

SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO DE CONTROL DE HUMEDAD POR GOTEO

Autores:

Manuel Felipe Jaramillo cód.: 23551726024

Jorge Hernán Cañón Melo cód.: 23551721186

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.

Programa Académico

Tecnología en Mantenimiento Mecánico Industrial

Universidad Antonio Nariño

Manizales

mjaramillo16@uan.edu.co

jcanon55@uan.edu.co

Carlos Manuel Llano

RESUMEN:

Conociendo las dificultades de los terrenos en cuanto a temperatura y humedad para actividades agropecuarias, en las zonas del eje cafetero, con altos costos de manutención y contratación para la alta producción y buena calidad en los procesos; se comprende la necesidad de tener un sistema eficaz, de bajos costos de adquisición y mantenimiento para la solución de la problemática evidenciada y por ello, a partir de estudios realizados con baches de café, humedad relativa media y temperatura se definió un sistema autónomo fotovoltaico por goteo que controle dichas variables a necesidad del bien impuesto, aumentando la capacidad de adquisición y producción en términos del agricultor y ayudando a regular el desperdicio del recurso hídrico, controlando y dosificando solo la cantidad adecuada al cafetal.

PALABRAS CLAVE: temperatura, goteo, sistema autónomo, humedad.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este proyecto nace debido a la necesidad de controlar los problemas de escasez de agua para el crecimiento de cultivos principalmente de café, con el fin de reducir niveles de sequía en zonas donde la humedad es relativamente baja y controlando el desperdicio del recurso vital (agua). mejorando así la siembra y cosecha de cultivos en zonas geológicamente de difícil acceso. Para ello

se diseñará un sistema de riego por goteo fotovoltaico, autónomo que permitirá tener un seguimiento a los datos y señales en tiempo real manteniendo un control adecuado de la humedad relativa del terreno instalado, permitiendo una mayor eficiencia en el sembrío.

Adicionalmente, este diseño establecerá el ingreso de nuevas tecnologías fotovoltaicas en el sistema agricultor con bajos costos de adquisición; ayudando al medio ambiente con consumos más adecuados y eficaces de producción.

II. JUSTIFICACIÓN

El calentamiento global es un tema de tendencia hoy en día. Muchos científicos están tratando de buscar soluciones, pero el problema es tan malo que ya tiene efectos en la tierra. La explicación más simple del calentamiento global es que cada año, la temperatura de la atmósfera sube un poco y la humedad media varía drásticamente e irremediablemente, afectando desfavorablemente al agricultor y la economía.

Según García, en su capítulo de libro titulado “La gestión del nexo agua-energía-alimentos: la clave para el desarrollo sostenible”, se establece que en los próximos años está previsto que se produzca una revolución en la agricultura de regadío; a nivel

mundial, debido al aumento de la población mundial y demanda de alimentos. Por tal motivo, se incrementarán los estudios, enfocados a ampliar los conceptos en energía renovable y riego construyendo nuevas infraestructuras e instalando nuevos sistemas de riego que conlleven el aumento de la eficiencia energética y en cuidados globales al medio ambiente.

A nivel local, la humedad relativa media en Manizales, es variable en zonas geológicamente inclinadas y en donde es difícil el riego a hectáreas de café por adecuación, transporte, manejo y distribución del recurso hídrico para el acondicionamiento, preparación, manutención, consumo y producción de café es indispensable contar con sistemas hídricos de alimentación y dispersión controlada, autónomo y sustentable de bajos costos de adquisición y mantenimiento, que permita mejorar la operatividad de los procesos en consumos y contratación directa para efectos de sostenibilidad y calidad, aprovechando la radiación solar en la zona de trabajo utilizando sistemas fotovoltaicos.

III. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de riego por goteo, con la finalidad de disminuir las pérdidas de producción cultivable.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar los componentes idóneos tanto para el sistema de riego como para el montaje autónomo.
- diseñar los diferentes circuitos requeridos tanto para la etapa de control como para la etapa de potencia.
- Ensamblar los diferentes componentes electromecánicos del sistema.
- Validar el funcionamiento del sistema.
- Hacer un análisis del costo beneficio del sistema

IV. MARCO TEORICO

El suelo, puede ser tomado como uno de los recursos naturales más importantes que cuando es

utilizado prudentemente se puede considerar como renovable; de acuerdo a la ubicación geológica esta contiene diferentes características propias que pueden ser o no, utilizadas a la necesidad de producción, como es el caso de la humedad (entre otros), para el desarrollo de los cultivos de café, es necesario mantener su productividad a un nivel adecuado para que a través de él y de las prácticas agrícolas adecuadas se establezca un equilibrio entre la producción y el uso adecuado de la misma; la humedad media esta estimada en porcentaje

