

**DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SISTEMA DE BAJO COSTO, DE RIEGO POR
GOTEO PARA PROYECTO EXPERIMENTAL DE CULTIVO HIDROPÓNICO EN
INVERNADERO**

Erwin Guillermo Castro Martínez

William Alexander Ruiz Rivera

Juan Carlos Santis Ochoa

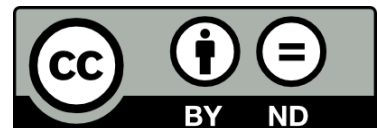
**Universidad Cooperativa de Colombia.
Especialización en Redes de Telecomunicaciones
Bogotá, Colombia
2020**

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SISTEMA DE BAJO COSTO, DE RIEGO POR
GOTEO PARA PROYECTO EXPERIMENTAL DE CULTIVO HIDROPÓNICO EN
INVERNADERO

Erwin Guillermo Castro Martínez
William Alexander Ruiz Rivera
Juan Carlos Santis Ochoa

Asesor: Oscar Fabian Corredor Camargo.

Universidad Cooperativa de Colombia.
Especialización en Redes de Telecomunicaciones
Bogotá, Colombia
Diciembre 2020



INTRODUCCIÓN

La actual situación mundial a causa de una coyuntura epidemiológica ha cambiado paradigmas, formas de gobernar, cambios económicos y sociales que han permitido reinventarnos, de esta manera los esfuerzos por subsistir deben partir por asegurar las necesidades básicas del ser humano como lo es el alimento. Por tanto, este tipo de esfuerzos deben enfocarse en la idea de llevar al agro colombiano esta clase de soluciones innovadoras ágiles y productivas que potencialicen y cambien la manera en la que se produce y distribuyen los productos agrícolas.

Por lo anterior este proyecto está enfocado en brindar una solución práctica, proactiva e innovadora que consiste en realizar un diseño conceptual de un sistema de riego por goteo para un invernadero, el cual permita regar un pequeño cultivo hidropónico partiendo de un modelo de ahorro de agua.

Para tal fin, se diseñará un sistema automatizado de control con un PLC, el cual se encargará de tomar la información del entorno del cultivo mediante el uso de sensores.

La información adquirida por los sensores indicará al sistema de control si procede a activar o no las electroválvulas para el suministro de agua al sistema. La solución se diseñará con una red de boquillas de goteo que podrá ser ubicadas al lado de cada tallo de las plantas a cultivar para así suministrar el líquido requerido.

Mediante el uso de software podrá conectarse remotamente al PLC, esto permitirá obtener información en tiempo real del cultivo y manipular el sistema para que abra o cierre las electroválvulas.

RESUMEN

El presente proyecto de intervención titulado “diseño conceptual de un sistema de bajo costo, de riego por goteo para proyecto experimental de cultivo hidropónico en invernadero” se llevó a cabo para brindar apoyo a un grupo de futuros agricultores de una vivienda rural de Guayabal de Siquima. Con este proyecto se pretende contribuir en uno de los requerimientos para el desarrollo del proyecto de cultivo hidropónico en invernadero a pequeña escala como es su sistema de irrigación. Este tipo de cultivos requiere que se mantenga un nivel de humedad en la tierra con riegos constantes; proceso que se realiza manualmente, pero la falta de dedicación y constancia a la hora de hidratar los cultivos hace que se deterioren y mueran. Este sistema de riego permitirá disminuir el desperdicio de agua que se presenta cuando es utilizado medios de riego poco eficientes o de gran volumen de irrigación. Definimos que un sistema de riego es la infraestructura que hace posible irrigar un área determinada de cultivo con la cantidad justa de agua. Con el uso de sensores resistivos será posible medir la humedad del terreno del cultivo, esto evita la utilización de un sistema cerrado de riego que solo puede funcionar en una hora específica del día y que suministra una cantidad determinada de agua.

El diseño conceptual de un sistema de riego por goteo surge de la necesidad de trabajar con un modelo de ahorro de agua y que permita regar pequeñas superficies cultivables. Para este proyecto se planea utilizar un sistema automatizado, el cual puede trabajar con boquillas de goteo, electroválvulas y sensores de humedad, estos envían una señal que es interpretada en un PLC.

