevantes (desarrollo, diseño, pruebas).
  - Colaboración y trabajo en equipo.
  - Habilidades de resolución de problemas.
  - Capacidad de autoorganización.

### Adaptación y Feedback

- **Descripción:** Mostrar cómo se integra el feedback continuo y la adaptación en cada sprint.
- **Propósito:** Asegurar que el equipo se adapta rápidamente a los cambios y mejora continuamente el proceso y el producto.

En la estructura Scrum para el proyecto de invernaderos automatizados, cada rol tiene responsabilidades claras. El **Product Owner** define los requisitos del sistema, prioriza las funciones críticas, como el control de temperatura, y comunica la visión al equipo. El **Scrum Máster** facilita las reuniones diarias, planificaciones de sprints, y elimina impedimentos. El

**Equipo de Desarrollo**, compuesto por ingenieros y especialistas, se encarga de entregar incrementos del producto, asegurando la integración efectiva de sensores y sistemas automatizados para el cultivo óptimo de rosas. Cada rol enfrenta desafíos específicos, como la priorización, la facilitación efectiva, y la colaboración interdisciplinaria, todos fundamentales para el éxito del proyecto.

ROLES	Descripción breve de cada rol	Aplicación específica de cada rol al proyecto del equipo	Reflexiones sobre los desafíos y aprendizajes de cada rol
<b>Product Owner</b>	El Product Owner es responsable de maximizar el valor del producto y gestionar el Product Backlog. Define y prioriza los requisitos, asegurando que el equipo trabaje en los elementos más valiosos.	En este proyecto de invernaderos automatizados para el cultivo de rosas, el Product Owner será la persona encargada de definir los requisitos del sistema de automatización, priorizar las funcionalidades más críticas (como el control de temperatura y humedad), y comunicar la visión del producto al equipo de desarrollo.	El principal desafío para el Product Owner es balancear las necesidades y expectativas de todas las partes interesadas mientras se asegura de que el equipo de desarrollo trabaje en los elementos más valiosos. Aprender a gestionar y priorizar las demandas es una habilidad clave que se desarrolla.
<b>Scrum Master</b>	El Scrum Master facilita Scrum, elimina impedimentos y asegura que el equipo siga las prácticas de Scrum. Protege al equipo de interrupciones, facilita reuniones, y fomenta la autoorganización.	En este proyecto, el Scrum Master se encargará de organizar y facilitar las reuniones diarias (Daily Scrum), las sesiones de planificación de sprints (Sprint Planning), y las revisiones y retrospectivas de sprint. También ayudará a identificar y eliminar cualquier impedimento que el equipo enfrente durante el desarrollo del invernadero automatizado.	El principal desafío del Scrum Master es asegurar que el equipo siga las prácticas de Scrum sin interferir en la autoorganización del equipo. Facilitar la comunicación efectiva y resolver conflictos dentro del equipo son aprendizajes importantes.
<b>Equipo de Desarrollo</b>	El equipo de desarrollo es un grupo autoorganizado de profesionales que trabajan en conjunto para entregar incrementos del producto. Sus responsabilidades incluyen completar el trabajo del sprint, colaborar estrechamente y mantener la calidad del producto.	En el contexto de este proyecto, el equipo de desarrollo incluirá roles como ingenieros de software para el desarrollo del sistema de automatización, ingenieros eléctricos para la integración de sensores y actuadores, y especialistas en horticultura para asegurar que las condiciones del invernadero sean óptimas para el cultivo de rosas.	Los principales desafíos para el equipo de desarrollo incluyen la coordinación efectiva entre diferentes disciplinas, gestionar dependencias técnicas y asegurar que se cumplen los requisitos de calidad del producto. Aprender a trabajar de manera colaborativa y autoorganizada es clave para superar estos desafíos.

**Imagen 11 “Anexo 5 Hoja 1”**

En la realización del Sprint se buscaron 10 StakeHolders con su descripción de lo que realmente deberá desempeñar en el proyecto, continuando con la actividad se realizan historias de usuario, donde se busca a partir de un título y los usuarios lo que quieren y para que será destinado, con estas historias procedemos a realizar el desglose de criterios por usuario

## StakeHolders

Responsable	Descripción
Gerente de Proyecto	Responsable de la planificación y ejecución del project
Ingeniero de Automatización	Encargado de diseñar y configurar los sistemas automatizados del invernadero.
Agrónomo en Horticultura	Especialista en el cultivo de rosas, responsable de asesorar sobre las condiciones óptimas de crecimiento.
Supervisor de Planta	Encargado de la supervisión diaria del funcionamiento del invernadero.
Auditor de Calidad	Responsable de monitorear y asegurar que los estándares de calidad se mantengan.
Ingeniero Ambiental	Encargado de evaluar y asegurar la sostenibilidad del proyecto.
Técnico de Mantenimiento	Responsable de la instalación y mantenimiento de los sistemas automatizados.
Coordinador de Proyectos	Encargado de la coordinación de las diferentes actividades y recursos del proyecto.
Especialista en TI	Responsable de la integración de los sistemas de monitoreo y análisis de datos.
Consultor en Sostenibilidad	Asesor en prácticas sostenibles y cumplimiento de regulaciones ambientales.

**Imagen 12 Anexo 6 “Hoja 1”**

Las historias de usuario presentadas son fundamentales para definir los requisitos del proyecto de invernaderos automatizados. Cada historia se enfoca en un aspecto clave, como el control climático automatizado, el monitoreo remoto, las notificaciones y alertas, el análisis de datos, y la programación de tareas. Estas historias detallan las necesidades específicas de los diferentes roles involucrados, asegurando que el sistema desarrollado atienda las prioridades críticas de los usuarios y mejore la eficiencia, calidad y sostenibilidad en la producción de rosas en Facatativá.

Historias de Usuario

Historia de usuario	Como [Tipo de usuario]	Quiero [Objetivo]	Para [Beneficio]
Control de Clima Automatizado	Como agrónomo en horticultura	quiero un sistema de control climático automatizado que mantenga la temperatura y humedad adecuadas,	para asegurar que las rosas crezcan en condiciones óptimas y reducir las pérdidas por estrés climático.
Monitoreo Remoto	Como gerente del proyecto	quiero un sistema de monitoreo remoto que me permita supervisar las condiciones del invernadero desde cualquier lugar,	para poder gestionar el invernadero de manera eficiente y tomar decisiones informadas en tiempo real.
Notificaciones y Alertas	Como supervisor de planta	quiero un sistema de notificaciones y alertas que me avise sobre cualquier problema o desviación de los parámetros establecidos,	para poder actuar rápidamente y corregir cualquier inconveniente que pueda afectar la producción.
Análisis de Datos	Como auditor de calidad	quiero un sistema de análisis de datos que recopile y analice información sobre el rendimiento del invernadero,	para identificar áreas de mejora y asegurar que se mantengan los estándares de calidad.
Programación de Tareas	Como ingeniero de automatización	quiero una herramienta que programe automáticamente las tareas de mantenimiento del sistema de climatización,	para asegurar que el equipo esté siempre en condiciones óptimas y evitar fallos.