Según Herron Ortiz:, afirma, estudios climáticos del café expresa que bajo el estudio “microclimático” argumento que la humedad promedio en la zona del eje cafetero para la producción del café no puede superar el 75% y que la temperatura esta relacionada con la saturación del terreno, *ibíd.*, p. también aclara que la humedad esta definida como la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno y aunque su promedio relativo es del 70% en zona esta zona de Colombia, el café necesita una lluvia anual que varíe entre los 1500 y 3000 mm, la temperatura del mismo, varía entre 15 °C y 24°C para el tipo de café castillo

Hoy en día, las fuentes de energía renovables se han convertido en un tema de gran importancia para la industria energética, tanto en los países industrializados como en los países en vía de desarrollo, gracias a sus efectos que benefician el sector económico, social y ambiental. Así, se destaca la importancia de disponer de fuentes alternativas que permitan implementar sistemas basados en energía solar y que sean eficaces para satisfacer la demanda de energía de diversas actividades humanas. Según Chousa y Romero en la revista “el desarrollo sostenible en el sector energético” Las empresas del sector energético están llamadas a asumir el compromiso de la protección del medio ambiente, tanto mediante la implantación de sistemas de gestión medioambiental como a través de la promoción de las fuentes renovables de energía.

En la tesis presentada por Risco Martínez et al. “Diseño de un sistema de riego por goteo para 18.21 ha de palto mediante el uso de aguas subterráneas en el centro poblado Cuculí – Distrito de Chongoyape – región Lambayeque”, el riego por goteo ha sido utilizado desde la Antigüedad cuando se enterraban vasijas de arcilla llenas de

agua con el fin de que el agua se infiltrara gradualmente en el suelo. El riego por gota a gota moderno se desarrolló en Israel debido a que el país tenía escasez de agua y gracias a ello querían aprovechar cada gota.

Al respecto Quintero Gil y Trujillo Fajardo en su tesis "Implementación De Sistemas De Riego Por Goteo En Huertas Caseras Del Programa FAMI (Familia, Mujer E Infancia) Para El Desarrollo De La Agricultura Urbana Ecológica exclaman que con la llegada de los plásticos modernos después de la Segunda Guerra Mundial fueron posibles numerosas mejoras. Micro-tubos de plástico y diversos tipos de goteros han sido empleados en invernaderos en Europa y en Estados Unidos.

La moderna tecnología de riego por goteo fue inventada en Israel por Simcha Blass y su hijo Yeshayahu. En lugar de liberar el agua por agujeros minúsculos, que fácilmente se podían obstruir por acumulación de partículas minúsculas, el agua se libera por tuberías más grandes y más largas empleando el frotamiento para ralentizar la velocidad del agua en el interior de un emisor (gotero) de plástico. El primer sistema experimental de este tipo fue establecido en 1965 cuando la familia de Blass en el kibutz Hatzerim creó una compañía de riegos llamada Netafim. A continuación, desarrollaron y patentaron el primer emisor exterior de riego por gota a gota. En 1976, Gershon Eckstein (empresa DIS) inventa la máquina extrusora de goteros, eliminando la necesidad de insertar los goteros en el campo. Posteriormente, los enrolladores automáticos permitieron acelerar la velocidad de fabricación por encima de los 65 m/min. En la década de 1990, el desarrollo del gotero anti drenante y anti succión permite el desarrollo del riego subterráneo.

Para Colombia, Según Arango y Becanumenth de la Revista "Facultad Nacional de Agronomía de Medellín" los programas estatales de adecuación de tierras comenzaron a partir de la década del 50, durante la cual se emprendió la construcción de infraestructura básica para el riego, el drenaje y el control de inundaciones; así mismo, la inversión pública en infraestructura de riego comenzó en 1936 y continuó a lo largo de los años 40 y 50, cuando el gobierno colombiano se centró en el desarrollo agrícola en los valles del Alto Chicamocha, Firavitoba y Samacá en el norte de Colombia, y construyó los sistemas de riego de Ramada, Coello, Saldaña y el Roldanillo-Unión-

Toro. En los años 60, se aumentó la inversión pública en el sector riego creando 14 distritos de riego junto con infraestructuras de control de drenaje e inundaciones a través del Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (INCORA). En la década de los 70. Con la creación del instituto colombiano de hidrología, meteorología y adecuación de tierras (HIMAT), el gobierno se centró en aumentar la capacidad de los usuarios del agua para hacerse finalmente cargo del manejo de los sistemas de riego.

La ley 1448 de 2011 es conocida como Ley de Víctimas y Restitución de Tierras, en su título IV capítulo II, crea un procedimiento legal para restituir y formalizar la tierra de las víctimas del despojo y abandono forzoso que se hubieren presentado desde el 1 de enero de 1991 con ocasión del conflicto armado interno. El procedimiento es mixto en cuanto se compone de una etapa administrativa (inscripción en el registro de tierras despojadas) y de un recurso judicial (acción de restitución).