El PLC además de contar con accesorios de entrada y salida de datos contará con una interface HMI que presentará el proceso en ejecución a un operador. Un software de aplicación (lantronic o labview) este será el encargado de controlar los accesorios del sistema como son las electroválvulas.

Este sistema al contar con un sensor de humedad permite controlar de manera más eficiente el uso del agua en comparación con otros equipos de riego de su tipo.

Palabras clave: Sistema de riego, cultivo hidropónico, sensor, humedad, temperatura, luminosidad.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar un prototipo básico de riego por goteo que mediante un sistema automatizado permita controlar variables como la humedad y luminosidad en un cultivo hidropónico mediante el uso de un sistema de telemetría.

Objetivos Específicos

- Determinar los dispositivos, las variables específicas a medir y los elementos actuadores requeridos para el proceso de control en el cultivo.
- Esquematizar un diagrama de flujo donde interactúen las variables a controlar en el sistema de riego.
- Diseñar un programa de software basado en el diagrama de flujo propuesto mediante el cual se pueda simular el sistema de control del cultivo.
- Plantear un sistema de telemetría mediante el cual se pueda transmitir información en tiempo real de las condiciones del cultivo y las acciones a ejecutar para el control de dichas variables.
- Realizar un análisis comparativo entre sistemas similares de riego controlado, que demuestre la posibilidad de implementación del diseño propuesto para pequeños agricultores y demás interesados en el sector rural.

JUSTIFICACIÓN

La posibilidad de implementar un sistema aislado para cultivo, donde se pueda controlar los niveles de humedad del terreno impulsa a diseñar el sistema de riego por goteo. Adicionalmente, se presenta la posibilidad de medir otros parámetros como humedad y luminosidad.

Con el desarrollo de este diseño se busca incentivar a más personas de esta zona rural a trabajar en cultivos de invernaderos en su casa, generando cultura de comunidad productiva, así como la incorporación de componentes tecnológicos, que permitan tener un mejor control y productividad de este tipo de cultivos.

En la actualidad se pueden encontrar diversos desarrollos e implementaciones para la automatización de sistemas de riego en cultivos; sin embargo, en muchos casos estos no son tan accesibles, económicamente, para los pequeños productores o agricultores en el sector rural. Teniendo en cuenta estos antecedentes, se realiza este proyecto de intervención, con el propósito de presentar un sistema de control de riego en cultivos hidropónicos, el cual sea bajo costo y se llegue eventualmente a implementar de forma viable en los sectores rurales expuestos anteriormente.

Adicionalmente, se deja abierta la posibilidad de mejorar o agregar nuevos componentes al sistema, dependiendo de las necesidades que puedan surgir en la población objetivo, y que permita una optimización de los recursos, que se traduzcan en mejoras en la producción de los diferentes cultivos posibles.

MARCO TEÓRICO

RIEGO POR GOTEO

El riego por goteo es un sistema que permite aplicar el agua artificialmente a un cultivo, gota a gota, conducida por medio de conductos cerrados (tubería) hasta los dispositivos emisores que se conocen como goteros. Consta de sistema de filtrado, equipo de fertilización, matrices, dispositivos de control (PLC), goteros. Tiene ventajas como: Considerable ahorro de agua, posibilidad de regar cualquier tipo de terreno (invernaderos o a cielo abierto), utilización de cualquier tipo de agua, aumento en la producción, disminución de malezas, no altera la estructura del terreno (no erosiona), se puede fertilizar y desinfectar por medio del riego; no moja el follaje ni los troncos lo que reduce el riesgo de enfermedades a la planta

(Fundamentos del riego, George H. Hargreaves e Gary P. Merkle, 2001).

En el comercio se pueden encontrar una gran variedad de equipos sofisticados de riego, y en especial para cultivos en invernadero. Este por ser un prototipo experimental, su diseño parte desde un punto de vista muy elemental. Se trabajaría un sistema semiautomático que permitiría activar el suministro de agua al invernadero por un tiempo determinado.

