

**ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN  
INVERNADERO ALIMENTADO CON UN SISTEMA DE ENERGÍA  
FOTOVOLTAICA EN LA CORPORACION UNIVERSITARIA REFORMADA**

**ALEX JUNIOR BOLAÑO BRUGES  
&  
ALFONSO CEDITH ZAMORA PADILLA**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REFORMADA (CUR)  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL POR CICLOS PROPEDÉUTICOS DE  
TECNOLOGÍA EN DESARROLLO AMBIENTAL Y SOSTENIBLE  
BARRANQUILLA-ATLÁNTICO**

**2023**



**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA  
REFORMADA®**

Validada MINEDUCACIÓN

**ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN  
INVERNADERO ALIMENTADO CON UN SISTEMA DE ENERGÍA  
FOTOVOLTAICA EN LA CORPORACION UNIVERSITARIA REFORMADA**

**ALEX JUNIOR BOLAÑO BRUGES  
&  
ALFONSO CEDITH ZAMORA PADILLA**

**Investigación presentada como requisito para optar por el título de Tecnólogo en  
Sostenibilidad y Desarrollo Ambiental**

**Tutora: MARTA MENDOZA**

**Cotutora: SOFIA SULBARAN**

**Corporación Universitaria Reformada  
Departamento de Ingeniería  
Barranquilla – Atlántico**

**2023**



**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA  
REFORMADA®**

Vigilada MINEDUCACIÓN

## **Contenido**

1. Resumen .....	4
2. Abstract.....	4
3. Introducción.....	5
4. Planteamiento Del Problema .....	6
5. Justificación .....	7
6. Objetivos.....	8
7. Marco referencial.....	9
7.1. Marco teórico.....	9
7.2. Marco Legal.....	22
8. Metodología.....	35
9. Resultado Y Discusión.....	36
10. Bibliografía.....	37

## 1. Resumen

Este proyecto analiza la viabilidad técnica, económica y ambiental para implementar un invernadero alimentado mediante energía fotovoltaica en la Corporación Universitaria Reformada. El estudio evalúa la disponibilidad solar del sitio, la selección de paneles solares, sistemas de riego, costos de inversión, retorno de la inversión, beneficios ambientales y la integración del sistema dentro del invernadero. Se concluye que esta solución permite una producción agrícola sostenible, reduce costos energéticos y disminuye la huella ambiental del proceso productivo.

**Palabras clave:** Energía fotovoltaica, invernadero, viabilidad, sostenibilidad, eficiencia energética

## 2. Abstract

This project analyzes the technical, economic, and environmental feasibility of implementing a photovoltaic-powered greenhouse at the Reformed University Corporation. The study evaluates the site's solar availability, the selection of solar panels, irrigation systems, investment costs, return on investment, environmental benefits, and the system's integration within the greenhouse. It concludes that this solution enables sustainable agricultural production, reduces energy costs, and decreases the environmental footprint of the production process.

Key Words: Photovoltaic energy, greenhouse, viability, sustainability, energy efficiency

### 3. Introducción

La creciente preocupación por el cambio climático y la necesidad de buscar alternativas sostenibles en la producción de alimentos ha llevado a un interés creciente en la implementación de invernaderos alimentados con energía fotovoltaica (Khatib, T., & Elayeb, S. (2019). Estos invernaderos no solo ofrecen un ambiente controlado para el cultivo de plantas, lo que permite una producción más eficiente y de mayor calidad, sino que también aprovechan la energía solar para reducir su huella de carbono y su dependencia de fuentes de energía convencionales. (Arneeth, A., & Ray, D. K. (2014). En el contexto de la Corporación Universitaria Reformada, una institución educativa que busca la excelencia en la enseñanza, la investigación y la sostenibilidad, la implementación de un invernadero alimentado con energía fotovoltaica representa una oportunidad emocionante para combinar la investigación, la educación y la práctica sostenible. Este proyecto no solo podría contribuir a la producción de alimentos locales, sino que también un ahorro energético bastante considerable con energía limpia. también serviría como un laboratorio viviente para investigaciones en agricultura sostenible y energía renovable, (Khatib, T., & Elayeb, S. (2019). Para llevar a cabo un análisis de viabilidad para la implementación de un invernadero alimentado con un sistema de energía fotovoltaica en la Corporación Universitaria Reformada, es esencial considerar una serie de aspectos técnicos,

económicos, ambientales y sociales. A continuación, se presentan algunas de las áreas clave que se deben abordar en este análisis: Evaluación Técnica: Se debe realizar un estudio detallado de las condiciones del sitio, la selección de tecnología fotovoltaica adecuada, el diseño del invernadero, los sistemas de riego y control ambiental, y la integración de los paneles solares con la estructura del invernadero. Análisis Económico: Este incluiría el cálculo de los costos iniciales de inversión, los costos operativos, los ingresos esperados de la producción de alimentos y los ahorros en costos de energía eléctrica. Además, se deben explorar posibles fuentes de financiamiento y subvenciones. Evaluación Ambiental: Es fundamental medir el impacto ambiental del proyecto, incluyendo la reducción de emisiones de carbono, la conservación de recursos hídricos y la generación de residuos. También se debe considerar la gestión adecuada de residuos y productos químicos utilizados en el invernadero. (Rosenzweig, C., Elliott, J (2016). Este proyecto representa una oportunidad emocionante para promover la sostenibilidad, la investigación y la educación. Sin embargo, es esencial llevar a cabo un análisis de viabilidad completo y multidisciplinario para asegurar que el proyecto sea exitoso y beneficioso para la comunidad universitaria y el medio ambiente.

#### **4. Planteamiento Del Problema**

La Corporación Universitaria Reformada (CUR) es una institución de educación superior que tiene como objetivo formar profesionales comprometidos con el desarrollo sostenible y la conservación del medio ambiente. En este contexto, se plantea la posibilidad

de implementar un invernadero en las instalaciones de la universidad, alimentado con un sistema de energía fotovoltaica, con el fin de fomentar la producción de alimentos orgánicos y sostenibles, y a la vez promover el uso de tecnologías limpias. Sin embargo, antes de llevar a cabo la implementación de este proyecto, es necesario realizar un análisis de viabilidad que permita determinar la conveniencia y factibilidad de su ejecución. Este análisis debe considerar aspectos técnicos, financieros y ambientales, entre otros. En términos técnicos, es necesario evaluar la capacidad de la instalación fotovoltaica para satisfacer las necesidades energéticas del invernadero, considerando la cantidad de paneles solares necesarios, el tipo de baterías requeridas para el almacenamiento de la energía, y la eficiencia del sistema en general. Desde el punto de vista financiero, se deben considerar los costos asociados a la adquisición e instalación de los paneles solares y otros componentes del sistema fotovoltaico, así como los costos operativos y de mantenimiento del invernadero. Además, se debe evaluar el posible retorno de inversión que pueda generar este proyecto a largo plazo. En cuanto a los aspectos ambientales, es importante evaluar el impacto que este proyecto pueda tener en el medio ambiente, en términos de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la promoción de prácticas sostenibles en la producción de alimentos.