Para lograr la restitución jurídica y material de las tierras despojadas, la Ley crea Unidad Administrativa Especial de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas, entidad Adscrita al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, como instancia administrativa cuyo objetivo central es "servir de órgano administrativo del Gobierno Nacional para la restitución de tierras de los despojado" a que se refiere la Ley 1448 de 2011 y llevar el Registro Único de Tierras Despojadas. Esto significa que la Unidad será la encargada de diseñar y administrar el Registro de Tierras Despojadas y Abandonadas, en donde además del predio, se inscribirán las personas sujeto de restitución, su relación jurídica con la tierra y su núcleo familiar.

En 2014 se decretó la ley 1715, que 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 energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de

emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda.

La finalidad de la presente ley es establecer el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, lo mismo que para el fomento de la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda, en el marco de la política energética nacional. Igualmente, tiene por objeto establecer líneas de acción para el cumplimiento de compromisos asumidos por Colombia en materia de energías renovables, gestión eficiente de la energía y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, tales como aquellos adquiridos a través de la aprobación del estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (Irena) mediante la Ley 1665 de 2013.

A nivel local, la universidad Antonio Nariño, Sede Manizales, cuenta con un prototipo a escala de un sistema hidropónico autónomo, el cual consiste en mantener un control del crecimiento de plantas de lechuga mediante el uso de la energía solar fotovoltaica. Este proyecto ya cuenta con una serie de investigaciones y datos tenidos en cuenta para la puesta en marcha de dicho sistema y que han sido de suma importancia para el desarrollo y estudio de éste proyecto.

IV. ALCANCE

Potencializar y rediseñar el sistema de control fotovoltaico autónomo de humedad por goteo ya desarrollado y sin funcionamiento en la zona de cafetal de la Universidad Antonio Nariño. Sede Manizales

V. METODOLOGIA

De acuerdo a la necesidad de poner en funcionamiento y repotenciar el sistema de goteo

fotovoltaico ubicado en la zona cafetal de la Universidad Antonio Nariño, sede Manizales, se verifican componentes electrónicos, eléctricos e hidráulicos, conexiones y funcionamientos secuenciales, mandos y controles, analizando las características de fabricación y diseño, desconexión de cada elemento para comprobar su estado de funcionamiento, trabajo y condiciones de operación. Diseñando cronogramas de trabajo para investigación, análisis, pruebas, acciones de trabajo y observaciones. Se cuenta con un panel solar de 55w, con 4 higrómetros sensores de humedad de suelo, un sensor de temperatura y humedad ambiente DTH11, un termopar, 2 válvulas solenoides alimentadas a 110v, tubería de ½" PVC, goteros en pasta, Arduino mega, controlador de tensión, inversor, batería y cableado (Orozco, 2018).

La recopilación de datos y adecuación de los mismo a la necesidad real del problema; nos conllevaron a realizar estudios más amplios, limitando las investigaciones solo al uso por goteo en tierras cafeteras y en el tipo de café; más exactamente en el café tipo Castillo, aunque es amplia la aplicación del sistema de goteo, el campo aplicativo con un sistema autónomo y de energía renovable aun es poco utilizado en los terrenos donde las características del café, por ubicación geográfica son bastante amplias y se deben ajustar a las necesidades organolépticas de cada zona. En estos estudios nos encontramos con la importancia de la humedad media del suelo y del ambiente, la temperatura del suelo y la evapotranspiración del café.

Según CALDERON luisa en su tesis “Estimación y análisis de la evapotranspiración en el municipio Manizales”. La evapotranspiración se define como la perdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la perdida de agua por transpiración de la vegetación y se calcula mediante el método de Ivanov (I) , mencionado a continuación:

Método de Ivanov:

$$ETP(\text{mm/mes}) = 0.0018 (25+T)^2 \times (100-HR) \quad (I)$$

T= temperatura media del aire en, °C

HR= humedad relativa media, %

De acuerdo al enfoque del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo E_{Tc} , se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia E_{To} y el coeficiente del cultivo K_c , la siguiente ecuación permite calcular dicho coeficiente (II):

Coefficiente de cultivo:

$$E_{Tc} = K_c E_{To} \quad (II)$$

E_{Tc} = evapotranspiración del cultivo [mm d-1]

K_c = coeficiente del cultivo [adimensional]

E_{To} = evapotranspiración del cultivo de referencia [mm d-1]

Los conceptos de adecuación y mejora del sistema instalado se debieron concepcionar teniendo en cuenta el tipo de café sembrado, (café castillo), (Alvarado, G., H. E. Posada, y H. A. Cortina 2013); el cual es necesario una cantidad específica de humedad promedio para la buena optimización del proceso. En la Universidad Antonio Nariño, sede Manizales, se adecuará y se potenciará el sistema de riego por goteo que contará con señales más controladas y reales, mejorando la capacidad de control sobre la siembra y el recurso hídrico, serie de conocimientos previos en estudios agrícolas, fotovoltaicos, controladores y sistemas secuenciales como lazos de control y de riego que permitirían ampliar conocimientos enfocados en los aprendizajes de estudiantes futuros.