Descripción de los componentes del diseño

1. Un PLC logo que se encargara de realizar el procesamiento de la información y ejecutar el programa de control de riego y poli sombra.
2. Modulo Sensor Humedad del suelo Capacitivo Higrómetro. Es el encargado de tomar el dato de humedad de la tierra.
3. Sensor LDR dispositivo resistivo activado por luz será el encargado de promediar la luz que llega al invernadero.
4. Dispositivo poli sombra, sistema accionado por un motor eléctrico y extiende la poli sombra sobre el invernadero con el fin de proteger el cultivo de los rayos solares fuertes.

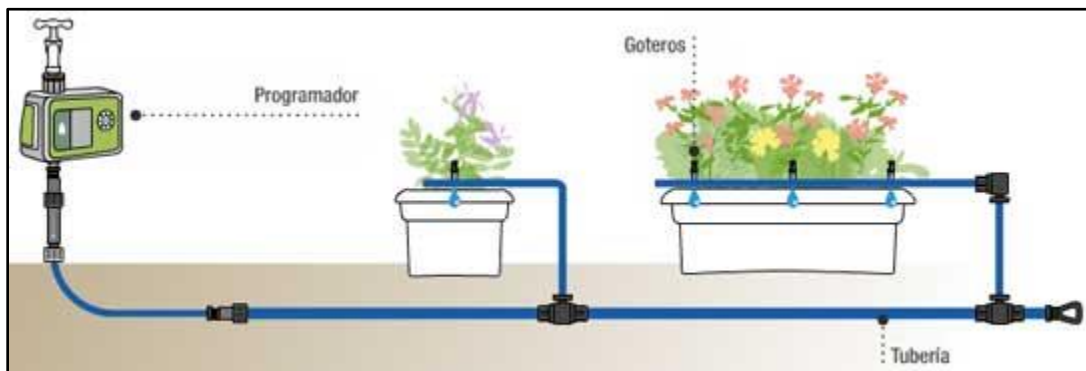


Figura 1. Esquema general de la estructura del diseño propuesto.