**Imagen 13 Anexo 6 “Hoja 2”**

Para el desglose de las historias de usuario, se identifica claramente cómo se desglosan las necesidades de los usuarios en términos específicos y medibles. Cada historia tiene criterios de aceptación que definen qué debe cumplir el sistema para satisfacer las necesidades del usuario. Además, se detalla el desglose de tareas y estimaciones necesarias para implementar las funcionalidades, lo que permite una planificación clara y un enfoque iterativo y controlado para desarrollar las soluciones propuestas en el proyecto del invernadero automatizado.

Historia de usuario	Historia	Criterios de aceptacion	Desglose de Tareas y Estimacion
Control de Clima Automatizado	Como agronomo en horticultura quiero un sistema de control climático automatizado que mantenga la temperatura y humedad adecuadas, para asegurar que las rosas crezcan en condiciones óptimas y reducir las pérdidas por estrés climático.  +	1.El sistema debe medir la temperatura y la humedad en tiempo real.	Implementar sensores de temperatura y humedad (5 Puntos)
		2.El sistema debe ajustar automáticamente la temperatura y la humedad según los valores preestablecidos.	Desarrollar algoritmo de ajuste automático (8 Puntos) Crear interfaz de usuario para monitoreo y control con funcion remota (10 Puntos)
		3.El agrónomo debe poder monitorear y ajustar los parámetros del sistema a través de una interfaz de usuario.	Implementar sistema de alertas y notificaciones (5 Puntos) Integrar todos los componentes (8 Puntos)
		4.El sistema debe enviar alertas al agrónomo en caso de fallos o desviaciones de los parámetros establecidos.	Pruebas y ajustes finales (5 Puntos)

Imagen 14 Anexo 6 “Hoja 4 “

El uso de Inteligencia Artificial (IA) en la gerencia de proyectos permite optimizar la toma de decisiones, mejorar la predicción de riesgos y aumentar la eficiencia en la gestión de recursos. La IA puede automatizar tareas repetitivas, proporcionar análisis de datos en tiempo real y ofrecer recomendaciones basadas en patrones detectados, lo que facilita la planificación y el seguimiento de proyectos. Además, su implementación promueve un enfoque más ágil y adaptable, alineándose con las metodologías modernas de gestión de proyectos, como PMI y Scrum, para mejorar los resultados y la efectividad general del proyecto.

La elección de herramientas de IA para la gestión del proyecto de invernaderos automatizados se justifica por sus características específicas que optimizan diferentes aspectos del proyecto. Por ejemplo, **Microsoft Project** es ideal para planificación avanzada y gestión de recursos, aunque tiene una curva de aprendizaje pronunciada. **Jira** es excelente para metodologías ágiles y seguimiento de incidencias, siendo muy personalizable pero complejo para nuevos usuarios. Herramientas como **Trello** y **Asana** ofrecen simplicidad y flexibilidad, adecuadas para equipos que buscan una interfaz fácil de usar sin requerir funciones avanzadas. **Forecast** destaca por su capacidad de previsión y uso de inteligencia artificial, aunque puede ser costoso. Cada herramienta aporta un valor específico que puede alinearse con las necesidades particulares del proyecto.

Herramienta	Características Principales	Ventajas	Desventajas
 Microsoft Project	Planificación avanzada, gestión de recursos, seguimiento de proyectos complejos	Potente y completo para proyectos grandes y complejos	Curva de aprendizaje pronunciada, costoso
 Microsoft Planner	Integración con Office 365, sencillo de usar, gestión de tareas	Fácil de usar, buena integración con Office 365	Funcionalidad limitada en comparación con otras herramientas
 Jira	Gestión de proyectos Ágiles, seguimiento de incidencias, personalizable	Excelente para metodologías Ágiles y SCRUM, altamente personalizable	Complejo de configurar, puede ser abrumador para nuevos usuarios
 Trello	Tableros Kanban, sencillo de usar, flexible	Intuitivo, flexible y visual	Limitado en funciones avanzadas

**Imagen 15 Anexo 7 “Hoja 1”**

La tabla compara las características de ChatGPT (OpenAI) y Perplexity AI, destacando que ChatGPT ofrece alta comprensión del lenguaje natural, generación de contenido detallado, interactividad, contextualización, y soporte en metodologías de proyectos como PMI y SCRUM. Además, mantiene el contexto y proporciona una documentación extensa, ideal para proyectos en desarrollo. Perplexity AI, por otro lado, se enfoca más en búsquedas rápidas y respuestas específicas, con menos capacidad para mantener contexto y documentación detallada. ChatGPT es más versátil y adecuado para la gestión integral de proyectos, mientras que Perplexity AI es mejor para consultas específicas.

característica	ChatGPT (OpenAI)	Perplexity AI
<b>Capacidad de Comprensión</b>	Alta comprensión de lenguaje natural, capaz de manejar consultas complejas y técnicas.	Orientado a búsquedas rápidas y respuestas específicas.
<b>Generación de Contenido</b>	Capaz de generar textos largos y detallados, incluyendo informes, planes y análisis.	Principalmente proporciona respuestas breves y concisas.
<b>Interactividad</b>	Alta interactividad, adaptándose a la retroalimentación y mejorando respuestas.	Respuestas directas sin mucha interacción continua.
<b>Contextualización</b>	Mantiene contexto a lo largo de la conversación, ideal para proyectos en desarrollo.	Menor capacidad para mantener contexto a largo plazo.
<b>Versatilidad de Uso</b>	Amplia gama de aplicaciones, desde planificación hasta ejecución de proyectos.	Principalmente útil para búsquedas rápidas y específicas.
<b>Metodologías de Proyecto</b>	Experiencia en metodologías PMI y SCRUM, puede guiar en la implementación de estas.	Menor enfoque en metodologías específicas de gestión de proyectos.
<b>Acceso a Información</b>	Amplio conocimiento y acceso a datos relevantes y actualizados.	Proporciona información basada en resultados de búsqueda específicos.
<b>Soporte en la Documentación</b>	Capaz de generar documentación completa y detallada.	Menos orientado a la creación de documentación extensa.
<b>Integración con Herramientas</b>	Puede integrarse con varias herramientas de gestión de proyectos y comunicación.	Limitado a la funcionalidad de búsqueda y respuesta.
<b>Justificación para el Proyecto</b>	Proporciona análisis profundos y detallados, justificando decisiones y estrategias.	Proporciona información relevante pero menos detallada.