Para el proceso de instalación del sistema fotovoltaico autónomo, en primer lugar, se realiza una inspección a los elementos instalados y se hace una verificación del estado en el que se encuentran para determinar si basta con un mantenimiento o hay que reemplazar alguna pieza para poner de nuevo en funcionamiento dicho sistema, posteriormente se deja circular agua por la tubería para asegurar que el fluido esté pasando libremente y que las válvulas se estén activando correctamente para así poder desmontar los elementos instalados en el tablero de control, realizar su respectiva limpieza y poder hacer pruebas de funcionamiento; luego se realizan una serie de mediciones de

continuidad al cableado que está bajo tierra para asegurar que no haya interrupciones en los cables y que se puede hacer una instalación confiable. Para el proceso de programación se requiere el software ARDUINO para el cual se descargan las librerías y los códigos de cada sensor según sus especificaciones técnicas y se toma decisión de cómo va actuar cada uno al momento de ser instalado. Junto a la colaboración del asesor, se generan nuevas líneas de programación al Arduino estableciendo los rangos y valores consultados para tener un registro de temperatura y humedad tanto del ambiente como del cultivo, posteriormente se realizan pruebas experimentales de laboratorio donde se comprueba el óptimo funcionamiento a escala del proyecto y asegurando una buena instalación. Finalmente se monta de nuevo el sistema, se fijan los sensores en los lugares acordados según los estudios de campo, se aseguran los elementos del tablero de control garantizando las mejores condiciones de aislamiento y funcionamiento. A continuación se puede observar como se encontraba el sistema inicialmente, las pruebas de campo y de laboratorio que se le realizaron para poner en marcha el objetivo final del proyecto. (Fig 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5).



Fig. 5.1 Sistema fotovoltaico autónomo de riego por goteo



Fig. 5.2 Tablero de control instalado inicialmente



Fig. 5.3 Identificación, pruebas de continuidad y funcionamiento del cableado y elementos del sistema



Fig.5.4 limpieza y pruebas a la tubería



Fig. 5.5 simulación de laboratorio a escala para funcionamiento del sistema

VI. RECURSOS FISICOS

INFORMACIÓN DE CAMPO

En primera instancia se deben analizar datos reales del comportamiento de la humedad en el suelo y sus diferentes comportamientos climatológicos en un área total de $25m^2$, de igual manera la temperatura del suelo y del ambiente del cultivo al que se requiere la implementación del sistema, para así poder determinar los datos de programación en Arduino, es importante tener en cuenta que para un cultivo de café de variedad Castillo, según el área de Genética en Cenicafé, en su revista Avances Tecnicos N°337, la temperatura adecuada del ambiente esta entre $18^{\circ}C$ y $28^{\circ}C$, con una humedad entre el 70% y 80%, y una vez teniendo estos datos reales se dispone a desarrollar el sistema de riego más adecuado para el cultivo, con el fin de mantener las plantas a la humedad necesaria para su optimo crecimiento. A continuación se muestran los componentes empleados en el montaje del sistema:

A. Sensor de Humedad del suelo SEN_0514

Este sensor utiliza las dos sondas para pasar corriente a través del suelo, y luego lee la resistencia para obtener el nivel de humedad. Más agua hace que el suelo conduzca la electricidad con mayor facilidad (menos resistencia), mientras que el suelo seco es un mal conductor de la electricidad (más resistencia).



Fig 6.1. Sensor de humedad de suelo (Higrometro) SEN_0514

Especificaciones Técnicas

Tensión de funcionamiento: 3.3V – 5V

Señal de salida: 0 – 4.2 V

Consumo de corriente: 35mA

B. Temperatura impermeable DS18B20

Un termopar es un sensor para medir temperatura . Se compone de dos metales diferentes , unidos en un extremo . Cuando la union de los dos metales se calienta o enfría , se produce una tension que es proporcional a la temperatura

El DS18B20 viene en un paquete de cable, SMD y estilo transistor. Aquí solo se recubre el cable, pero para otros, consulte la Hoja de datos.