Objetivo No 2

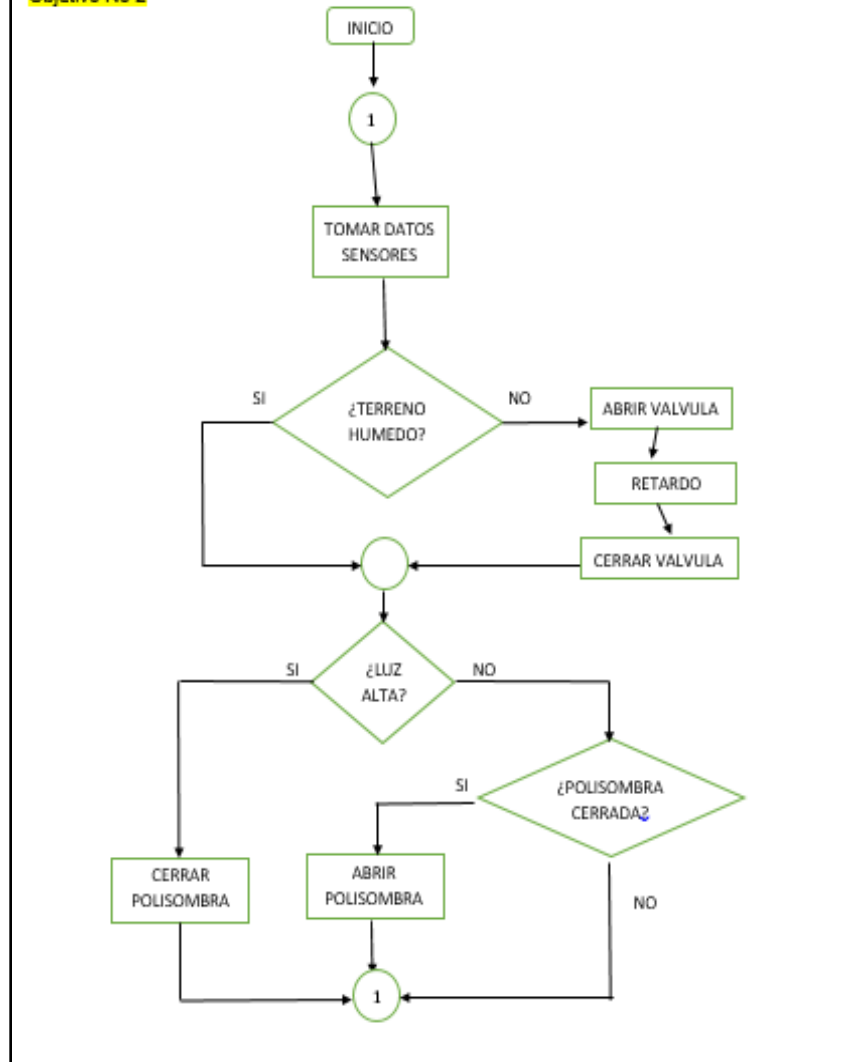


Figura 2. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE CONTROL.

PSEUDO CÓDIGO DEL SISTEMA

Detectar sensor humedad

Detectar sensor LDR.

Humedad mínima de tierra = 50%

Verificar sensor humedad cada 5 s

Luminosidad mínima = 50%

Verificar sensor luminosidad cada hora

Si humedad de tierra < humedad mínima

Abrir válvula

Correr retardo 5 min

Cerrar válvula

Si luminosidad es > luminosidad mínima

Cerrar poli sombra

Si luminosidad es < luminosidad mínima

Abrir poli sombra

Validación de sensores

sensor	Activar riego	Desactivar riego
Humedad	Humedad <= 50%	Humedad > 50%

sensor	Abrir poli sombra	Cerrar poli sombra
Luminosidad LDR	Luminosidad < 50%	Luminosidad > 50%

Tabla 1. Descripción general de los sensores.

ACONDICIONAMIENTO DE SENSOR LDR

Utilizamos como resistencia superior, tendremos la tensión máxima cuando esté completamente iluminado el sensor permitiendo circular prácticamente 5V de la salida.

Tendríamos los siguientes datos eléctricos

1. Cuando a la salida tengamos 0V obtenemos un 0 % de luminosidad.
2. Cuando a la salida tengamos 2.5V obtenemos un 50 % de luminosidad.
3. Cuando a la salida tengamos 5V obtenemos un 100 % de luminosidad.

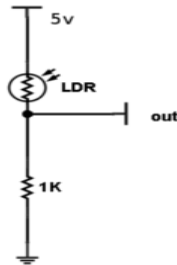


Figura 3. Circuito de referencia para sensor LDR

ACONDICIONAMIENTO DE SENSOR HUMEDAD

Modulo Sensor Humedad del suelo Capacitivo Higrómetro con Salida Análoga está especialmente diseñado para tener más resistencia a la corrosión y realizar medidas confiables en el largo plazo.

Principales Características:

- Modelo: Sensor Capacitivo de humedad del suelo V1.2 -
- Voltaje de operación DC: 3.3V ~ 5.5 V
- Salida Análoga: 0V ~ 3V
- Tipo de Conector: PH2.0-3P
- Dimensiones: 98 mm x 23 mm



Figura 4. Ejemplo del sensor de humedad.

4. Cuando a la salida tengamos 0V obtenemos un 0 % de humedad.
5. Cuando a la salida tengamos 1.5V obtenemos un 50 % de humedad.
6. Cuando a la salida tengamos 3V obtenemos un 100 % de humedad.

El sistema controlado será un registro de cortina al cual se le integró un motor paso a paso con un sistema de posicionamiento el cual indica si el registro se encuentra abierto o cerrado, además de la respectiva tubería en PVC y algunos tramos de manguera que serán instaladas alrededor de las plantas dentro del invernadero.