**Imagen 16 Anexo 8 “Hoja 1”**

## **RECURSOS**

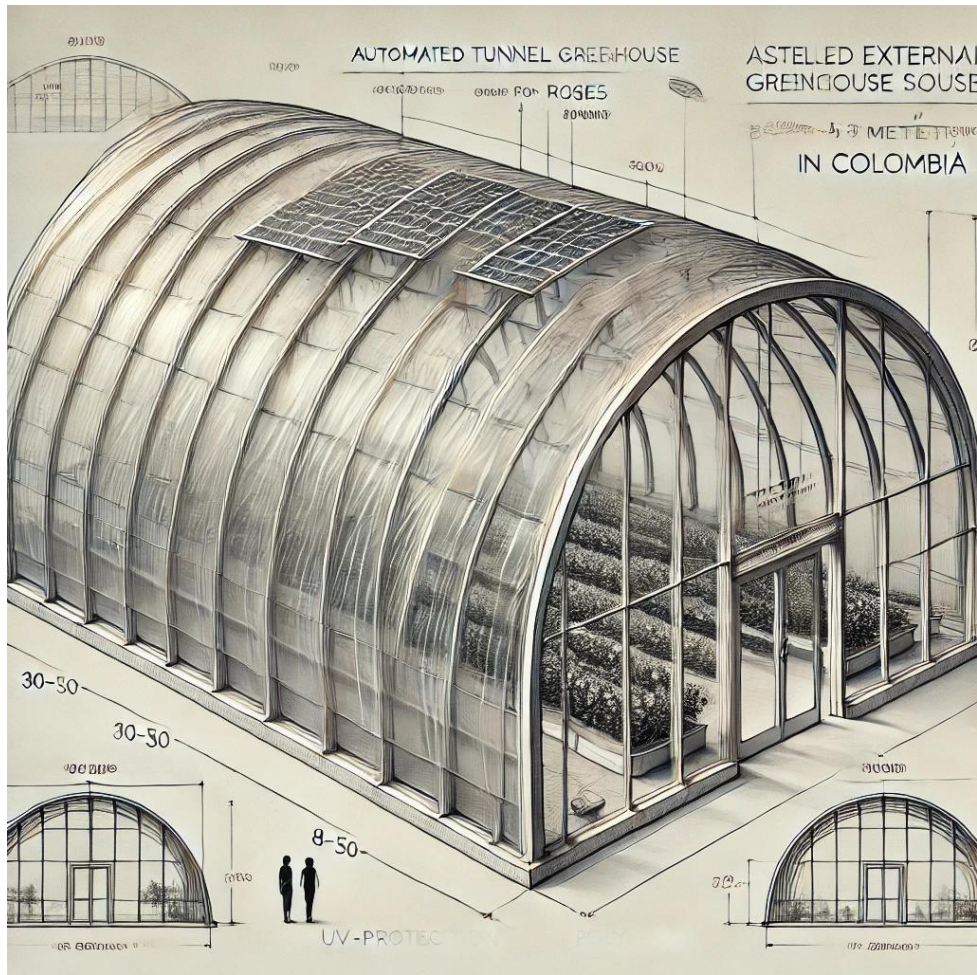
Para la realización de esta monografía, se hizo uso de varios recursos clave. En primer lugar, se requirió completar un curso universitario con un costo de \$6,500,000, el cual tuvo una duración de 2 meses. Además, se utilizaron recursos energéticos durante todo el proceso de investigación y redacción. Se estima que el consumo energético promedio para el uso de equipos informáticos, iluminación y otros dispositivos eléctricos fue significativo, contribuyendo al costo operativo total del proyecto. Estos recursos fueron fundamentales para la culminación exitosa del trabajo.

### **Rendimiento esperado (Resultados)**

#### **Selección de invernadero**

Para los resultados esperados del proyecto y las condiciones climáticas de Facatativá, Colombia, el tipo de invernadero óptimo para su diseño y uso en el casco rural sería el invernadero tipo túnel. Este tipo de invernadero ofrece varias ventajas que lo hacen adecuado para las necesidades del cultivo de rosas en Facatativá:

1. **Adaptabilidad al clima:** El invernadero tipo túnel permite una mejor capacidad de control del clima que un invernadero plano. Dado el clima de Facatativá, que puede presentar heladas y cambios bruscos de temperatura, un invernadero con esta forma facilita la instalación de sistemas de climatización eficientes, ayudando a mantener un ambiente controlado para las rosas.
2. **Optimización de la luz:** Utilizando acrílicos opacos o difusores de luz en la construcción del invernadero túnel, se lograría una distribución uniforme de la luz solar. Esto es crucial para el crecimiento de las rosas, ya que evita daños por luz intensa directa y mejora la fotosíntesis, lo que resultaría en una mayor calidad de las flores.
3. **Estructura económica y sencilla:** El invernadero tipo túnel es una opción económica y sencilla de construir, lo que lo hace accesible para pequeños y medianos productores de la región. Además, su estructura curva facilita el montaje y reduce problemas como la condensación de agua, evitando daños en los cultivos.
4. **Resistencia a condiciones adversas:** Su diseño curvado y robusto le otorga mayor resistencia frente a los fuertes vientos y granizadas, condiciones climáticas que pueden afectar la zona rural de Facatativá.



**Imagen 17. OpenAI. (2024). Boceto externo a escala de un invernadero tipo túnel automatizado para rosas. Generada por IA a través de DALL-E.**

### Medidas Planeadas

Para crear un boceto externo a escala de un invernadero tipo túnel automatizado que sea aplicable en Colombia, consideraremos aspectos como las dimensiones adecuadas para la eficiencia, el clima colombiano, y los materiales disponibles en la región. Aquí te detallo las dimensiones y características que incluiré en el boceto:

Dimensiones típicas para un invernadero tipo túnel:

- Longitud: Entre 30 y 50 metros, dependiendo del terreno disponible.
- Ancho: Aproximadamente 8 a 12 metros, lo que permite el espacio adecuado para varias filas de rosas y para maniobras automatizadas.
- Altura: 4 a 5 metros en el centro del arco para maximizar el flujo de aire y controlar la temperatura interna.
-

Características para destacar en el boceto:

- Cubierta: Hecha de polímero de metil metacrilato.
- Estructura: De acero galvanizado, resistente a las condiciones climáticas del país.
- Ventilación: Ventanas o paneles laterales automatizados para permitir el flujo de aire controlado.
- Puertas: Doble acceso en los extremos para maquinaria o personal.