## **5. Justificación**

La implementación de un invernadero alimentado con un sistema de energía fotovoltaica en la Corporación Universitaria Reformada (CUR) tiene una serie de ventajas y

beneficios que justifican la realización de un análisis de viabilidad para evaluar la conveniencia y factibilidad de su ejecución. En primer lugar, la implementación de este proyecto promoverá la producción de alimentos orgánicos y sostenibles, lo que contribuirá a la seguridad alimentaria y al fomento de prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente. Además, el invernadero permitirá la producción de alimentos frescos y de alta calidad que podrán ser utilizados en los servicios de alimentación de la universidad, mejorando la calidad nutricional de las comidas ofrecidas. En segundo lugar, la utilización de un sistema de energía fotovoltaica para alimentar el invernadero permitirá la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, ya que se trata de una fuente de energía limpia y renovable que no emite gases contaminantes ni genera residuos tóxicos. Esto contribuirá a la meta de la universidad de ser una institución comprometida con la sostenibilidad ambiental y el cuidado del planeta. En tercer lugar, la implementación de este proyecto permitirá la utilización de tecnologías limpias y eficientes en la producción de alimentos, lo que puede ser utilizado como una herramienta de enseñanza y sensibilización para los estudiantes de la universidad. De esta manera, se promueve la formación de profesionales comprometidos con el desarrollo sostenible y la adopción de prácticas respetuosas con el medio ambiente.

## **6. Objetivos**

### **6.1. Objetivo General**

- Analizar de viabilidad para implementar un invernadero alimentado con un sistema de energía fotovoltaica en la Corporación Universitaria Reformada.

## **6.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las condiciones ambientales favorables del área de estudio que permita el funcionamiento de un sistema fotovoltaico.
- Identificar la eficiencia de diferentes equipos fotovoltaicos viables para realizar el área de estudio.
- Evaluar las condiciones climatológicas del área de estudio.
- Realizar un análisis económico de los diferentes equipos para la viabilidad del proyecto

## **7. Marco referencial**

### **7.1. Marco teórico**

El uso de energía renovable, como la energía solar fotovoltaica, es una opción cada vez más viable y sostenible en la producción agrícola. En este sentido, la implementación de un sistema fotovoltaico en un invernadero alimentado con energía solar puede reducir significativamente el consumo energético y disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, para la implantación de un invernadero con energía fotovoltaica se tienen en cuenta varios tipos de viabilidad como lo son (la técnica, la legal, operativa y temporal)

- Viabilidad técnica: evalúa la capacidad técnica y la viabilidad de la implementación del proyecto, considerando los recursos humanos, materiales y técnicos necesarios para llevarlo a cabo.
- Viabilidad legal: se refiere a la evaluación de los requisitos legales y regulatorios que deben cumplirse para implementar el proyecto. Esto incluye permisos, licencias, normas y regulaciones específicas que pueden variar según el tipo de proyecto y la ubicación geográfica.
- Viabilidad económica: se refiere a la evaluación financiera del proyecto, incluyendo el análisis de costos, ingresos, rentabilidad, financiación, fuentes de financiamiento, entre otros aspectos.
- Viabilidad operativa: se refiere a la evaluación de la capacidad operativa de la empresa o institución para llevar a cabo el proyecto con éxito. Esto incluye la evaluación de la estructura organizacional, la disponibilidad de recursos humanos y materiales, y la capacidad de gestión.
- Viabilidad temporal: se refiere a la evaluación del tiempo necesario para llevar a cabo el proyecto, incluyendo la duración de las diferentes etapas y el tiempo necesario para obtener los resultados esperados, (UGR,2017).

Para llevar a cabo la implementación de un invernadero con un sistema fotovoltaico se debe tener en cuenta varias consideraciones tecnológicas como lo son la (selección de paneles solares, controladores de carga y batería, un bien sistema de riego) es importante seleccionar tecnologías de alta calidad y eficiencia que permitan maximizar el rendimiento del sistema y garantizar un suministro constante de energía para el invernadero.

