

Measurement System of Environmental Variables in Orellana's Crop

Claudia Marcela Bustamante Álvarez, Especialista en Instrumentación y Control Industrial¹

Miguel Antonio Prieto Orjuela, Especialista en Instrumentación y Control Industrial²

Javier Eduardo Martínez Baquero, Magister en Tecnología Educativa y Medios Innovadores para la Educación³

¹Escuela de Ingeniería, Universidad de los Llanos, Colombia, marcela.bustamante.a@gmail.com

²Escuela de Ingeniería, Universidad de los Llanos, Colombia, miprieto@hotmail.com

³Escuela de Ingeniería, Universidad de los Llanos, Colombia, jmartinez@unillanos.edu.co

Abstract– The application of the standard penetration test (SPT) is of a high level of detail, delayed and expensive, requires skilled labor for its execution, and its use in sandy soils, restrictive in fine and plastic soils is recommended and not recommended in the other types. While in the multichannel analysis of surface waves (MASW) its execution is not restrictive, and allows to cover large areas in a short time, however, because it is an indirect method, its approximation must be verified by drilling, obtaining samples, and others high analysis criteria as appropriate. With the implementation and improvement of soil prospection techniques in recent years, relationship studies have been carried out between both trials with different parameters.

An empirical correlation between the SPT tests was carried out by means of the number of penetration resistance strokes (N)60 as with the MASW test by means of the cutting wave velocities (Vs) in the sandy soils at 30 points in the city from Juliaca-Peru. There were 106 ordered pairs of data (N60; Vs); by means of the potential regression analysis the equation was obtained $V_s = 83.505 \cdot N60^{0.249}$; of the coefficient of determination R^2 : 0.66 it was determined that the correlation is acceptable. The comparison was made with the correlation equations reported in the literature indicating that the proposed equation was in a trend consistent with them.

Keywords: Standard penetration test, shear wave velocity, sandy soil, correlation of test, coefficient of determination

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.389>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

SISTEMA DE MEDIDA DE VARIABLES AMBIENTALES EN CULTIVO DE ORELLANAS

MEASUREMENT SYSTEM OF ENVIRONMENTAL VARIABLES IN ORELLANA'S CROP

Claudia Marcela Bustamante Álvarez, Especialista en Instrumentación y Control Industrial¹

Miguel Antonio Prieto Orjuela, Especialista en Instrumentación y Control Industrial²

Javier Eduardo Martínez Baquero, Magister en Tecnología Educativa y Medios Innovadores para la Educación³

¹Escuela de Ingeniería, Universidad de los Llanos, Colombia, marcela.bustamante.a@gmail.com

²Escuela de Ingeniería, Universidad de los Llanos, Colombia, miprieto@hotmail.com

³Escuela de Ingeniería, Universidad de los Llanos, Colombia, jmartinez@unillanos.edu.co

Resumen - El presente documento muestra una solución a un problema de vulnerabilidad alimentaria la cual se presenta en una gran parte del territorio departamental y nacional, dado que las familias con pocos ingresos económicos tienen una dieta baja en proteínas. De esta manera, el presente proyecto permite adicionalmente incentivar el cultivo de la Orellana como forma de autoconsumo familiar, gracias a que ésta presenta grandes porcentajes de proteína bruta la cual podría suplir a la carne, principal fuente de proteínas en la región.

Como resultados importantes, el sistema presenta un control de las variables más significativas en el proceso de cultivo de la Orellana, como lo es la temperatura, humedad, e iluminación, mejorando de esta manera los tiempos de producción de la seta, así como la calidad de la misma.

Palabras clave: Humedad, Temperatura, sistema de medida, Orellana.

Abstract- This document shows a solution to a problem of food vulnerability that occurs in a large part of the departmental and national territory, given that low-income families have a low-protein diet. In this way, the present project also allows to encourage the cultivation of Orellana as a form of family self-consumption, thanks to the large amount of proteins in the region.

As important results, the system presents a control of the variables plus the differences in the cultivation process of the Orellana, such as temperature, humidity, and lighting, thus improving the production times of the mushroom, as well as the quality of it.