Conéctelo como en la tabla siguiente, con una resistencia de 4.7k entre los datos y la línea de 3.3v. (Fig 6.2)



Fig 6.2. Sensor de temperatura impermeable DS18b20

Especificaciones Técnicas

Chip: DS18B20 , tension : 3.0 – 5.5V

Rango de temperatura: -55°C,+125°C (67°F, +257°F)

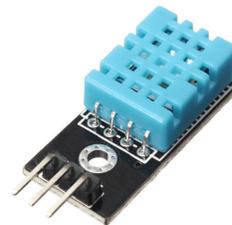
Cables de salida: Rojo(VCC) , amarillo (DATA) , negro (GND)

DALLAS [Dallas Semiconductor, DS18B20

C. DHT11 Sensor de Temperatura

El DHT11 es un sensor básico digital usado para medir temperatura y humedad. Este sensor está basado en un termistor que sirve para medir el aire circundante (temperatura) e implementa un sensor interno capacitivo para la medición de humedad. Este dispositivo funciona mediante el uso de tres terminales, +Vcc, Gnd y DATA.

A través del pin 3 (DATA) se obtiene una señal digital que es tratada por medio de la placa de Arduino o un microcontrolador (esto ya queda al gusto del usuario). Su implementación es bastante sencilla, pero se requiere una cuidadosa sincronización para la toma de datos, es usado para aplicaciones en las que necesita medir los niveles de temperatura y humedad de ciertos ambientes. El DHT11 es de dimensiones pequeñas con bajo consumo de energía. (Fig. 6.4)



ElectroCrea.com

Fig.6.4. Sensor de temperatura y humedad DHT11

Especificaciones Técnicas

DHT11

Alimentación de 3.3V a 5VDC

Corriente máxima 2.5mA durante la conversión

Lectura de humedad con un +/- 5% de precisión

Lectura de temperatura con un +/- 2°C de precisión

Capaz de medir humedad de 20% a 80%

Capaz de medir temperatura de 0 a 50°C

No más de 1 Hz en velocidad de muestreo (una vez cada segundo)

Dimensiones: 15.5mm x 12mm x 5.5mm

DHT11 Temperature & Humidity Sensor features a temperature & humidity sensor complex with a calibrated digital signal output.

D. Inversor De Corriente 450w 12v-110v Convertidor Energy cube

Convierte la energía de su batería de 12 voltios DC a 115 voltios para alimentar equipos electrónicos. Es muy eficiente y práctico para conectar equipos donde no hay tomas de corriente de pared 110v, puede conectar: un taladro, un computador, cámaras de video o de fotos, celulares, conectar lámparas fluorescentes y televisor con DVD y demás dispositivos que requieran 115 de corriente alterna.(Fig. 6.5)



Fig. 6.5 Inversor

de corriente 450 w 12v -110v

Especificaciones Técnicas

Modelo: 7274
Descripción 450W inversor
Tensión nominal de entrada 12V DC
Tensión de salida 100-128V AC
Continua durante 4 horas
450W frecuencia de salida
59 – 61 Hz salida USB
5V / 0.5 A (2.1 A opcional)
Número de toma de CA (s) 3
Número de toma USB (s) 2
Número de toma de CC (s) /

E. T10 PWM LCD 10A 12V / 24V Solar Panel Batería Controlador de carga del regulador Tres intervalos de tiempo

Este es un controlador de tres tiempos en el horario de trabajo de la noche (tarde), un intervalo de tiempo de descanso o pausa, tiempo de trabajo Dawn (función de luz de la mañana), el usuario puede de acuerdo a sus necesidades, establecer un horario diferente.

T10 10A controlador solar aplicado al sistema solar fotovoltaico que se utiliza para coordinar los paneles solares, almacenamiento batería y carga. Es un ensamblaje muy importante en el sistema fotovoltaico. Es diferente de otros controladores solares que se agrega, la función de protección integral hace que todo el sistema solar fotovoltaico funcione de manera eficiente y segura.

El controlador solar T10 10A puede ajustar automáticamente la tensión de funcionamiento de los paneles solares, lo que puede hacer que los paneles solares funcionen consistentemente en el punto de máxima potencia de la curva característica VA en un día completo. En comparación con los controladores solares comunes, está equipado con la función de compensación de temperatura, puede hacer que la eficiencia del trabajo de los módulos fotovoltaicos aumente en un 30%, y puede prolongar visiblemente la vida útil de la batería almacenamiento.

Compatible con el panel solar de 260W (24v) con función oscura activada, la corriente máxima es de 10A. (Fig 6.6)



Fig. 6.6. Controlador de cargas T10 PWM LCD 10A 12V/24V

Especificaciones Técnicas

Pantalla de pantalla LCD.
Interfaz de operación fácil.
PWM modo de carga.
El usuario del parámetro puede reiniciar.
Una clave para abrir y cerrar la carga.
Una clave para restaurar la configuración de fábrica.
Batería protección de descarga inversa.