Se diseñará un sistema de riego por goteo elemental, permitiendo mantener en un buen estado las tierras donde se siembren las semillas, se analizará la forma de alimentar de agua el sistema de riego teniendo en cuenta algunos factores como son:

1. De donde tomar el agua.
2. Como será transportada al sistema de riego.
3. Recorrido desde la toma de agua hasta el sistema de riego
4. Equipos y accesorios para el diseño del sistema de riego.

SISTEMA DE TELEMETRÍA Y TRANSMISIÓN DE DATOS

En la actualidad existen diversas formas de realizar la transmisión de los datos recopilados por los sensores, que van desde la transmisión y visualización de la información directamente en el sitio del invernadero, hasta la comunicación y control desde cualquier lugar del mundo por medio del uso del IoT. Sin embargo, teniendo en cuenta que este diseño conceptual se centra en una solución básica para el control del sistema de riego por goteo en una vivienda rural de Guayabal de Siquima, se planteará un sistema de telemetría básico como se detalla a continuación.

Visualización básica en el lugar del invernadero

Se plantea en este diseño tener la posibilidad de realizar la visualización de la temperatura, y la humedad relativa, esto con el fin que las personas que allí trabajan logren acceder a esta información de manera ágil y precisa. Por lo tanto, se plantea el uso de una pantalla LCD (LCM1602A) [6].

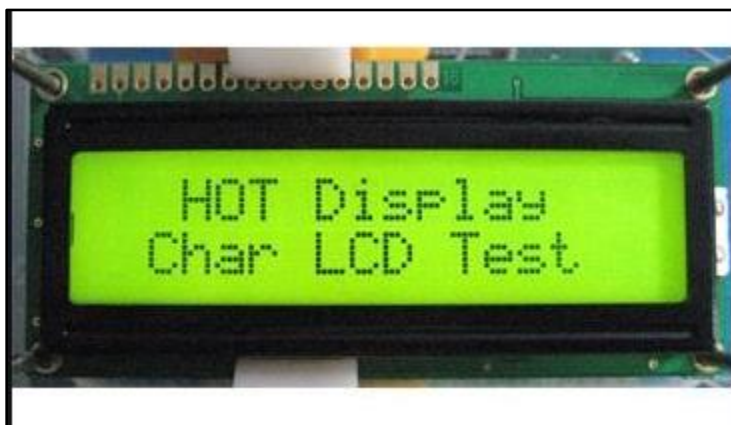


Figura 5. Ejemplo del display para visualización básica en sitio de invernadero.

Transmisión de los datos adquiridos

Se plantea mediante este diseño conceptual básico, posterior a la recopilación y adecuación de la información de los sensores, realizar la transmisión de las mismas a una estación de trabajo en la vivienda cercana al invernadero. El planteamiento consiste en transmitir por radiofrecuencia las señales a una unidad de procesamiento remota, la cual llevará la información hasta un computador personal, donde sea posible la visualización y almacenamiento de datos. De igual manera, se plantea para una mejora a este diseño, tener la posibilidad que desde dicho equipo se pueda realizar el control del sistema de riego y enviar la señal de activación, vía radiofrecuencia, al invernadero.

Para lograr la transmisión se propone el uso de dispositivos transceiver TRF 2.4 GHz, los cuales trabajan con modulación GFSK, en full dúplex, y que tienen un rango: 280 m @250Kbps; 150 m @1Mbps. La adquisición de las señales de los sensores se realizará por medio del PLC descrito previamente, y que transmitiría las señales por medio del protocolo RS232 para comunicarse con el dispositivo de transmisión inalámbrica.

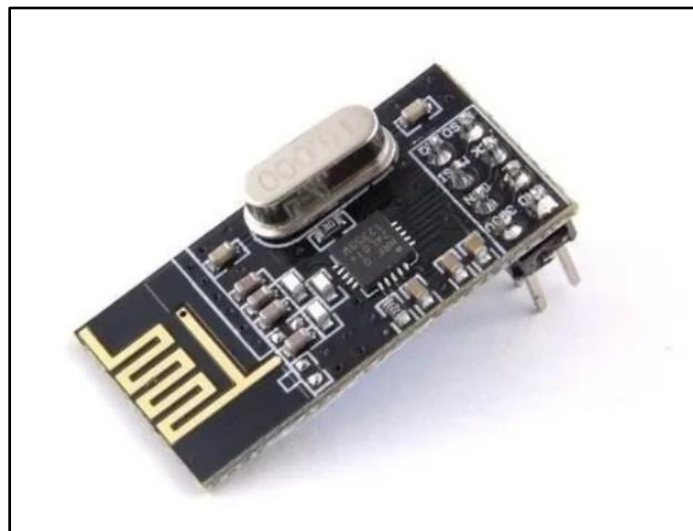


Figura 6. Ejemplo del transceiver TRF 2.4 GHz.