Keywords- Humidity, Temperature, measurement system, Orellana.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de hongos comestibles ha aumentado en Colombia con el transcurso del tiempo, siendo el de mayor crecimiento la Orellana por ser una buena alternativa alimenticia por su valor nutricional, características organolépticas, su excelente contenido de proteína, carbohidratos y fibra. Actualmente está siendo cultivado en su gran mayoría en forma artesanal a escala muy pequeña y con poco desarrollo tecnológico.

Sin embargo, la falta de un sistema de control en estos cultivos implica una disminución de la productividad debido a que las condiciones ambientales requeridas varían en función a la fase en la que se encuentre dicho cultivo (esterilización, incubación, fructificación). Si las temperaturas son muy bajas el metabolismo de los hongos disminuye lo que ocasionaría que el tiempo de recogida del producto aumente, si por el contrario la temperatura es muy alta el cultivo podría perderse.

En el departamento del Meta no existe aún una gran producción de estas setas debido a que las condiciones ambientales del departamento no son óptimas para el desarrollo de este cultivo, por esta razón se hace necesario adecuar un espacio donde se pueda tener un

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.389>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

control sobre las variables ambientales que afectan el crecimiento del cultivo de Orellana.

Debido a lo anterior, el presente documento muestra un sistema que permite controlar de forma automática las variables ambientales como temperatura, humedad e intensidad de luz en cada una de las fases del proceso, obteniendo de manera eficiente un hongo de mejor calidad.

Como elemento a resaltar en el diseño propuesto, se destaca la contribución con respecto a la carencia alimenticia de la población vulnerable del departamento del Meta mediante cultivos controlados que permiten obtener de manera eficiente un producto de calidad con altos valores nutricionales [1].

II. MARCO TEÓRICO

Un sistema automatizado está conformado por elementos o instrumentos, lo cuales son utilizados para medir variables físicas, ejercer acciones de control y transmitir señales. En todos los procesos es absolutamente necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes [2].

El diccionario de la Real Academia Española define la Automática como la disciplina que trata de los métodos y procedimientos cuya finalidad es la sustitución del operador humano por un operador artificial en la ejecución de una tarea física o mental previamente programada [3].

Los sistemas de control realizan estas operaciones de forma automática, estabilizando la variable del proceso (salida) en un valor deseado (set point). Gracias al uso de los controladores se han mejorado muchos procesos de producción, incrementando la calidad de productos en la industria.

En la ecuación (1) se representa un controlador PID

$$PID = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i S} + T_d S \right) \quad (1)$$

Este controlador establece su característica de desempeño según la ecuación (2), como la señal en el dominio de tiempo llamada señal de control o señal de mando, indicando allí las constantes que lo rigen.

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int e(t) dt + K_p T_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (2)$$

Para la máquina de insolación se ha optado por un controlador PI, considerando que la acción derivativa no se requiere debido a que el sobrepaso no será significativo. La ecuación (3) presenta el controlador PI.

$$PI = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i S} \right) \quad (3)$$

Una vez identificado el controlador es importante mencionar que existen diversos métodos de diseño, entre ellos las reglas de Sintonización Ziegler Nichols, la cual se basa en la respuesta del sistema en lazo abierto ante una señal escalón [4].

El sistema de control de intensidad luminosa para la máquina de insolación estará determinado por el diagrama de bloques mostrado en la figura 1, donde se establecen los elementos que allí intervienen.

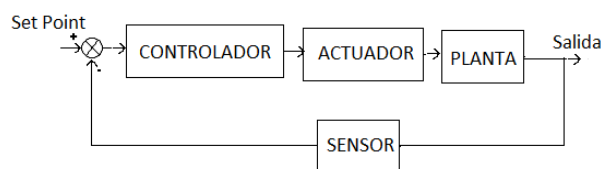


Figura 1. Diagrama de bloques sistema de control.

Fuente: Los Autores

El empleo de los sensores en la tecnología, tanto en el ámbito industrial como doméstico, se ha vuelto usual la medición de magnitudes mecánicas, térmicas, eléctricas y químicas en sectores como industrias automatizadas, la robótica, la ingeniería experimental, el ahorro energético, el control ambiental, automóviles, electrodomésticos, computadoras, son tareas que serían impensables sin la aplicación de los sensores [5].

CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

El Controlador Lógico Programable (PLC), es un computador tipo industrial, consta de una CPU (Unidad central de procesamiento), interfaces de comunicación, puertos de salida y entrada que pueden ser de tipo digital o analógico;

Por medio de un "PLC" se puede controlar la lógica de funcionamiento de máquinas y plantas en procesos industriales, adicionalmente permiten realizar operaciones aritméticas y realizar control (PID) mediante el uso de señales analógicas [3].

Para interactuar con los PLCs en los procesos es necesario contar con interfaces maquina operador (HMI) o Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA), La principal ventaja de los PLC's es la flexibilidad de cambiar o modificar los programas sin costos adicionales, sin embargo, es necesario contar con personal calificado para su manejo.

Orellana (Pleurotus ostreatus)

El crecimiento del cultivo, figura 2, de la Orellana (Pleurotus spp.) se debe a su valor nutricional y fácil disponibilidad de los materiales utilizados para el sustrato. Su cultivo se desarrolla en tres Etapas [6].



Figura 2: Orellana Pleurotus Ostreatus

Fuente: Hernandez ricardo; Lopez Claudia. Trabajo de grado; Pontificia Universidad Javeriana

Fases para siembra (Etapa vegetativa)

La siembra se debe realizar en un lugar cerrado con suelo de cemento, aislado y debe estar desinfectado. Se divide en las siguientes fases:

Fase 1: Es la fase inicial y radica en la preparación del sustrato el cual contiene una mezcla de aserrín, cal, melaza y agua para humectar el sustrato,

Fase 2: Luego de tener lista la mezcla del sustrato se llenan unas bolsas con peso 2 kg aprox. Estas bolsas son de 30 cm x 80 m.

Fase 3: Esta fase consiste en eliminar los organismos perjudiciales (los microorganismos benéficos se mantienen) sometiendo las bolsas con el sustrato a temperatura superior de 80 grados centígrados durante 5 horas. Este proceso también es conocido como Esterilizado.

Fase 4: Finalizado el proceso de esterilizado se dejan reposar las bolsas por 3 horas, cuando el sustrato se encuentra a temperatura ambiente se procede a mezclarlo con la semilla; La semilla se debe distribuir lo más homogéneo posible. Para realizarlo se aplica la semilla mientras se va dando vueltas al sustrato

Fase 5: Terminando la siembra las bolsas se llevan al cuarto de incubación para ser aisladas a una temperatura entre 23 – 26°C con humedad relativa entre 90–100% durante tres semanas aprox. Tres días después de tener el sustrato en incubación, se deben realizar huecos a las bolsas, por allí se formarán las Orellanas; de no realizar los huecos se retrasarán o morirá el micelio del hongo. Pasadas las tres semanas, el micelio habrá invadido completamente la bolsa, una semana después se comenzará a ver una densificación del mismo en los huecos realizados. En este momento se inicia la etapa de fructificación con el fin de pasar de fase vegetativa a fase productiva.

Fructificación (Etapa Productiva)

Para determinar el momento correcto de fructificación, se debe observar una densificación del micelio en los huecos que se realizaron en las bolsas, Para el desarrollo de esta etapa productiva se debe reducir la temperatura de 23 – 26 °C a 18 – 20 °C, la humedad relativa 90 – 100 % a 85 – 90 %, Adicionalmente para que el cuerpo del hongo presente una correcta formación del cuerpo fructífero de la Orellana requiere de una cierta cantidad de luz. Se requiere aproximadamente de cuatro horas al día de luz emitida por una bombilla fluorescente [6].

Recolección

La Orellana estará lista para recogerse cuando el sombrero este compacto y sus orillas curvas hacia abajo. Las orellanas cosechadas deben ser refrigeradas inmediatamente con el fin de detener el proceso de deterioro del producto, como se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Variables por Etapa

	Esterilización	Siembra	Fructifi
Humedad Relativa	No aplica	90 – 100 %	80 – 90 %
Temp.	Mayor a 80 °C	23 – 27 °C	16 – 20 °C
Luz	No aplica	No aplica	4 Horas diarias aprox.

Fuente: Los Autores

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Las etapas para el desarrollo del proyecto se describen a continuación:

Selección de la instrumentación

Inicialmente se analiza la instrumentación que se usará en el sistema, como primera medida se revisa la variable temperatura, para la cual se tienen varias opciones.