## 1. Cálculo de la estructura de acero galvanizado:

La fórmula utilizada se encuentra a continuación

$$\text{Peso del acero (kg)} = \text{Área del invernadero (m}^2\text{)} \times \text{Peso estimado del acero por metro cuadrado (kg/m}^2\text{)}$$

Donde:

- El peso estimado del acero galvanizado está entre **8 y 12 kg/m<sup>2</sup>**.

Entonces:

- Para un área de **240 m<sup>2</sup>**:

$$\text{Peso del acero} = 240 \text{ m}^2 \times (8 - 12) \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = (1,920 - 2,880) \text{ kg}$$

Para un área de **600 m<sup>2</sup>**:

$$\text{Peso del acero} = 600 \text{ m}^2 \times (8 - 12) \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = (4,800 - 7,200) \text{ kg}$$

## 2. Cálculo de los perfiles de aluminio:

El aluminio suele representar un porcentaje del acero, por lo que la cantidad de aluminio se puede aproximar como un 10% del peso del acero.

$$\text{Peso del aluminio (kg)} = 0.1 \times \text{Peso del acero (kg)}$$

Entonces:

- Para un peso de acero entre **1,920 y 2,880 kg** (para 240 m<sup>2</sup>):

$$\text{Peso del aluminio} = 0.1 \times (1,920 - 2,880) \text{ kg} = (192 - 288) \text{ kg}$$

- Para un peso de acero entre 4,800 y 7,200 kg (para 600 m<sup>2</sup>):

$$\text{Peso del aluminio} = 0.1 \times (4,800 - 7,200) \text{ kg} = (480 - 720) \text{ kg}$$

### 3. Cálculo del área de la cubierta de acrílico:

La superficie total del invernadero (techo y paredes laterales) depende de su geometría. Para un invernadero tipo túnel, la superficie cubierta se puede calcular sumando el área del techo arqueado y las paredes laterales.

Aproximación del área total:

La fórmula para la longitud del arco (techo arqueado) es:

$$\text{Longitud del arco} = 2 \times \text{Radio} \times \pi/2$$

El radio del arco es aproximadamente la mitad del ancho del invernadero (si el arco es un semicírculo).

$$\text{Radio} = \frac{\text{Ancho}}{2}$$

Área total aproximada (techo + paredes laterales):

$$\text{Área total (m}^2\text{)} = (\text{Longitud del arco} \times \text{Longitud del invernadero}) + (2 \times \text{Altura} \times \text{Longitud del invernadero})$$

Para un invernadero de 30 m de longitud y 8 m de ancho:

$$\text{Radio} = 4 \text{ m.}$$

$$\text{Longitud del arco} = 2 \times 4 \times \frac{\pi}{2} \approx 12.57 \text{ m.}$$

$$\text{Área total (aproximada)} = (12.57 \times 30) + (2 \times 4 \times 30) = 377.1 + 240 = 617.1 \text{ m}^2.$$

Para un invernadero de 50 m de longitud y 12 m de ancho:

Radio = 6 m.

Longitud del arco =  $2 \times 6 \times \frac{\pi}{2} \approx 18.85$  m.

Área total (aproximada) =  $(18.85 \times 50) + (2 \times 5 \times 50) = 942.5 + 500 = 1442.5$  m<sup>2</sup>.

El peso del acrílico es:

**Peso del acrílico (kg) = Área total (m<sup>2</sup>) × Peso por metro cuadrado del acrílico (kg/m<sup>2</sup>)**

Peso por m<sup>2</sup>: entre 6 y 9 kg/m<sup>2</sup>.

Entonces:

- Para 617.1 m<sup>2</sup>:

$$\text{Peso del acrílico} = 617.1 \text{ m}^2 \times (6 - 9) \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = (3,702.6 - 5,553.9) \text{ kg}$$

- Para 1442.5 m<sup>2</sup>:

$$\text{Peso del acrílico} = 1442.5 \text{ m}^2 \times (6 - 9) \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = (8,655 - 12,982.5) \text{ kg}$$

## Costos y Estimados

### 1. Estructura metálica (aluminio y acero galvanizado):

- **Perfil de acero galvanizado:**
  - Se estima que se utilizan entre 8 y 12 kg de acero por metro cuadrado de invernadero.
  - Para un invernadero de 240 m<sup>2</sup>: entre 1,920 kg y 2,880 kg de acero.
  - Para un invernadero de 600 m<sup>2</sup>: entre 4,800 kg y 7,200 kg de acero.
- **Perfiles de aluminio:** Se necesitarían en menor cantidad para refuerzos o ventanas, alrededor de **10% del peso del acero**, es decir:
  - Para 240 m<sup>2</sup>: entre 190 kg y 290 kg de aluminio.
  - Para 600 m<sup>2</sup>: entre 480 kg y 720 kg de aluminio.

### 2. Cubierta de acrílico (metil metacrilato):

- **Espesor típico:** El acrílico usado en invernaderos suele tener entre 4 mm y 6 mm de espesor.
- Cálculo de superficie cubierta:

- Para un invernadero de **240 m<sup>2</sup>**: la superficie de la cubierta (incluyendo los laterales y el techo) sería de aproximadamente **350 m<sup>2</sup>** de acrílico.
- Para un invernadero de **600 m<sup>2</sup>**: la superficie sería aproximadamente **850 m<sup>2</sup>** de acrílico.
- **Peso del acrílico:** El acrílico tiene un peso aproximado de **6-9 kg/m<sup>2</sup>** dependiendo del espesor.
  - Para **240 m<sup>2</sup>**: necesitarías entre **2,100 kg y 3,150 kg** de acrílico.
  - Para **600 m<sup>2</sup>**: necesitarías entre **5,100 kg y 7,650 kg** de acrílico.

### 3. Ventilación automatizada:

- Los sistemas de ventilación pueden incluir perfiles adicionales, motores eléctricos y paneles. El peso no es significativo en comparación con la estructura, pero es probable que requieras entre **50 y 100 m<sup>2</sup>** de paneles móviles para ventilación.