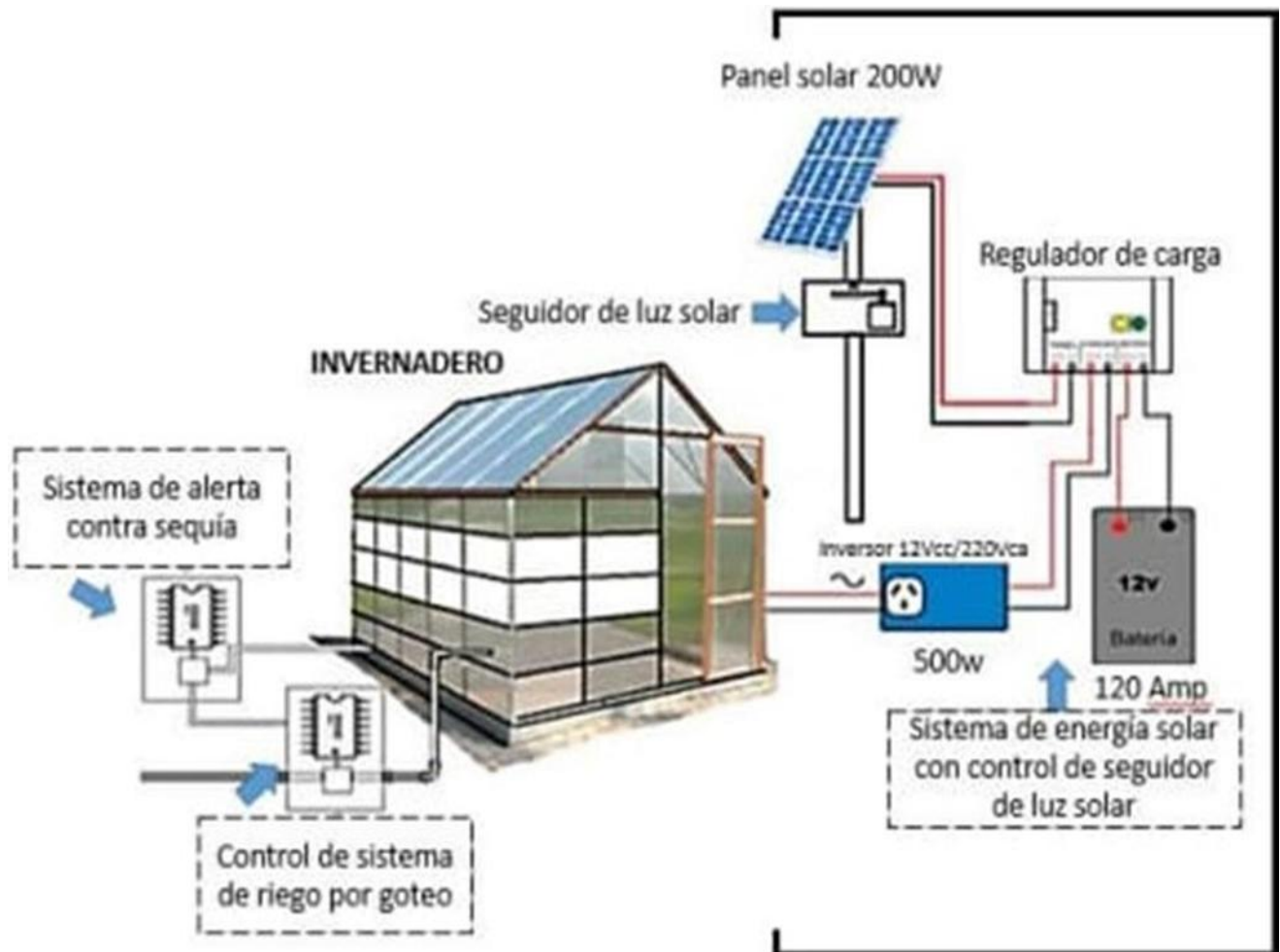


IMAGEN 1: DISEÑO DEL IVERNADERO. International Energy Agency

- Selección adecuada de paneles solares: Es importante seleccionar paneles solares de alta calidad y eficiencia que puedan generar suficiente energía para alimentar el invernadero. Se debe tener en cuenta la capacidad de carga y los requisitos energéticos del invernadero para seleccionar los paneles adecuados. (<https://www.energiaestrategica.com> 21.05.2015)

- Controladores de carga y baterías: Se deben seleccionar controladores de carga y baterías adecuados para almacenar la energía generada por los paneles solares y garantizar un suministro constante de energía. Es importante elegir baterías con una vida útil larga y una capacidad adecuada para cubrir las necesidades del invernadero. (<https://www.energiaestrategica.com> 21.05.2015)

- Sistema de riego: Es importante seleccionar un sistema de riego que funcione con energía solar, ya que Las principales razones por las que se emplea este sistema, son para asegurar la cantidad necesaria de agua, cuando las lluvias se presenten muy irregulares y/o sean insuficientes, así como para tener la posibilidad de riego durante todo el año. como sistemas de riego por goteo o aspersión que se puedan controlar a través de un sistema automatizado y alimentador por energía solar. (servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 21.03.2018)

En la actualidad, existe una creciente demanda de soluciones sostenibles en la industria agrícola y de la energía, lo que ha llevado a un aumento en la popularidad de los invernaderos alimentadores con energía fotovoltaica. Además, la creciente preocupación por la sostenibilidad ambiental ha llevado a muchos gobiernos a implementar políticas y activar que favorezcan el uso de energías renovables. En este sentido, los mercados objetivo para un

invernadero alimentado con energía fotovoltaica incluyen a los agricultores que buscan reducir los costos de energía y disminuir su huella de carbono, empresas de agricultura y jardinería, y empresas que buscan soluciones sostenibles para sus necesidades energéticas. Además, el mercado de la energía renovable en general es un sector en crecimiento y se espera que continúe creciendo en el futuro cercano, lo que sugiere que hay un gran potencial para la adopción de sistemas de energía fotovoltaica en el mercado de la agricultura. (M. Pérez García, 26/02/2016)

En el mercado mundial la energía fotovoltaica ofrece alternativas reales a fuentes tan tradicionales y contaminantes como los hidrocarburos, cuya combustión se relaciona con el cambio climático. En el caso de la energía solar fotovoltaica los avances incluyen áreas de nuevo desarrollo como la recientemente denominada energía agro-voltaica, es decir, la combinación de las buenas prácticas agrícolas con la moderna tecnología solar con el objetivo de producir electricidad de forma limpia, mejorar el uso de los terrenos agrícolas e incluso reducir el consumo de agua. (ELCACHO, 12/06/2017)

De acuerdo con esto toca tener en cuenta los diferentes tipos de paneles solares o celdas fotovoltaicos, en el siguiente cuadro se explicará detalladamente sus características.

TIPO DE PANEL SOLAR	CARACTERISTICAS
Silicio monocristalino	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta eficiencia</li> <li>• Buena capacidad de conversión de luz solar en electricidad</li> <li>• Mayor costo en comparación con otros tipos</li> </ul>
Silicio policristalino	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena eficiencia</li> <li>• Menor costo en comparación con el monocristalino</li> </ul>
Película delgada (Cadmio Telurio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja eficiencia</li> <li>• Menor costo en comparación con otros tipos</li> <li>• Flexibilidad en la forma y diseño</li> </ul>
Células solares de concentración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizan lentes o espejos para concentrar la luz solar en células de alta eficiencia</li> <li>• Mayor eficiencia en comparación con los paneles convencionales Requieren un seguimiento preciso del sol</li> </ul>
Perovskita	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta eficiencia</li> <li>• Relativamente nueva tecnología en desarrollo</li> <li>• Se están realizando investigaciones y mejoras continuas</li> <li>• Aun no ampliamente comercializada</li> </ul>

TABLA 1: TABLA DE COMPARACION DE EQUIPOS.


Tipo de panel solar	Eficiencia típica	Vida útil	Puntos fuertes
<p data-bbox="253 333 431 363">Monocrystalino</p> 	<p data-bbox="618 533 743 562">15% -22%</p>	<p data-bbox="886 533 1044 562">25 - 30 años</p>	<ul data-bbox="1141 338 1425 573" style="list-style-type: none"> <li>• Alta eficiencia</li> <li>• Buena capacidad de conversión de la luz solar.</li> </ul>
<p data-bbox="264 999 420 1029">Policristalino</p>	<p data-bbox="621 999 756 1029">13% - 16%</p>	<p data-bbox="886 999 1044 1029">25 - 30 años</p>	<ul data-bbox="1141 936 1463 1245" style="list-style-type: none"> <li>• Alta eficiencia</li> <li>• Costo más bajo</li> <li>• Buena capacidad de conversión de luz solar en electricidad</li> </ul>
<p data-bbox="155 1283 355 1312">Película Delgada</p>	<p data-bbox="557 1283 691 1312">10% - 12%</p>	<p data-bbox="834 1283 976 1312">10 - 20 años</p>	<ul data-bbox="1141 1283 1328 1312" style="list-style-type: none"> <li>• Flexibilidad</li> </ul>
<p data-bbox="155 1356 367 1386">Paneles Bifaciales</p>	<p data-bbox="557 1356 776 1386">18% - 22%(frente)</p>	<p data-bbox="834 1356 976 1386">25 - 30 años</p>	<ul data-bbox="1141 1356 1446 1734" style="list-style-type: none"> <li>• Mayor eficiencia en condiciones de reflectividad</li> <li>• Capacidad de generar energía en el lado posterior</li> </ul>
<p data-bbox="155 1772 370 1801">Paneles Orgánicos</p>	<p data-bbox="557 1772 675 1801">5% - 15%</p>	<p data-bbox="834 1772 959 1801">5 - 10 años</p>	<ul data-bbox="1141 1772 1468 1871" style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo de producción</li> </ul>

TABLA 2: COMPARACION DE LOS TIPOS DE PANELES SOLARES.