Batería protección de polaridad inversa.
Batería bajo protección de voltaje.
Sobrecarga, protección contra cortocircuitos.
Función de compensación de temperatura automática.
Puede cargar y descargar al mismo tiempo, siempre mantenga la batería en estado completo.

Paquete incluido:

- 1 x T10 10A PWM Solar Controlador
- 1 x manual de usuario en inglés
- 1 x Temp Sensor

F. Panel Solar

Un panel solar o módulo solar es un dispositivo que capta la energía de la radiación solar para su aprovechamiento. El término comprende a los colectores solares, utilizados usualmente para producir agua caliente doméstica mediante energía solar térmica, y a los paneles fotovoltaicos, utilizados para generar electricidad mediante energía solar fotovoltaica. En este caso se utilizará para dar energía a un sistema fotovoltaico de riego por goteo.



Fig.6.7. Panel Solar

Especificaciones Técnicas

- Potencia de salida Pmax: 55W
- Tensión en Pmax: 18.08V
- Intensidad en Pmax: 3.07 A
- Tensión en circuito abierto: 22.59V
- Intensidad en corto circuito: 3.25 A
- Tensión máxima del sistema: 1000V DC
- Valor máximo del fusible en serie: 12A
- Rango de temperatura de función: -40°C to 85°C
- Marcos: aluminio anodizado
- Dimensiones: 655 x 668 x 30mm
- Peso: 5 Kg

G. Arduino MEGA 2560:

Arduino es una marca de microcontroladores mundialmente conocida por los amantes de la electrónica, la programación y la robótica. Es un proyecto Open Source que pone a disposición de sus usuarios una amplia gama de dispositivos basados en el microcontrolador AtMega. Es posible comprar una placa Arduino armada o conseguir las piezas para uno mismo desarrollar sus propios dispositivos. (Fig 6.8)



Fig. 6.8. Arduino Mega 2560

Especificaciones Técnicas

- Microcontrolador: ATmega2560
- Voltaje Operativo: 5V
- Voltaje de Entrada: 7-12V
- Voltaje de Entrada(límites): 6-20V
- Pines digitales de Entrada/Salida: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)
- Pines analógicos de entrada: 16
- Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida: 40 mA
- Corriente DC entregada en el Pin 3.3V: 50 mA
- Memoria Flash: 256 KB (8KB usados por el bootloader)
- RAM: 8KB
- EEPROM: 4KB

Clock Speed: 16 MHz

H. Batería de Almacenamiento

Es un dispositivo que consiste en una o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en corriente eléctrica. Cada celda consta de un electrodo positivo, o ánodo, un electrodo negativo, o cátodo, y electrolitos que permiten que los iones se muevan entre los electrodos, permitiendo que la corriente fluya fuera de la batería para llevar a cabo su función, alimentar un circuito eléctrico. (Fig. 6.10)



Fig. 6.10.

Batería de almacenamiento

Especificaciones Técnicas

Batería Sellada 12 Voltios 7,5 Amperios 12v 7.5ah
O 7ah

I. Electroválvulas 323B1472P003

Es un instrumento electromecánico diseñado para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería.

(Fig. 6.11)



Fig. 6.11. Electroválvulas 323B1472P003
Especificaciones Técnicas

Válvula Normalmente Cerrada.

Tensión de funcionamiento: 110 V

VII. RESULTADOS ESPERADOS

El funcionamiento eficaz, confiable y garantizado del sistema autónomo fotovoltaico de humedad por goteo, aprovechando recursos naturales para la transformación de energías, (energías renovables), cumpliendo con estándares de Responsabilidad Social en cuidado del medio ambiente

A continuación se muestran datos reales tomados desde la placa Arduino conectada al computador quien controla 4 higrómetros que activan el proceso de goteo por medio de un sistema de electroválvulas cuando la humedad del suelo se encuentra por debajo de 300 que es el porcentaje que se considera como seco y no es óptimo para el crecimiento del cultivo y se dice que alcanza las condiciones adecuadas cuando la humedad está comprendida entre 300 y 700 de porcentaje, 1 termopar que controla la temperatura del terreno y activa el sistema de goteo si detecta los parámetros del suelo por encima de 23.5 °C, 1 sensor digital DHT11 que muestra datos de temperatura y humedad simultáneamente del ambiente y compara los valores con el termopar. Finalmente se calcula el coeficiente de cultivo que depende de la evapotranspiración, proceso mencionado anteriormente y calculado según el método de Ivanov (I), (II). (Fig 7.1)