Al llegar esta transmisión de los datos, el transceiver cercano a la estación de trabajo enviaría la información hacia una unidad de procesamiento, para luego transmitirlo a través de protocolo USB al equipo PC. Allí se puede proceder con la visualización con alguna herramienta creada por ejemplo en LabView. [6]

El transceiver localizado en el sitio del invernadero transmitiría por medio de radio frecuencia la información al transceiver ubicado en la vivienda cercana invernadero, el cual a su vez sería recibida por una unidad de procesamiento, la cual posteriormente realizará la adecuación de la información recibida para visualizarla en forma gráfica, (posiblemente por Labview) en el computador personal que se encuentre en la vivienda. En la siguiente figura se muestra un esquema general del sistema propuesto [6].

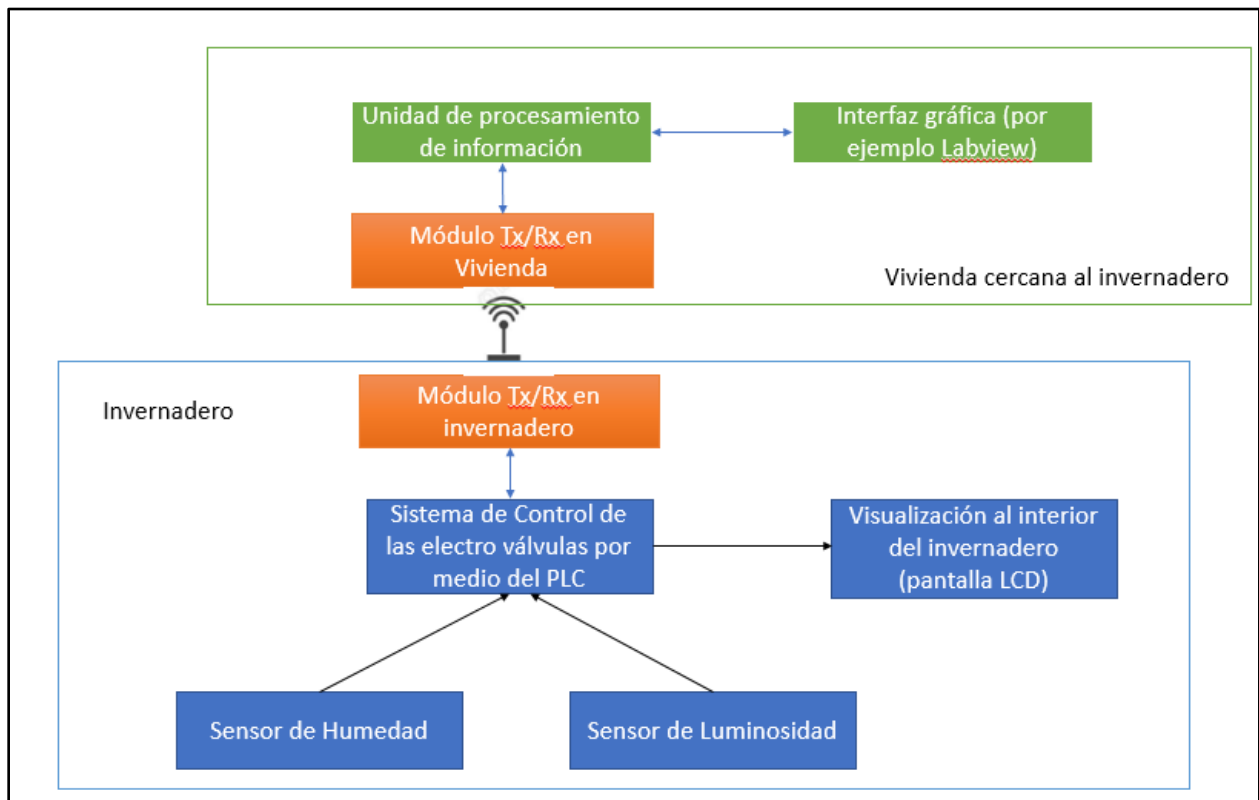


Figura 7. Diagrama general del diseño propuesto.

Comparación de este diseño con otros diseños propuestos

En la siguiente tabla se reflejan algunos elementos que se han comparado con respecto a otros proyectos encontrando varios ítems innovadores en nuestro diseño y en otros casos, mejoras.

ESTE PROYECTO		OTROS PROYECTOS	
ITEM	DESCRIPCIÓN	ITEM	DESCRIPCIÓN
Sensor Humedad del suelo Capacitivo Higrómetro	Es un sensor tipo capacitivo, lo que lo hace más resistente a la corrosión y más confiable en mediciones a largo plazo. Especial para su uso con Arduino o cualquier microcontrolador con conversor analógico – digital.	Sensor de humedad relativa	Es capacitivo. Es un sensor de humedad de tecnología tradicional, poco resistente a la corrosión y menos duradero en el tiempo.