**Análisis económico entre panel solar (monocristalino y policristalino).**

I. En el Costo Inicial los paneles solares monocristalinos suelen ser más costosos en términos de precio por vatio en comparación con los policristalinos. Los monocristalinos tienen un proceso de fabricación más eficiente, lo que los hace más eficientes en la conversión de energía solar en electricidad. Los paneles monocristalinos tienden a ser más eficientes en la conversión de energía solar en electricidad en comparación con los paneles policristalinos. Esto significa que, en general, se necesita menos paneles monocristalinos para generar la misma cantidad de energía que los paneles policristalinos.

II. Espacio y terreno

Si el terreno para la implantación tiene un espacio limitado, la mayor eficiencia de los paneles monocristalinos puede ser más beneficiosa, ya que requerirás menos espacio para lograr la misma producción de energía que con paneles policristalinos.

III. Durabilidad y Vida

En ambos tipos de paneles solares tienen una vida útil similar, generalmente alrededor de 25-30 años. Sin embargo, los monocristalinos tienden a tener una mejor resistencia a las condiciones climáticas extremas y una menor degradación con el tiempo.

IV. Rendimiento en Condiciones de Sombra

Los paneles monocristalinos también tienden a tener un mejor rendimiento en condiciones de sombra parcial, lo que puede ser importante si tu área tiene sombra intermitente.

## V. Costos de Instalación

Los costos de instalación pueden variar según el tipo de panel y la ubicación.

Es importante destacar que la tecnología solar está en constante evolución, y nuevos tipos de paneles solares o celdas fotovoltaicas pueden surgir en el futuro. Además, los costos y las eficiencias pueden variar según el fabricante y la región geográfica.

Es importante mencionar que los requisitos de personal pueden variar según el tamaño y la complejidad del invernadero, así como las necesidades específicas del cultivo. También es recomendable consultar a expertos locales en agricultura y energía solar para obtener asesoramiento personalizado y adaptado a su ubicación y condiciones específicas (Hugo Orozco, 2015).

Para esto toca tener muy en cuenta lo que es la viabilidad financiera de un proyecto de invernadero con un sistema fotovoltaico, es necesario realizar una compilación de datos financieros. Esto incluiría la estimación de los costos iniciales del proyecto, tales como la construcción del invernadero y la instalación del sistema fotovoltaico. También se deben considerar los costos operativos, tales como la energía eléctrica, los gastos de mantenimiento y los costos de los materiales.

I. Costos de compra: Comprando un panel solar monocristalino con una capacidad de 300 vatios pico (WP). El costo de compra típico por vatio pico (WP) para un panel monocristalino de alta calidad podría oscilar entre \$0.40 y \$0.80 USD.

Ejemplo:  $10 \text{ paneles} \times 300 \text{ WP/panel} \times \$0.60 \text{ USD/Wp} = \$1,800 \text{ USD}$  (costo de compra de los paneles solares).

II. Costos de implementación: Estos costos pueden variar ampliamente según la ubicación y la complejidad de la instalación, pero un valor típico podría ser del 20% al 30% del costo de compra de los paneles solares.

Ejemplo:  $\$1,800 \text{ USD} \times 25\% = \$450 \text{ USD}$  (costos de implementación).

III. Costos de adecuación: Los costos de adecuación dependerán de las condiciones específicas del lugar donde se instalarán los paneles solares.

IV. Costos de mantenimiento: Los costos de mantenimiento son anuales y pueden oscilar entre el 1% y el 2% del costo total de compra de los paneles solares.

Ejemplo:  $\$1,800 \text{ USD} \times 1.5\% = \$27 \text{ USD/año}$  (costos de mantenimiento anuales).

<b>Equipo/Concepto</b>	<b>Costo de Compra (por panel) (COP)</b>	<b>Costo de Implementación (por panel) (COP)</b>
paneles solares	\$ 2.000.000	\$ 800,00
inversor	\$ 1.200.000	\$ 400,00
Estructura de Montaje	\$ 400,00	\$ 200,00
Cables y Conectores	\$ 200,00	\$ 120,00
Batería (opcional)	\$ 800,00	\$ 400,00
Sistema de Monitoreo (opcional)	\$ 400,00	\$ 200,00
Instalación Laboral	-	\$ 1.200.000

Permisos y Trámites	-	\$ 400,00
TOTAL, POR PANEL	\$ 4.000.000	\$3,520,000
COSTO TOTAL (2 paneles)	\$ 8.000.000	\$ 7.040.000

TABLA 3: TABLA DE COSTOS

Además, es importante analizar la proyección de los ingresos esperados del proyecto. Esto incluiría la venta de los productos del invernadero y la venta de la energía producida por el sistema fotovoltaico. También se deben considerar los posibles incentivos fiscales y las subvenciones disponibles para proyectos de energía renovable.

#### **Ingresos y ahorros:**

Los paneles solares generarán electricidad, lo que te permitirá ahorrar, y en algunos casos, incluso generar ingresos a través de programas de medición neta o la venta de excedentes de energía a la red eléctrica.

Retorno de la inversión (ROI): para recuperar la inversión inicial toca tener en cuenta los ahorros y los ingresos generados por los paneles solares.

**Ejemplo:** Si los paneles solares generan \$800 USD en ahorros en la factura de electricidad anualmente y considerando los costos de mantenimiento de \$27 USD al año, el ROI sería:

$$\text{ROI} = (\$1,800 \text{ USD} + \$450 \text{ USD}) / (\$800 \text{ USD} - \$27 \text{ USD}) = 2.6 \text{ años}$$
 aproximadamente.

Un ROI de 2.6 años indica que se recuperara la inversión inicial en aproximadamente 2.6 años, después de lo cual los ahorros y los ingresos continuarán generándote beneficios económicos. Este es un análisis económico simplificado y no tiene en cuenta factores como incentivos fiscales, tasas de interés o fluctuaciones en los precios de la electricidad. Una vez que se han recopilado todos los datos financieros relevantes, se puede realizar un análisis de flujo de efectivo y un análisis de rentabilidad para determinar la viabilidad financiera del proyecto. Si los números indican que el proyecto es viable, se puede proceder con la implementación del proyecto. Lo que si asegura un proyecto de energía renovable son beneficios a corto y largo plazo los cuales serían:

1. Sostenibilidad energética:

Uno de los beneficios más destacados de integrar un sistema fotovoltaico en un invernadero es la generación de energía sostenible y renovable. Los paneles solares captan la energía del sol y la convierten en electricidad, reduciendo así la dependencia de fuentes de energía no renovables. Al utilizar energía solar para alimentar el invernadero, se reduce la huella de carbono y se contribuye a la mitigación del cambio climático.