Humedad Suelo 1 = 285.77
Humedad Suelo 2 = 364.58
Humedad Suelo 3 = 196.56
Humedad Suelo 4 = 292.36
Temperatura Suelo = 27.87 C
Humedad Ambiente = 34.00 %
Temperatura Ambiente = 28.00 *C
Coeficiente de cultivo Kc = 3.87

Humedad Suelo 1 = 289.41
Humedad Suelo 2 = 368.88
Humedad Suelo 3 = 200.05
Humedad Suelo 4 = 294.55
Temperatura Suelo = 27.69 C
Humedad Ambiente = 34.00 %
Temperatura Ambiente = 27.00 *C
Coeficiente de cultivo Kc = 3.73

Humedad Suelo 1 = 290.04
Humedad Suelo 2 = 369.08
Humedad Suelo 3 = 198.49
Humedad Suelo 4 = 295.55
Temperatura Suelo = 27.69 C
Humedad Ambiente = 34.00 %
Temperatura Ambiente = 27.00 *C
Coeficiente de cultivo Kc = 3.73

Humedad Suelo 1 = 290.71
Humedad Suelo 2 = 368.65
Humedad Suelo 3 = 199.69
Humedad Suelo 4 = 294.85
Temperatura Suelo = 27.44 C
Humedad Ambiente = 34.00 %
Temperatura Ambiente = 27.00 *C
Coeficiente de cultivo Kc = 3.73

Humedad Suelo 1 = 291.26
Humedad Suelo 2 = 368.76
Humedad Suelo 3 = 199.20
Humedad Suelo 4 = 295.27
Temperatura Suelo = 27.37 C
Humedad Ambiente = 34.00 %
Temperatura Ambiente = 27.00 *C
Coeficiente de cultivo Kc = 3.73

7.1. Datos reales medidos por los sensores

7.1.2. Diagrama de Flujo, condiciones del Arduino a los sensores

Para el montaje en campo del sistema se realizaron pruebas de laboratorio las cuales permitieron definir las variables de temperatura y humedad , diseñar los códigos del Arduino según los parámetros ambientales y consultados durante el desarrollo del anteproyecto para proceder a conectar los sensores a la placa y verificar en un recipiente con tierra que los higrómetros censaran de manera coherente bajo los valores indicados en la ficha técnica (Fig 5.5) . Posteriormente se realiza

el montaje en el tablero de control y se señalizan con colores las conexiones de entrada de los sensores al Arduino y a la protoboard quedando definidas así :

Cable Rojo: positivo (+)

Cable blanco : Negativo (-)

Cable verde: Señales

Para los relés que conectan el inversor de carga que suministra 110 V aproximadamente y tiene como función energizar las electroválvulas , se alimentan 5V conectados al Arduino y las salidas IN2 , IN3 , IN4 que van enlazadas a los pines de entrada 2 , 3 , 4 del Arduino , el pin 5 va conectado de una resistencia de 4.7K ohm a la alimentación ; luego se conectan los componentes externos de la caja del Arduino (Batería 12V , controlador de cargas , inversor de corriente , panel solar) ; para energizar el sistema de electroválvulas , los sensores de humedad y temperatura , calcular el coeficiente de cultivo y hacer efectivo el riego . (Fig. 7.2 , 7.2.1 , 7.3 , 7.4).



7.2. Elementos del tablero de control y cableado interior de sensores conectados a la placa Arduino



7.2.1. Tablero de control con todos los elementos conectados , aislados y en perfectas condiciones para su funcionamiento

factores que pueden hacer compleja la implementación de la instalación de cultivos de café a gran escala debido a las condiciones en las que los agricultores deben de trabajar los terrenos, las podadas de los alrededores del palo pueden afectar los sensores y su cableado por tanto diseñar un sistema de protección más confiable para conservar su buen estado y funcionamiento, las inclinaciones y faldas de las diferentes hectáreas obligan al sistema a impulsar el fluido por medio de motobombas y se tendría que hacer otro estudio con parámetros adecuados para el suministro de agua, las rotaciones del sembrado para que el cultivo y la tierra conserven sus propiedades por un muchas años es otro factor que causa una problemática para dar solución, para ello se ha pensado en una posible alternativa con un sistema móvil que pueda ser trasladado a medida que se realice la rotación del cultivo y pueda realizar el goteo en el punto más preciso del terreno. El proyecto sigue en investigaciones y en mejoras respecto al impacto ambiental, social, económico y está sujeto a dar soluciones a las problemáticas ambientales por consumos excesivos de los recursos naturales, implementando así las energías limpias en beneficio y cuidado del medio ambiente.