### 4. Puertas y accesos:

- **Cantidad de material para puertas:** Generalmente las puertas son dobles y de gran tamaño, por lo que podrían requerir aproximadamente **40-60 kg de acero** por puerta, además de vidrio o acrílico para las secciones translúcidas. Por lo tanto, para dos puertas, podrías necesitar entre **80 y 120 kg de acero** más unos **20 m<sup>2</sup> de acrílico**.

### Resumen de materiales:

1. **Acero galvanizado:**
  - a. Para 240 m<sup>2</sup>: **1,920 - 2,880 kg**.
  - b. Para 600 m<sup>2</sup>: **4,800 - 7,200 kg**.
2. **Perfiles de aluminio:**
  - a. Para 240 m<sup>2</sup>: **190 - 290 kg**.
  - b. Para 600 m<sup>2</sup>: **480 - 720 kg**.
3. **Acrílico (metil metacrilato):**
  - a. Para 240 m<sup>2</sup>: **2,100 - 3,150 kg** (aprox. 350 m<sup>2</sup>).
  - b. Para 600 m<sup>2</sup>: **5,100 - 7,650 kg** (aprox. 850 m<sup>2</sup>).
4. **Ventilación automatizada:** **50-100 m<sup>2</sup>** de paneles móviles.
5. **Puertas:** **80-120 kg de acero** y **20 m<sup>2</sup> de acrílico**.
6. **Estructura metálica (aluminio y acero galvanizado):**
  - a. Costo por m<sup>2</sup>: entre **80,000 y 160,000 COP** por m<sup>2</sup>.
  - b. Para un invernadero de 240 m<sup>2</sup>: entre **19,200,000 y 38,400,000 COP**.
  - c. Para uno de 600 m<sup>2</sup>: entre **48,000,000 y 96,000,000 COP**.
7. **Cubierta de acrílico (metil metacrilato):**
  - a. Costo por m<sup>2</sup>: entre **60,000 y 100,000 COP** por m<sup>2</sup>.
  - b. Para un invernadero de 240 m<sup>2</sup>: entre **14,400,000 y 24,000,000 COP**.
  - c. Para uno de 600 m<sup>2</sup>: entre **36,000,000 y 60,000,000 COP**.

**8. Ventilación automatizada:**

- a. Costo aproximado del sistema: entre **4,000,000** y **12,000,000 COP**, dependiendo del tamaño.

**9. Puertas y accesos:**

- a. Doble puerta de acceso: entre **2,000,000** y **6,000,000 COP**.

**Estimado total:**

- Para un invernadero de 240 m<sup>2</sup>: entre **39,600,000** y **80,400,000 COP**.
- Para un invernadero de 600 m<sup>2</sup>: entre **90,000,000** y **174,000,000 COP**.



*Modelo Invernadero hecho en Cinema 4D*

**Sistema de control**

Para diseñar un sistema de control automatizado para un invernadero, las fórmulas pueden modelar el comportamiento del sistema utilizando las variables principales que influyen en el

ambiente interno del invernadero, como la temperatura, la humedad, y la luminosidad. A continuación, te proporciono una propuesta de fórmulas de control basadas en el modelo PID aplicado al control de temperatura y humedad dentro de un invernadero automatizado.

### 1. Control de temperatura (PID):

El sistema de control debe ajustar la temperatura interna del invernadero, comparando la temperatura real con la temperatura deseada (setpoint) y tomando medidas para corregir cualquier desviación.

$$u_T(t) = K_{pT} \cdot e_T(t) + K_{iT} \cdot \int_0^t e_T(\tau) d\tau + K_{dT} \cdot \frac{de_T(t)}{dt}$$

Donde:

- $u_T(t)$ : Señal de control del sistema de calefacción o ventilación.
- $e_T(t) = T_{setpoint} - T_{actual}$ : Error de temperatura, donde  $T_{setpoint}$  es la temperatura deseada y  $T_{actual}$  es la temperatura real.
- $K_{pT}, K_{iT}, K_{dT}$ : Son las ganancias proporcional, integral y derivativa para el control de la temperatura.

**Objetivo:** Mantener la temperatura interna  $T_{actual}$  cerca de  $T_{setpoint}$  ajustando la calefacción o ventilación según sea necesario.

$$u_H(t) = K_{pH} \cdot e_H(t) + K_{iH} \cdot \int_0^t e_H(\tau) d\tau + K_{dH} \cdot \frac{de_H(t)}{dt}$$

### 2. Control de humedad (PID):

Similar al control de temperatura, el sistema de control ajusta la humedad interna del invernadero comparando el valor real de la humedad con el valor deseado y corrigiendo la diferencia.

$$u_H(t) = K_{pH} \cdot e_H(t) + K_{iH} \cdot \int_0^t e_H(\tau) d\tau + K_{dH} \cdot \frac{de_H(t)}{dt}$$

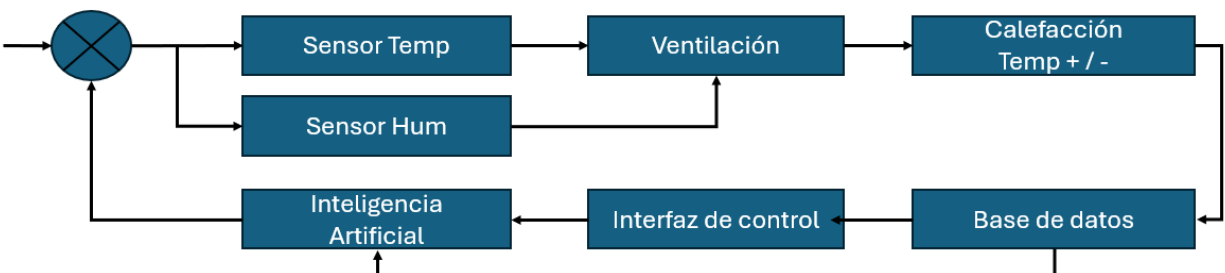
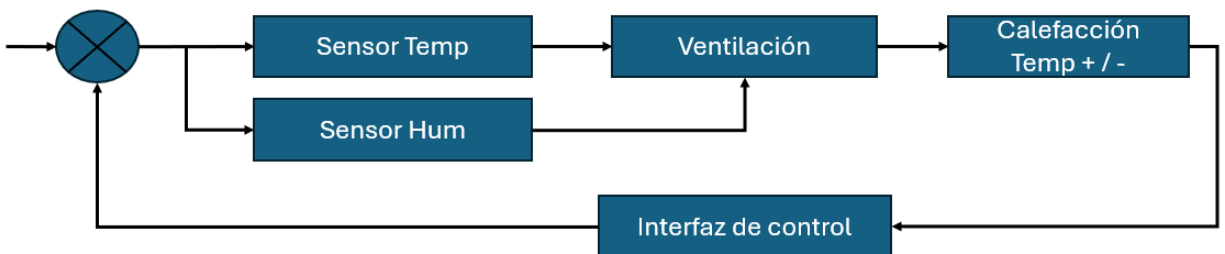
Donde