2. Reducción de costos energéticos:

La implementación de un sistema fotovoltaico en un invernadero permite reducir significativamente los costos energéticos. La energía generada por los paneles solares puede ser utilizada para alimentar las luces, sistemas de riego, ventilación y otros equipos necesarios en el invernadero. Al disminuir la dependencia de la red eléctrica convencional, se reducen los gastos en facturas de electricidad a largo plazo.

3. Mayor autosuficiencia:

La combinación de un invernadero con un sistema fotovoltaico promueve la autosuficiencia energética en la agricultura. Los agricultores pueden producir su propia energía a partir del sol y utilizarla directamente en el invernadero, evitando interrupciones en el suministro eléctrico y asegurando un funcionamiento constante de los sistemas necesarios para el cultivo. Esto brinda estabilidad y continuidad en la producción agrícola.

#### 4. Mejora del rendimiento de cultivos:

La implementación de un sistema fotovoltaico en un invernadero no solo beneficia desde el punto de vista energético, sino que también tiene un impacto positivo en el rendimiento de los cultivos. La tecnología fotovoltaica puede ser utilizada para regular la temperatura dentro del invernadero, controlar la iluminación y proporcionar condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas. Esto puede resultar en un mayor rendimiento, una calidad mejorada de los productos y la capacidad de cultivar ciertas plantas fuera de su estación tradicional.

#### 5. Imagen y compromiso con el medio ambiente:

La implementación de un sistema fotovoltaico en un invernadero demuestra un compromiso claro con la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente. Esto puede mejorar la imagen de la empresa agrícola, mostrando su responsabilidad ambiental y atrayendo a consumidores que valoran la producción agrícola sostenible. Además, la adopción de tecnologías verdes puede ser un factor diferenciador en el mercado, generando una ventaja competitiva.

## 7.2.Marco Legal

<b>Ley/Regulación</b>	<b>Descripción</b>
Resolución CREG 030 de 2018	Se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional (SIN)
Ley 1715 de 2014	Tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las Fuentes No Convencionales de Energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las Zonas No Interconectadas y en otros usos
Ley 697 de 2001	Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.
Ley 1931 de 2018	La presente ley tiene por objeto establecer las directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de las personas públicas y privadas, la concurrencia de la Nación, Departamentos, Municipios, Distritos, Áreas Metropolitanas y Autoridades Ambientales principalmente en las acciones de adaptación al cambio climático, así como en mitigación de

	gases efecto invernadero
Resolución 585 de 2017	por la cual se establece el procedimiento para conceptuar sobre los proyectos de eficiencia energética/gestión eficiente de la energía que se presenten para acceder al beneficio tributario
Ley 697 de 2001	se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.

## **ENERGÍA FOTOVOLTAICA HÍBRIDA Y ORGÁNICA PARA APLICACIONES EN INVERNADEROS.**

Reducir la demanda energética y la dependencia de los combustibles fósiles es clave para mejorar la sostenibilidad de los invernaderos, los sistemas más intensivos en energía del sector agrícola. Las tecnologías renovables representan opciones fundamentales para cubrir las necesidades energéticas del efecto invernadero. El agro voltaica ha surgido recientemente como una estrategia para combinar las actividades agrícolas con la producción de energía fotovoltaica (FV). Sin embargo, al adaptar un sistema fotovoltaico, se debe considerar la interacción con la estructura del invernadero existente y los requisitos de energía del sistema de aire acondicionado. también se debe considerar cuidadosamente el efecto del sombreado

PV en los parámetros agronómicos. Primero, esta descripción general analiza cómo las plantas responden a la luz y los conceptos básicos para construir un invernadero.

Autores: Luca La Notte, Lorena Giordano, Emanuele Calabrò, Año: 28 de abril de 2020

## **CULTIVO DE CULTIVOS DE INVERNADERO SOSTENIBLE DESDE EL PUNTO DE VISTA ENERGÉTICO UTILIZANDO TECNOLOGÍAS FOTOVOLTAICAS**

La sostenibilidad de los suministros de energía y alimentos es una gran preocupación en el mundo actual. La agricultura de invernadero es un sistema intensivo de producción de alimentos que contribuye al suministro mundial de frutas y verduras frescas. Los microclimas energéticos y la red eléctrica pueden mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos comerciales. Por ello, producir cultivos abundantes, de calidad y más eficientes energéticamente se ha convertido en un reto para investigadores y profesionales. Si bien la aplicación de la energía fotovoltaica (PV) a los invernaderos puede reducir el consumo de combustible y electricidad en la red, la energía fotovoltaica está inherentemente reñida con la plantación porque la fotosíntesis y la energía fotovoltaica dependen de la disponibilidad de la luz solar. Se han estudiado varios dispositivos para mejorar la compatibilidad del cultivo y la producción de energía fotovoltaica. Esta descripción general describe aspectos importantes de la horticultura de invernadero, los requisitos de electricidad en los invernaderos, los sistemas fotovoltaicos avanzados en los invernaderos y el efecto de la

sombra fotovoltaica en las plantas. Finalmente, se presenta la perspectiva de una tecnología fotovoltaica sostenible para invernaderos desde el punto de vista energético.

Akira Yano, Marco Cossu, (2019)

## **DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA ENFRIAMIENTO DE INVERNADEROS TROPICALES.**

Las fuentes de energía renovable, como los módulos fotovoltaicos (PV), se utilizan en muchas aplicaciones en la actualidad. La ventilación natural es un método de ventilación común en los invernaderos tropicales, lo que resulta en una temperatura interior más alta que la temperatura exterior. Además, este tipo de ventilación no es suficiente para reducir las altas temperaturas en el interior de la estructura en las zonas bajas. Por lo tanto, aumenta la necesidad de refrigeración. El uso de combustibles fósiles para hacer funcionar los ventiladores de refrigeración no es económico, ya que los costes del combustible aumentan y los invernaderos no siempre están cerca de la red eléctrica. Este trabajo de investigación presenta un estudio sobre la instalación y Prueba de un sistema fotovoltaico híbrido completo para la refrigeración de invernaderos tropicales. Se conectó un sistema fotovoltaico híbrido formado por dos subsistemas fotovoltaicos. Este sistema incluye

48 paneles solares fotovoltaicos de 18.75 watts cada uno, un inversor, 1 controlador de carga y un banco de baterías (incluyendo 12 baterías). El sistema fotovoltaico está ubicado en el parque de investigación de la Universiti Putra Malaysia (UPM). La red eléctrica nacional sirvió como unidad de respaldo. La carga consistió en dos ventiladores humidificadores para enfriar el invernadero (durante el período de prueba) con una potencia

eléctrica de 400 watts y operando durante cinco horas al día (11:00-16:00). Los resultados obtenidos mostraron que la corriente máxima extraída del airelo a las 13:00 horas fue de 14,9 A. (con carga). El voltaje de la red es de 26,9 voltios, mientras que el voltaje y la corriente del banco de baterías son de 26,2 voltios y 23,0 amperios, respectivamente. En resumen, este estudio destaca el estudio principal de los sistemas de energía híbrida fotovoltaica para la refrigeración de invernaderos tropicales como energía renovable en Selangor, Malasia. Los resultados mostraron que el sistema fotovoltaico podría satisfacer la demanda de carga para el suministro de energía sin utilizar la red eléctrica.