- Reconocer el arduo trabajo, desgastante, estresante, agobiante y no menos importante de nuestro sector cafetero que hace parte de nuestra región y de nuestra referencia cultural

XIII. BIBLIOGRAFIA

García, María del Mar Hidalgo. "La gestión del nexo agua-energía-alimentos: la clave para el desarrollo sostenible." *Cuadernos de estrategia* 186 (2017): 119-158. [Consultado: 28 de octubre de 2019]. Disponible en url.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6115631>

Chousa, Juan Piñeiro, and Noelia Romero Castro. "El desarrollo sostenible en el sector energético: Las energías renovables en Galicia y su aportación al grupo Unión FENOSA." *Revista Galega de Economía* 10.2 (2001): 0.

Risco Martínez, Joan Martín, and Carlos Abel Villalobos Delgado. "Diseño de un sistema de riego por goteo para 18.21 ha de palto mediante el uso de aguas subterráneas en el centro poblado Cuculí-distrito de Chongoyape-región Lambayeque." (2019).

Arango, Julio César, and Álvaro Bacanumenth. "La adecuación de tierras en el departamento de Antioquia." *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 52.1 (1999): 395-424.

CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Ley 1448 de 2011 Por la cual se dictan medidas de atención, asistencia y reparación integral a las víctimas del conflicto armado interno y se dictan otras disposiciones. (06/10/2011). Ley de víctimas y restitución de tierras. Bogotá DC. (junio 10).

CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Diario Oficial No. 49.150. (13/05/2014). Ley 1715 de 2014 Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. (13/05/2014). Bogotá DC. (mayo 13)

GRANADA PINILLA, Anderson. "Sistema Hidropónico Autónomo basado en Energía Solar fotovoltaica. Tesis de ingeniería electromecánica. Manizales, Caldas: Universidad Antonio Nariño, Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica, Julio 2019

Centro Nacional de Investigaciones del Café CENICAFE, “nueva variedad de café resistente a la roya” Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica / Julio de 2005 [Consultado: 28 de octubre de 2019]. Disponible en url: <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/401/1/avt0337.pdf>

QUINTERO GIL, Decly y TRUJILLO FAJARDO María, Implementación De Sistemas De Riego Por Goteo En Huertas Caseras Del Programa FAMI (Familia, Mujer E Infancia) Para El Desarrollo De La Agricultura Urbana Ecológica En El Municipio De La Plata Huila [Consultado: 28 de octubre de 2019]. disponible en la url: <https://core.ac.uk/download/pdf/47279310.pdf>

HERRON ORTIZ, Antonio “Produccion de café en zonas no tradicionales” estudios Tecnologicos agricolas EU / Medellin / noviembre de 2013 [Consultado: 12 de noviembre de 2019]. Disponible en url: <https://www.urosario.edu.co/Mision-Cafetera/Archivos/Zonas-no-tradcionales-antonio-Herron.pdf>

QUINTERO GIL, Decly y TRUJILLO FAJARDO María, Implementación De Sistemas De Riego Por Goteo En Huertas Caseras Del Programa FAMI (Familia, Mujer E Infancia) Para El Desarrollo De La Agricultura Urbana Ecológica En El Municipio De La Plata Huila [Consultado: 28 de octubre de 2019]. disponible en la url: <https://core.ac.uk/download/pdf/47279310.pdf>

HERRON ORTIZ, Antonio “Producción de café en zonas no tradicionales” estudios Tecnológicos agrícolas EU / Medellín / noviembre de 2013 [Consultado: 12 de noviembre de 2019]. Disponible en url: <https://www.urosario.edu.co/Mision-Cafetera/Archivos/Zonas-no-tradcionales-antonio-Herron.pdf>

CALDERON CASTAÑO, Luisa Fernanda “Estimación y análisis de la evapotranspiración en el municipio Manizales”, Universidad Nacional de

Alvarado, G., H. E. Posada, and H. A. Cortina. Castillo: Nueva variedad de café con resistencia a la roya. 2013.

OROZCO GARCIA, Fernando, “Sistema de riego inteligente mediante microcontroladores Y energía solar fotovoltaica”, Manizales 2018, Trabajo de Grado, Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial, Universidad Antonio Nariño, facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica; (FIMEB) Colombia Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil Manizales, Colombia 2017 [consultado: 13 de noviembre de 2019]. Disponible en

CALDERON CASTAÑO, Luisa Fernanda “Estimación y análisis de la evapotranspiración en el municipio Manizales”, Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil Manizales, Colombia 2017 [consultado: 13 de noviembre de 2019]. Disponible en url: <http://bdigital.unal.edu.co/58623/1/1053820403.2017.pdf>

DHT11 Temperature & Humidity Sensor features a temperature & humidity sensor complex with a calibrated digital signal output. Url: <https://datasheetspdf.com/datasheet/DHT11.html>

DALLAS [Dallas Semiconductor, DS18B20 DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer Url: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/227472/DALLAS/DS18B20.html>