- $u_H(t)$ : Señal de control para el sistema de humidificación o deshumidificación.
- $e_H(t) = H_{setpoint} - H_{actual}$ : Error de humedad, donde  $H_{setpoint}$  es la humedad deseada y  $H_{actual}$  es la humedad real.
- $K_{pH}, K_{iH}, K_{dH}$ : Son las ganancias proporcional, integral y derivativa para el control de la humedad.

**Objetivo:** Mantener la humedad interna  $H_{actual}$  cercana a  $H_{setpoint}$ , ajustando el sistema de humidificación o ventilación.

Estas fórmulas PID permiten ajustar automáticamente las condiciones climáticas del invernadero (temperatura, humedad) para garantizar un entorno óptimo para el cultivo de rosas. Los controladores ajustan continuamente los sistemas de ventilación, humidificación, para mantener las condiciones ideales dentro del invernadero, maximizando el crecimiento y la calidad de las plantas.

### Diagrama de bloques Sistemas de control



Este diagrama de bloques representa un sistema de control automatizado para un invernadero, utilizando sensores y retroalimentación a través de un controlador, posiblemente basado en inteligencia artificial (IA), para optimizar las condiciones internas del ambiente.

### Explicación de los bloques:

1. **Sensor de Temperatura (Sensor Temp):** Este sensor mide la temperatura actual dentro del invernadero. Envía esta información al sistema de control que la compara con la temperatura deseada.
2. **Sensor de Humedad (Sensor Hum):** Este sensor mide la humedad interna del invernadero, proporcionando datos para asegurar que las condiciones de humedad sean las óptimas para el crecimiento de las plantas.
3. **Inteligencia Artificial:** Este componente es el encargado de procesar los datos recopilados por los sensores de temperatura y humedad. Con base en los datos históricos (almacenados en la **Base de Datos**) y en los valores actuales, el sistema de IA toma decisiones para mantener un entorno óptimo.
4. **Interfaz de Control:** Es el centro de comando del sistema, donde se reciben los datos de los sensores y se procesan las señales de control. La interfaz de control comunica directamente con los actuadores, como el sistema de ventilación o calefacción.
5. **Ventilación:** Actuador encargado de ajustar la cantidad de aire que circula dentro del invernadero, según las necesidades de control de temperatura y humedad.
6. **Calefacción (Temp +/-):** Se refiere al sistema de calefacción o enfriamiento que ajusta la temperatura interna del invernadero. Actúa dependiendo de los datos de entrada de los sensores y las órdenes emitidas por la IA o la interfaz de control.
7. **Base de Datos:** Este bloque almacena todos los datos históricos y actuales del sistema. La base de datos permite a la IA aprender y mejorar sus decisiones basadas en patrones de comportamiento previos de los parámetros climáticos.

## Proceso del Sistema:

- Los sensores de temperatura y humedad monitorean continuamente el estado actual del invernadero.
- Estos datos se procesan en la **Inteligencia Artificial**, que evalúa si es necesario hacer algún ajuste en las condiciones.
- La **Interfaz de Control** comunica la decisión a los sistemas de ventilación y calefacción.
- Los ajustes se ejecutan para alcanzar los valores deseados y óptimos para el cultivo.
- Los datos se almacenan en la **Base de Datos** para mejorar el control a futuro, con ajustes más precisos basados en patrones aprendidos.

Este tipo de sistema permite mantener las condiciones internas de forma óptima para el crecimiento de las plantas, mejorando la eficiencia y reduciendo la necesidad de intervención manual.

## Resultados Esperados con Metodología PMI:

### 9. Planificación y Control Eficiente de los Recursos:

A través de los procesos de planificación y monitoreo de PMI, se espera un **control riguroso del cronograma y presupuesto**, asegurando que los recursos sean utilizados de manera eficiente. Esto podría resultar en una **reducción del 10-15% de los costos operativos** a lo largo del proyecto.

La creación de un cronograma detallado y el seguimiento del progreso permitiría cumplir con los plazos establecidos para la implementación de los invernaderos, reduciendo posibles retrasos.

#### 10. Reducción de Riesgos:

El uso del **PMI para la gestión de riesgos** permitiría identificar de forma temprana posibles problemas en la implementación de invernaderos automatizados. La aplicación de planes de mitigación disminuiría el impacto negativo de situaciones adversas, como fallas técnicas o condiciones climáticas extremas, reduciendo las pérdidas en la producción.

#### 11. Mejora de la Calidad del Producto:

Con el enfoque en la **gestión de calidad del PMI**, se podrían establecer estándares específicos para garantizar que la tecnología aplicada en los invernaderos automatizados cumpla con los requisitos de producción de rosas de alta calidad, lo que incrementaría la aceptación del producto en mercados internacionales.

#### 12. Incremento de la Productividad:

El enfoque estructurado de PMI aseguraría que las **actividades críticas se ejecuten de manera secuencial y eficiente**, lo que llevaría a un aumento en la producción de rosas en un **20-30% en los primeros dos años**. Esto se debe a la planificación de las fases del proyecto, asegurando que los recursos, como tiempo, personal y tecnología, estén bien gestionados.

### Resultados Esperados con Metodología SCRUM:

#### 13. Adaptabilidad y Flexibilidad:

El uso de SCRUM facilitaría la **adaptación rápida a los cambios o imprevistos** que puedan surgir durante la implementación de los invernaderos, como ajustes en el diseño del sistema automatizado o la integración de nuevas tecnologías. Esto es crucial para enfrentar las condiciones climáticas fluctuantes en Facatativá.

La flexibilidad de SCRUM permitiría una **mejora continua** en cada sprint, lo que optimizaría los procesos y aseguraría que se ajusten a las necesidades cambiantes del mercado.