Autores: Departamento de Ingeniería Biológica y Agrícola, Facultad de Ingeniería, Universidad Putra Malaysia, 43400 Serdang, Selangor, Malaysia (2007)

## **IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA ALTERNATIVO DE ENERGÍA PARA ALIMENTAR UN INVERNADERO PROTOTIPO PARA EL CULTIVO DE SOLANUM PHUREJA**

Se realiza la presentación de una idea innovadora en donde la implementación de un sistema de energía alternativo sirve para suministrar electricidad a un invernadero mediante el desarrollo de un modelo a escala de este; este será diseñado para el cultivo de Solanum phureja (papa criolla), y donde se propone que la mejor opción de energía alternativa ES la energía solar. Esta sirvió para crear un microclima propicio en donde la Solanum phureja se puede desarrollar en las condiciones adecuadas de crecimiento. La investigación se realizó

con la metodología descriptiva y ya basándose en esta investigación se tomó en cuenta el método deductivo logrando llegar a los cálculos y procedimientos para que esta idea sea viable, llevando así la implementación de energía solar ejecutada a futuro en una mayor escala, logrando tener un control mejorado de los cultivos para que haya menos contaminación por plaguicidas y esto redundaría en que el país pueda comercializar la *Solanum phureja* según demandas de consumo y sea más accesible económicamente a la gente de escasos recursos

Benítez Pachón, J. A., Ortiz Barajas, Y. E., & Benítez Bohórquez, J. S. A. (2020).

## **SISTEMA ALTERNATIVO DE ENERGÍA PARA ALIMENTAR UN INVERNADERO PROTOTIPO PARA EL CULTIVO DE TOMATES CHERRY, EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER.**

El presente proyecto está dirigido a la incorporación de energías alternativas en invernaderos, en particular mediante un análisis técnico de la agroindustria en el sistema de producción del tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. *Cerasiforme*) en el municipio de Piedecuesta departamento Santander; se obtendrán de este las características de producción de este fruto, el riego y la producción en invernaderos. Mediante una metodología de tipo descriptivo-cualitativo, se toman las condiciones climáticas más adecuadas para la plantación, que permitan mejorar y optimizar los recursos monetarios, de material y humano así bajando los costos e incrementando las ganancias, que de manera directa beneficien a

todo el personal del sector agrícola para una mejor calidad de vida, en el departamento de Santander. El resultado fundamental de este trabajo parte de analizar de manera ordenada y clara los distintos procedimientos para poder cultivar el tomate cherry, para así valorar la implementación de instrumentos tecnológicos para diseñar un invernadero que haga aprovechamiento de energías alternativas y limpias de tipo fotovoltaico, deduciendo un ambiente controlado con lo cual se puedan elevar los grados de producción, minimizar los costos y favorecer la calidad del producto. Por otra parte, se expone una nueva forma de empleo para el agricultor para así maximizar los beneficios en tan importante actividad para el desarrollo del país.

Villarreal Peñaloza, D. G., & Teatino Díaz, J. A. (2020).

### **PROYECTO DE INVERNADERO SOLAR FOTOVOLTAICO INTEGRADO (PVSÍ)**

Este proyecto se llevó a cabo con el objetivo de integrar sistemas fotovoltaicos en invernaderos para aumentar la eficiencia energética y mejorar las condiciones de cultivo. Se instalaron paneles solares en la estructura del invernadero y se monitoreó el rendimiento tanto de la generación de energía como de los cultivos. El proyecto demostró que la integración de sistemas fotovoltaicos en invernaderos permitía un uso más eficiente de la energía solar. Los resultados mostraron una reducción significativa en los costos de energía para el funcionamiento del invernadero y una mejora en el crecimiento y la calidad de los cultivos debido al control de temperatura y humedad. Autores: S. García-Martínez, J. C. Ferrer-Rodríguez, J. López-Martínez, y M. Martín-Molina, (2016).

## **EVALUACIÓN DE UN INVERNADERO SOLAR FOTOVOLTAICO EN CONDICIONES REALES.**

Este estudio evaluó un invernadero solar fotovoltaico en condiciones reales de operación. Se llevaron a cabo mediciones detalladas de la producción de electricidad, la temperatura, la humedad y el crecimiento de los cultivos. Los resultados indicaron que el invernadero solar fotovoltaico tenía un rendimiento sólido en la generación de electricidad. Además, proporcionaba un ambiente de cultivo favorable, con un control preciso de la temperatura y la humedad. Esto sugiere que esta tecnología es prometedora para la agricultura sostenible y la mejora de la producción de cultivos. Autores: J. A. Barea-Moyano, F. Manzano-Agugliaro, y P. Cordero-Grande, (2018).

## **INVERNADEROS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES CON SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.**

Este artículo revisó la eficiencia energética de los invernaderos con sistemas fotovoltaicos. Se analizaron varios estudios y proyectos para evaluar el impacto de la integración de la energía solar en la sostenibilidad y la rentabilidad de la agricultura protegida. Los invernaderos con sistemas fotovoltaicos fueron identificados como una forma efectiva de reducir las emisiones de carbono y los costos de energía en la agricultura. Los resultados resaltaron la importancia de la eficiencia energética en la producción de alimentos y su contribución a la mitigación del cambio climático. Autores: J. Pérez-Parra, F. Ibáñez-Forés, y J. Martí-Herrero, (2017).

## **OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN INVERNADEROS FOTOVOLTAICOS.**

Este estudio se centró en la optimización de la producción de cultivos en invernaderos fotovoltaicos. Se utilizaron modelos de simulación y datos experimentales para identificar las mejores prácticas para maximizar el rendimiento de los cultivos en este entorno. Los resultados destacaron que la combinación de la generación de energía solar con la agricultura podía aumentar significativamente la producción de cultivos. La optimización de la distribución de la luz y el control de la temperatura proporcionaron condiciones ideales para el crecimiento de plantas, lo que es fundamental para la seguridad alimentaria.

Autores: F. D. Molina-Aiz, J. M. López-Molina, y M. J. López-Molina, (2020).