Implementación de una pantalla LCD (LCM1602A)	De bajo costo; capaz de mostrar dibujos y gráficas, la conexión puede hacerse en paralelo o por protocolo SPI con la librería correspondiente. Es adecuado para el trabajo interactivo con Arduino. Controlador compatible ST7920 Fácil programación	Implementación de una pantalla HMI	Costo Elevado; permite al operario contar con distintas visualizaciones donde se puede presentar gran cantidad de información para tener un control adecuado del sistema sin tener que realizar desplazamientos. De compleja programación
Presupuesto	Bajo	Presupuesto	Alto
Sistema de control	Sistema automatizado de control con un PLC, el cual se encargará de tomar la información del entorno del cultivo mediante el uso de sensores. Mediante el uso de software podrá conectarse remotamente al PLC, esto permitirá obtener información en tiempo real del cultivo y manipular el sistema para que abra o cierre las electroválvulas	Sistema de control	PLC s71200 con su respectivo software TIA portal, incorporado a una pantalla HMI donde se puede visualizar mediante las señales obtenidas por los captadores
Sistema de riego	Por goteo	Sistema de riego	NFT
Visualización de temperatura y humedad	Pantalla LCD	Visualización de temperatura y humedad	No presta esta funcionalidad

ESTE PROYECTO		OTROS PROYECTOS	
Transmisión de datos	Para lograr la transmisión se propone el uso de dispositivos transceiver TRF 2.4 GHz, los cuales trabajan con modulación GFSK, en full dúplex, y que tienen un rango: 280 m @250Kbps; 150 m @1Mbps. La adquisición de las señales de los sensores se realizará por medio del PLC descrito previamente, y que transmitiría las señales por medio del protocolo RS232 para comunicarse con el dispositivo de transmisión inalámbrica.	Transmisión de datos	No presta esta funcionalidad

A continuación, se relaciona la inversión económica en cada uno de los proyectos, aclarando que el compromiso de intervención sobre estos equipos es directamente atribuible al proveedor del servicio. Es de resaltar que esta propuesta es viable, asequible y que no requiere mayor implementación económica.