#### 14. Entrega Iterativa de Mejoras:

Con SCRUM, los equipos trabajarían en **incrementos regulares** del sistema de automatización de los invernaderos, lo que aseguraría que las mejoras se implementen de manera continua y rápida. Esto podría permitir una implementación temprana de funcionalidades críticas, como el control de temperatura y riego automatizado, lo que generaría beneficios desde las primeras fases del proyecto.

#### 15. Colaboración Interdisciplinaria:

La metodología SCRUM fomenta la **colaboración constante entre los diferentes actores del proyecto**, lo que facilita que floricultores, ingenieros y otros profesionales compartan retroalimentación de manera ágil. Esto ayudaría a solucionar problemas de manera más eficiente y a mejorar los resultados globales.

#### 16. Mejora en la Productividad y Rentabilidad:

A través de la ejecución ágil y la entrega iterativa de soluciones, se espera un **aumento en la productividad del 20%** y una **reducción de los costos operativos** debido a la mejora constante de los procesos y la optimización de recursos. Esto se vería reflejado en un **retorno de inversión acelerado**.

### Uso de la Inteligencia Artificial en la implementación de la metodología SCRUM Y PMI:

La **Inteligencia Artificial (IA)** podría desempeñar un rol clave en la mejora de la gestión tanto bajo las metodologías PMI como SCRUM. A continuación, se detalla la integración de IA en ambos enfoques:

#### 17. Automatización de la Toma de Decisiones:

**En PMI**, la IA puede ayudar en la toma de decisiones basada en datos, especialmente en la **gestión de riesgos y control de costos**. A través de algoritmos predictivos, la IA podría identificar problemas potenciales (como variaciones de clima) y sugerir estrategias de mitigación, reduciendo los riesgos en la producción y controlando los costos de manera más efectiva.

**En SCRUM**, la IA puede optimizar la asignación de tareas y recursos durante los sprints, analizando datos de rendimiento pasado para ajustar las cargas de trabajo y prever posibles cuellos de botella, mejorando la eficiencia del equipo.

## 18. Optimización del Clima en Invernaderos:

La IA, mediante el uso de **sensores inteligentes y análisis de datos en tiempo real**, puede optimizar el sistema de climatización en los invernaderos. Esto impactaría directamente en la calidad y cantidad de producción, ajustando las variables de temperatura y humedad automáticamente, lo que resultaría en un **incremento del 10-15% en la calidad de las rosas**.

## 19. Análisis Predictivo de la Demanda:

La IA puede analizar patrones de demanda en mercados internacionales y ayudar a **predecir las necesidades de producción**. Esto permitiría a los floricultores de Facatativá ajustar su producción según las tendencias del mercado, lo que mejoraría su competitividad. **PMI** se beneficiaría de estos datos para ajustar el cronograma y los recursos del proyecto, mientras que **SCRUM** podría adaptar los sprints en función de estos nuevos requerimientos.

## 20. Automatización de Procesos de Riego y Fertilización:

Integrada en los sistemas de control, la IA puede hacer ajustes automáticos en el **riego y fertilización** en función de los datos recogidos en tiempo real por los sensores de los invernaderos. Esto no solo aseguraría el uso eficiente de recursos, sino que también reduciría el impacto ambiental del proyecto, uno de los objetivos de sostenibilidad clave.

## 21. Monitoreo Continuo y Feedback Inmediato:

En SCRUM, la IA puede ofrecer análisis en tiempo real del progreso del sprint, generando informes automáticos que permitan al equipo hacer ajustes inmediatos. Este monitoreo constante también sería útil en la evaluación de riesgos en PMI, permitiendo una toma de decisiones informada durante la fase de monitoreo y control.

## CRONOGRAMA

### Cronograma de Actividades (3 meses):

1. **Idea Original:** Desarrollo inicial del concepto y planificación preliminar del proyecto (2 semanas).
2. **Inscripción al Curso:** Proceso de registro y formalización de la participación en el curso universitario (1 semana).
3. **Desarrollo de Módulos:**
  - **Módulo 1:** Introducción y fundamentos teóricos (3 semanas).
  - **Módulo 2:** Aplicación de herramientas y metodologías (3 semanas).
  - **Módulo 3:** Práctica y desarrollo del proyecto final (4 semanas).
4. **Entrega Final:** Revisión, ajustes finales, y presentación del proyecto (1 semana).

## **Conclusiones**

Adoptar tecnologías avanzadas y métodos de gestión de proyectos modernos permite a los floricultores de Facatativá competir de manera más efectiva a nivel internacional. La integración de metodologías PMI y SCRUM proporciona un enfoque que equilibra planificación y flexibilidad, permitiendo a los productores adaptarse rápidamente a las demandas cambiantes del mercado y

mejorar su presencia en mercados internacionales. Esta combinación es esencial para mantenerse competitivo frente a países como los Países Bajos y Ecuador.

El uso de tecnologías automatizadas y materiales más sostenibles también promueve la sostenibilidad ambiental del sector, al reducir el consumo de energía, minimizar el desperdicio de materiales y optimizar el uso de recursos. Estas prácticas responden a las demandas crecientes de sostenibilidad por parte de consumidores y reguladores, garantizando así la viabilidad a largo plazo del sector en Facatativá.

La modernización de los invernaderos tendrá un impacto económico y social positivo en la región, aumentando la rentabilidad de los productores y generando nuevos empleos, lo que impulsará el desarrollo económico local y atraerá inversiones adicionales. Así, el proyecto no solo mejora la calidad de vida en Facatativá, sino que también consolida el rol del sector floricultor como motor de desarrollo en la región.

La incorporación de inteligencia artificial (IA) en la gestión de proyectos y la optimización de recursos representa una ventaja competitiva importante, al facilitar la automatización de tareas, mejorar la toma de decisiones y permitir una gestión de riesgos más eficiente, reduciendo costos operativos y mejorando la eficiencia. Esto posiciona a Facatativá como un referente en prácticas avanzadas dentro de la industria floricultora.

La metodología mixta utilizada en esta investigación, que combina enfoques cualitativos y cuantitativos, ha permitido un análisis completo de los desafíos y oportunidades del sector floricultor en Facatativá. Este enfoque ha proporcionado una comprensión más profunda del estado actual del sector y ha validado la aplicación de las metodologías PMI y SCRUM en la gestión de proyectos agrícolas innovadores, demostrando su relevancia para mejorar la eficiencia y efectividad en la producción de flores.

El proyecto también refuerza los principios de sostenibilidad, responsabilidad social e innovación tecnológica promovidos por UNIAGRARIA, demostrando el impacto directo de la investigación académica en la comunidad. Al mejorar la eficiencia y promover la sostenibilidad, Facatativá se posiciona como un líder en innovación y sostenibilidad en el mercado global de flores.