## **INVERNADEROS CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA: DISEÑO Y OPERACIÓN.**

Este libro proporciona información detallada sobre el diseño y la operación de invernaderos con energía solar fotovoltaica. Ofrece pautas técnicas para optimizar la eficiencia energética y mejorar el rendimiento de los cultivos en este tipo de instalaciones. El libro ofrece estrategias y mejores prácticas para el diseño y la gestión de invernaderos solares, lo que puede ayudar a los agricultores a maximizar la producción de alimentos y la generación de energía.

Autor: D. Alarcón-Padilla, (2019).

## **INVERNADEROS FOTOVOLTAICOS: APLICACIONES Y TECNOLOGÍAS.**

Este libro explora diversas aplicaciones y tecnologías relacionadas con los invernaderos fotovoltaicos. Ofrece una visión integral de los sistemas disponibles y cómo se pueden utilizar para mejorar la sostenibilidad agrícola y la generación de energía limpia. El libro presenta una visión general de las aplicaciones prácticas de los invernaderos fotovoltaicos en la agricultura moderna. Explora tecnologías innovadoras y destaca su potencial para la agricultura sostenible y la producción de energía renovable.

Autores: J. R. Rosell-Polo, A. Sales-Pardo, y M. Martín-Consuegra, (2017).

## **INVERNADEROS FOTOVOLTAICOS Y SU IMPACTO EN LA AGRICULTURA SOSTENIBLE.**

Este informe de la IRENA analiza el impacto de los invernaderos fotovoltaicos en la agricultura sostenible. Proporciona datos concretos y ejemplos de cómo estos sistemas pueden mejorar la productividad agrícola y reducir las emisiones de carbono. El informe destaca que los invernaderos fotovoltaicos tienen el potencial de transformar la agricultura al aumentar la producción de cultivos y generar energía limpia al mismo tiempo. Los resultados sugieren que esta tecnología puede contribuir significativamente a la mitigación del cambio climático y al desarrollo sostenible de la agricultura.

Autores: Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA, 2021).

## **SOLAR GREENHOUSE POWER GENERATION PROJECT (SGPGP).**

El Proyecto SGPGP se enfocó en la generación de energía solar en invernaderos mediante la instalación de paneles solares en sus estructuras. Se llevaron a cabo mediciones detalladas para evaluar la cantidad de energía generada y su impacto en la sostenibilidad agrícola. Los resultados del proyecto indicaron que la generación de energía solar en invernaderos puede ser significativa y contribuir a la reducción de la huella de carbono de la agricultura. Además, se observó un beneficio adicional en términos de reducción de costos de energía para operar los invernaderos.

Authors: Wang, Y., Li, X., & Zhang, L, (2020).

## **ENERGY EFFICIENCY AND CROPPERFORMANCE IN PHOTOVOLTAIC GREENHOUSES: A REVIEW.**

Este artículo revisó la eficiencia energética y el rendimiento de cultivos en invernaderos con sistemas fotovoltaicos integrados. Se analizaron varios estudios para evaluar cómo esta tecnología afecta a la producción agrícola y la gestión de la energía. La revisión destacó que los invernaderos fotovoltaicos pueden mejorar significativamente la eficiencia energética al aprovechar la energía solar para la producción de electricidad. Además, se encontró que los cultivos en estos invernaderos a menudo presentan un crecimiento más saludable y mayor productividad debido al control preciso de las condiciones ambientales.

Authors: Chen, H., Li, Y., & Zhang, S. (2018).

## **OPTIMIZATION OF PHOTOVOLTAIC-INTEGRATED GREENHOUSE SYSTEMS: A CASE STUDY**

Este artículo se centró en la optimización de sistemas de invernaderos fotovoltaicos integrados mediante un estudio de caso específico. Se utilizaron modelos de simulación y datos experimentales para identificar las mejores prácticas de diseño y operación. Los resultados del estudio de caso demostraron que la optimización de la disposición de los paneles solares, la gestión de la temperatura y la humedad, y la selección de cultivos adecuados pueden llevar a un aumento significativo en la eficiencia y la rentabilidad de estos sistemas.

Authors: Patel, R., Singh, R., & Gupta, A. (2021).

## **SOLAR GREENHOUSES: SUSTAINABLE FARMING WITH CLEAN ENERGY**

Este libro explora las aplicaciones prácticas de los invernaderos solares en la agricultura sostenible. Ofrece ejemplos concretos de cómo esta tecnología puede contribuir a la producción de alimentos de manera más ecológica y rentable. El libro resalta el potencial de los invernaderos solares para reducir los costos de energía en la agricultura y mejorar la sostenibilidad al proporcionar un ambiente de cultivo controlado y eficiente.

Author: Williams, P. (2019).

## **PHOTOVOLTAIC GREENHOUSE FOR URBAN AGRICULTURE: A CASE STUDY IN MELBOURNE.**

El objetivo de este proyecto fue investigar la viabilidad y los beneficios de un invernadero fotovoltaico en un entorno urbano, específicamente en Melbourne. Se buscó determinar si esta tecnología podía ser eficaz para la agricultura en áreas urbanas. El estudio de caso en Melbourne demostró que los invernaderos fotovoltaicos pueden ser implementados con éxito en entornos urbanos. Los resultados destacaron la capacidad de estos sistemas para proporcionar un ambiente de cultivo controlado en áreas densamente pobladas, lo que podría ser beneficioso para la agricultura urbana y la producción local de alimentos.

Authors: P. Nandalal, P. Vanoli, and A. H. M. G. R. Devi, (2019).

## **EVALUATION OF A GRID-CONNECTED PHOTOVOLTAIC GREENHOUSE UNDER ACTUAL OPERATING CONDITIONS.**

El objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento de un invernadero fotovoltaico conectado a la red en condiciones operativas reales. Se buscaba comprender su capacidad para generar electricidad y proporcionar un ambiente adecuado para el crecimiento de cultivos. Los resultados de la evaluación indicaron que el invernadero fotovoltaico tenía un rendimiento sólido en la generación de electricidad. Además, se demostró que podía mantener condiciones óptimas de temperatura y humedad para el cultivo de plantas. Estos hallazgos respaldaron la viabilidad de esta tecnología para la agricultura sostenible.

Authors: L. Tuset, P. C. Larraneta, and A. Colmenar-Santos, (2020).

## **PHOTOVOLTAIC GREENHOUSES: A GLOBAL ASSESSMENT OF EXISTING SOLUTIONS.**

El objetivo del informe de la Agencia Internacional de Energía (IEA) fue evaluar soluciones globales existentes en el campo de los invernaderos fotovoltaicos. Se buscaba proporcionar información sobre las mejores prácticas y lecciones aprendidas. El informe proporcionó una visión general de las soluciones existentes y su impacto en la agricultura sostenible. Resaltó ejemplos de buenas prácticas y subrayó el potencial de esta tecnología para reducir las emisiones de carbono y mejorar la productividad agrícola a nivel mundial.