Proyecto No.1

Dispositivo y/o Insumo	Cantidad	Precio (USD)* COP
transceiver TRF 2.4 GHz	1	\$ 350.000,00
Cable USB	1	\$ 10.500,00
Sensor Humedad del suelo Capacitivo Higrómetro	1	\$ 70.000,00
PLC S71200 12/12 Ac/dc Rly	1	\$ 1.470.000,00
Interruptor trifásico	1	\$ 35.000,00
Contactador 10A/ 220 V	1	\$ 120.000,00
Sensor LDR	24	\$ 24.000,00
Módulo de expansión de 4 entradas y 2 salidas analógica	1	\$ 1.500.000,00
electroválvula Solenoide Cerrada 110v 1/2 Electroválvula Agua 1/2	4	\$ 200.000,00
Variador de frecuencia 1 HP	1	\$ 427.500,00
Total		\$ 4.207.000,00

Proyecto No.2

Descripción	Cantidad	Precio (USD)* COP
PLC S71200 12/12 Ac/dc Rly	1	\$ 1.470.000,00
Módulo de expansión de 4 entradas y 2 salidas analógica	1	\$ 1.855.000,00

Descripción	Cantidad	Precio (USD)* COP
Pantalla HMI simatic monocromática	1	\$ 1.295.000,00
Sensor de caudal (flujómetro)	1	\$ 140.000,00
Sensor de pH	1	\$ 245.000,00
Sensor de humedad relativa	1	\$ 122.500,00
Cable USB	1	\$ 10.500,00
Variador de frecuencia 1 HP	1	\$ 927.500,00
Contactador 10A/ 220 V	1	\$ 56.000,00
Caja de control	1	\$ 252.000,00
Interruptor trifásico	1	\$ 52.500,00
Total		\$ 6.426.000,00

Finalmente, cuando consideramos el rubro en la ejecución de un proyecto es indispensable conocer el tipo de dispositivos a implementar en la solución que sean capaces de ser homologados con la tecnología actual la cual despliega la empresa

CONCLUSIONES

Mediante el diseño conceptual propuesto para el control del sistema automatizado de riego del invernadero localizado en una vivienda rural de Guayabal de Siquima, se logrará un mejor control de las principales variables del invernadero, como son humedad y luminosidad; lo cual plantea una mejor gestión y desarrollo de los cultivos que allí se manejan.

Gracias al sistema propuesto se mejorará los tiempos y cantidad de recurso hídrico requerido por el invernadero, lo cual se traducirá en ahorros para los pequeños y medianos agricultores de la zona. Adicionalmente, al ser una primera fase de diseño para el mejoramiento de la gestión de este invernadero, este diseño puede ser mejorado, con el fin de ofrecer avances significativos tanto en su etapa propia del diseño como en su posible implementación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Anaya Solano, Daniel Alfonso; Ojeda Field, Luis Felipe (2020). Elaboración del prototipo de un sistema de control de variables atmosféricas automatizado para el cultivo de plantas bajo invernadero en ambiente indoor en la Región Caribe. Barranquilla, Colombia.
- [2] Carvajal Tabares, Diego; Hincapié Ruiz, Juan Sebastián; (2016). Prototipo de sistema de control de riego para un cultivo de soya con supervisión remota de humedad. Santiago de Cali, Colombia.
- [3] Gordo Ruiz, Álvaro Domingo; (2017). Desarrollo e implementación de un Invernadero automatizado con cultivo hidropónico y aplicación móvil para el seguimiento de datos. Sevilla, España.
- [4] Pérez-Castro, A.; Sánchez-Molina J.A; Castilla, M.; Sánchez-Moreno, J.; Moreno-Úbeda, J.C.; Magán, J.J (2017) 'cFertigUAL: A fertigation management app for greenhouse vegetable crops' Agricultural Water Management. Volumen 183, Páginas 186–193. Disponible en: <https://www.dicyt.com/noticias/una-aplicacion-movil-para-controlar-el-riego-en-los-cultivos-de-invernaderos>.
- [5] Perfetti, Juan José; Balcázar, Álvaro; Hernández, Antonio; Leibovich, José; (2013). Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia. Disponible en: https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/61/LIB_2013_

Políticas para el desarrollo de la agricultura_Co
mpleto.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bogotá, Colombia.

[6] Muñoz, Pablo; Buitrago, Julián; Arboleda, Angela; Cortes, Oscar; Sánchez, Andrés;
Zapata, Carlos (2011). Sistema de instrumentación y monitoreo para el
invernadero la Aldana de la universidad del Quindío. Armenia, Colombia.