Finalmente, se sugiere continuar investigando y desarrollando nuevas tecnologías y metodologías aplicables al sector floricultor. Asimismo, es fundamental fomentar alianzas entre la academia, la industria y el gobierno para promover la innovación, la transferencia de tecnología y la adopción de prácticas sostenibles a nivel local e internacional, asegurando la competitividad futura de los floricultores de Facatativá.

## **Recomendaciones**

Fomento de la Investigación sobre Climatización Automatizada en Invernaderos: Se sugiere impulsar más investigaciones locales que profundicen en la climatización automatizada para invernaderos, enfocándose en cómo optimizar el uso de recursos naturales como luz solar y agua. Este tipo de investigación sería valiosa para ajustar la automatización a las condiciones climáticas específicas de Facatativá, mejorando la eficiencia en el cultivo de rosas.

Desarrollo de Políticas Públicas de Apoyo Tecnológico: Dado el impacto positivo que la automatización podría tener en la competitividad del sector floricultor, se recomienda que las autoridades locales y nacionales implementen políticas públicas que faciliten el acceso a tecnología de invernaderos automatizados, como subsidios, créditos a bajo interés o incentivos fiscales para empresas que adopten estas tecnologías.

Estudio Comparativo de Materiales: Se sugiere realizar estudios comparativos de los diferentes materiales que pueden usarse en la construcción de invernaderos (acrílico, policarbonato, vidrio, entre otros). Estos estudios deben considerar la durabilidad, costo-beneficio y sostenibilidad de cada material, lo que permitirá tomar decisiones informadas en futuros proyectos.

Evaluación de Impacto Ambiental y Social: Se recomienda realizar evaluaciones periódicas del impacto ambiental y social de los invernaderos automatizados en las comunidades locales. Esto ayudaría a medir no solo los beneficios económicos del proyecto, sino también su contribución a la sostenibilidad ambiental y el bienestar de la comunidad, garantizando una adopción más equilibrada de las tecnologías propuestas.

Monitoreo de Avances Tecnológicos: El sector floricultor de Facatativá debe mantenerse al día con los avances tecnológicos en automatización agrícola. Las herramientas y técnicas evolucionan rápidamente, y estar al tanto de nuevas soluciones tecnológicas podría aumentar la eficiencia operativa y reducir aún más los costos de producción en el futuro.

Creación de Alianzas Estratégicas con Universidades: La colaboración con universidades y centros de investigación podría ser clave para el desarrollo y adaptación de nuevas tecnologías en el ámbito floricultor. Se recomienda establecer alianzas con instituciones que ofrezcan programas de investigación y desarrollo en tecnologías agrícolas, asegurando la incorporación de innovaciones adaptadas al contexto local.

## REFERENCIAS

- Carvajal-Romo, M., & Montoya-Restrepo, I. (2019). Technological innovation in the Colombian floriculture industry: Challenges and opportunities. *Agricultural Systems*, 178, 102764.
- Congreso de la República de Colombia. (2014). *Ley 1715 de 2014: Por la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional*. Diario Oficial 49.154 de 13 de mayo de 2014.
- Congreso de la República de Colombia. (1993). *Ley 101 de 1993: Por la cual se expide la Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero*. Diario Oficial 41.109 de 23 de diciembre de 1993.
- Departamento Nacional de Planeación de Colombia. (2018). *Conpes 3918 de 2018: Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Diario Oficial 50.760 de 18 de julio de 2018.
- Díaz, L. (2019). Sostenibilidad y floricultura: Desafíos y oportunidades. *Revista de Agricultura y Medio Ambiente*, 23(4), 45-59.
  - Gómez, M. (2020). Importancia del sector floricultor en Facatativá. *Journal of Local Economic Studies*, 12(2), 112-127.
  - González, J. (2021). Exportación de flores de Facatativá: Un análisis económico. *Revista de Comercio Internacional*, 29(3), 134-149.
- González, A., & Romero, J. (2018). Application of PMI methodologies in the management of agricultural projects. *Journal of Agricultural Project Management*, 25(2), 87-105.
- Hernández, P., Rodríguez, S., & López, A. (2020). Retos del sector floricultor en Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 18(1), 76-91.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.
- López, A., & Rodríguez, S. (2018). Factores geográficos y climáticos en la producción de flores en Facatativá. *Revista de Estudios Geográficos*, 14(3), 202-219.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. (2015). *Decreto 1071 de 2015: Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural*. Diario Oficial 49.523 de 26 de mayo de 2015.
- Martínez, E. (2019). Generación de empleo en la industria floricultora de Facatativá. *Revista de Economía y Trabajo*, 21(2), 98-113.
  - Pérez, R. (2020). Demanda y oportunidades en el mercado de flores. *Revista de Negocios Internacionales*, 27(1), 83-97.
  - Sánchez, D., & Martín, C. (2021). Innovación tecnológica en la floricultura: El caso de los invernaderos en Facatativá. *Revista de Innovación Agrícola*, 31(2), 56-70.
  - Statista. (2023). Ranking de los 15 principales exportadores de flores del mundo en función del valor de la exportación en 2022 (en millones de dólares). En A. Orús (Ed.), *Statista*. <https://es.statista.com/estadisticas/1337297/principales-exportadores-de-flores-del-mundo-segun-valor-de-exportacion-en-2021/#:~:text=En%202022%2C%20Pa%C3%ADses%20Bajos%20fue,segunda%20y%20tercera%20posici%C3%B3n%20respectivamente>
  - ProColombia. (2023, 13 de febrero). Las exportaciones de flores crecieron 19.1% en 2022 y las rosas lideran el segmento. *La República*. <https://www.larepublica.co/economia/las-exportaciones-de-flores-crecieron-19-1-en-2022-y-las-rosas-lideran-el-segmento-3543818>

- Project Management Institute. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)–Sixth Edition*. Project Management Institute.
- Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (12th ed.). Wiley.
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game*. Scrum.org.
- Rubin, K. S. (2012). *Essential Scrum: A Practical Guide to the Most Popular Agile Process*. Addison-Wesley.
- Zanjirani Farahani, R., & Asgari, N. (2020). *Intelligent Projects Using Artificial Intelligence and Big Data: Automating and Optimizing Decision-Making Processes*. Springer.
- Lavoie, J., & Zarzour, H. (2021). *Artificial Intelligence in Project Management*. CRC Press.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80.