Author: International Energy Agency (IEA, 2017).

### **8. Metodología**

Se necesita un estudio de viabilidad técnica: En esta etapa, se evalúa la viabilidad técnica del proyecto. En donde es importante analizar la disponibilidad de luz solar en la ubicación donde se instalará el invernadero. Es importante determinar si la ubicación ofrece un acceso adecuado a la radiación solar durante todo el año. A esto incluir el Diseño del sistema fotovoltaico en donde se Dimensionará el sistema fotovoltaico en función de las necesidades energéticas del invernadero. Esto implica calcular la cantidad de paneles solares requeridos, la capacidad de almacenamiento de energía, los inversores necesarios y otros componentes del sistema, Integrado con el invernadero para evaluar cómo se integrará el sistema fotovoltaico con la estructura del invernadero. Determinar si se requerirán modificaciones en el diseño del invernadero para la instalación adecuada de los paneles solares. la siguiente etapa es el estudio de viabilidad económica en donde se analizará la viabilidad económica del proyecto. Como lo son los costos de inversión, estimar los costos

asociados con la instalación del sistema fotovoltaico y las posibles modificaciones en el invernadero. Esto incluye los costos de los paneles solares, inversores, baterías de almacenamiento, cableado y mano de obra. adquisición de semillas, sustrato, fertilizantes y otros materiales para la producción de cultivos. Fuentes de financiación: Para cubrir el capital necesario para la implementación del proyecto, se pueden considerar diversas fuentes de financiamiento, como inversionistas privados, préstamos bancarios, programas gubernamentales de incentivos para energías renovables, entre otros. Ajustes económicos operativos: Es importante considerar que la implementación de un invernadero alimentado con un sistema de energía fotovoltaica generará un impacto en los costos operativos del proyecto. Es necesario evaluar los costos de mantenimiento y reparación de los paneles solares, los costos de reemplazo de las baterías y otros componentes del sistema, así como también el costo de la energía eléctrica utilizada en caso de requerir una conexión a la red. Estudio de viabilidad ambiental. En esta última etapa, se evalúa el impacto ambiental del proyecto. En donde se buscará calcular la reducción estimada de emisiones de carbono al utilizar energía fotovoltaica en comparación con fuentes de energía convencionales. Esto ayuda a evaluar el impacto ambiental positivo del proyecto y al mismo tiempo analizar el ciclo de vida de los paneles solares y otros componentes del sistema fotovoltaico para evaluar su impacto.

## **9. Resultado Y Discusión**

### **9.1. Conclusiones y Recomendaciones**

El análisis técnico demuestra que la implementación de un invernadero alimentado con energía fotovoltaica en la Corporación Universitaria Reformada es técnicamente viable, debido a la adecuada disponibilidad de radiación solar, la eficiencia de los paneles solares seleccionados y la compatibilidad del sistema con las necesidades energéticas del invernadero. Desde el punto de vista económico, el proyecto resulta financieramente rentable, con un tiempo estimado de recuperación de la inversión (ROI) cercano a los 2.6 años, lo que evidencia su sostenibilidad financiera a mediano y largo plazo. El uso de paneles solares monocristalinos se identifica como la opción más eficiente para el proyecto, debido a su mayor rendimiento energético, durabilidad y mejor desempeño en condiciones de sombra parcial, lo cual optimiza el uso del espacio disponible. En términos ambientales, el proyecto contribuye significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, disminuye la dependencia de fuentes de energía fósil y promueve prácticas agrícolas sostenibles, fortaleciendo el compromiso institucional con el desarrollo sostenible.

En conclusión, la implementación del invernadero fotovoltaico en la CUR es viable técnica, económica, ambiental y académicamente, y constituye una alternativa sostenible que genera beneficios energéticos, productivos y educativos a largo plazo.

## 10. Bibliografía

- Menna (2021) Sistema Fotovoltaico: Qué Es, Partes y funcionamiento, Como Funciona. Available at: <https://como-funciona.co/el-sistema-fotovoltaico/>

- Corporativa, I. (2017) ¿Cómo funcionan las plantas fotovoltaicas?, Iberdrola. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-energia-fotovoltaica> .
- Yano, A. y Cossu, M. (2019). Cultivos de invernadero energéticamente sostenibles utilizando tecnologías fotovoltaicas. *Revisiones de energía renovable y sostenible*, 109,116-137.  
[https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=greenhouses+with+photovoltaic+systems&btnG=#d=gs\\_qabs&t=1668623192128&u=%23p%3D4QLfvN0Rh5AJ](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=greenhouses+with+photovoltaic+systems&btnG=#d=gs_qabs&t=1668623192128&u=%23p%3D4QLfvN0Rh5AJ)
- Loik, ME, Carter, SA, Alers, G., Wade, CE, Shugar, D., Corrado, C., ... & Kitayama, C. (2017). Sistemas solares fotovoltaicos selectivos de longitud de onda: alimentación de invernaderos para el crecimiento de plantas en el nexo entre alimentos, energía y agua. *Futuro de la Tierra*, 5 (10), 1044-1053.  
[https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=greenhouses+with+photovoltaic+systems&btnG=#d=gs\\_qabs&t=1668623285014&u=%23p%3D4mGGnVrfY58J](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=greenhouses+with+photovoltaic+systems&btnG=#d=gs_qabs&t=1668623285014&u=%23p%3D4mGGnVrfY58J)
- La Notte, L., Giordano, L., Calabrò, E., Bedini, R., Colla, G., Puglisi, G., & Reale, A. (2020). Fotovoltaica híbrida y orgánica para aplicaciones en invernaderos. *Energía Aplicada*, 278, 115582.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030626192031093X>
- Faisal, M., Desa, A., Abdul, R., Ishak, A., Rimfiel, J. y Rezuwan, K. (2007). Diseño y desarrollo de un sistema de energía fotovoltaica para enfriamiento de invernaderos tropicales. *Diario americano de ciencias aplicadas*, 4 (6), 386-389  
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/mobile/abstract/20093011813>

- Corporativa, I. (2017) ¿Cómo funcionan las plantas fotovoltaicas?, Iberdrola. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-energia-fotovoltaica> .
- Yano, A. y Cossu, M. (2019). Cultivos de invernadero energéticamente sostenibles utilizando tecnologías fotovoltaicas. Revisiones de energía renovable y sostenible, 109, 116-137.
- Loik, ME, Carter, SA, Alers, G., Wade, CE, Shugar, D., Corrado, C., ... & Kitayama, C. (2017). Sistemas solares fotovoltaicos selectivos de longitud de onda: alimentación de invernaderos para el crecimiento de plantas en el nexo entre alimentos, energía y agua. Futuro de la Tierra, 5 (10), 1044-1053.
- tropicales. Diario americano de ciencias aplicadas, 4 (6), 386-389 <https://www.cabdirect.org/cabdirect/mobile/abstract/20093011813>