Sensor de temperatura RTD PT100.

Detector de temperatura resistivo, como se observa en la figura 3, se basa en la variación de resistencia en función de la variación de temperatura. El sensor consiste en un alambre de platino que a 0°C su resistencia es 100 Ω y al aumentar la temperatura aumenta la resistencia según la siguiente ecuación (4)

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad (4)$$

Dónde:

R_t = resistencia en Ω (ohms) a t °C

t = temperatura actual

α = coeficiente de temperatura de la resistencia cuyo valor entre 0°C y 100°C es de 0,003850 $\Omega/\Omega/^\circ\text{C}$ en la escala Práctica de Temperaturas Internacionales (IPTS-68).



Figura 3. Sensor Temperatura RTD PT100
Fuente: Los Autores

Sensor de Temperatura LM35

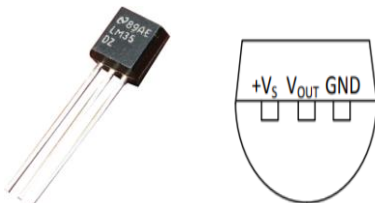


Figura 4. Sensor de Temperatura LM35
Fuente: Datasheet LM35

Sensor de temperatura analógico con una precisión calibrada de 1 °C, no requiere de circuitos adicionales para funcionar. Su rango de medición abarca desde -55 °C hasta 150 °C. Figura 4.

La salida es lineal y cada grado Celsius equivale a 10 mV.

Características

- Está calibrado directamente en grados Celsius.
- La tensión de salida es proporcional a la temperatura;
- Factor de escala lineal 10.0 mV/°C.
- Tiene una precisión garantizada de 0.5 °C a 25 °C.

- Baja impedancia de salida.
- Baja corriente de alimentación (60 μA).
- Bajo coste.
- Opera de 4-30 V

Sensor de Humedad Relativa HIH4001

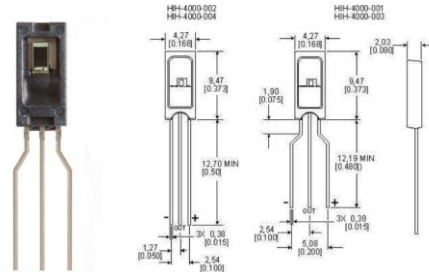


Figura 5. Sensor de Humedad Relativa HIH4001
Fuente: Datasheet HIH4001

El sensor de humedad relativa HIH4001 que se observa en la figura 5 presenta las siguientes características:

- La salida de voltaje casi lineal permite la entrada directa a un controlador u otro dispositivo.
- Con una corriente típica de solo 200 μA , la serie HIH-4000 es generalmente muy adecuada para sistemas a batería de bajo consumo.

Especificaciones técnicas Sensor Humedad relativa HIH4001.

A continuación, en la tabla 2, se presentan las especificaciones técnicas del sensor HIH4001.

Tabla 2. Especificaciones técnicas Sensor Humedad HIH4001

PARAMETROS	ESPECIFICACION
Temperatura de funcionamiento	De -40 °C a 85 °C (de -40 °F a 185 °F)
Histéresis	± 3 % HR
Señal de salida	Voltaje analógico
Tiempo de respuesta	15 s 1/e en aire de movimiento lento a 25 °C
Voltaje de alimentación	4.0 Vdc a 5.8 Vdc
Tipo cuerpo	2,54mm [0,100in] distancia entre los pines SIP
Corriente de alimentación	500 μA
Estabilidad a 50 % HR	± 1.2 % HR

Fuente: Datasheet HIH4001

Sensor de Luz LDR (Fotoresistencia)



Figura 6. Sensor de Luz (LDR)
Fuente: Datasheet

El funcionamiento del sensor LDR (Ligth Dependent Resistor) mostrado en la figura 6, consiste en la disminución de la resistencia con el aumento de intensidad de luz incidente.

El valor de resistencia eléctrica de un LDR es bajo cuando hay luz incidiendo en él (puede descender hasta 50 ohms) y muy alto cuando está a oscuras (varios megaohmios).

La variación del valor de la resistencia tiene cierto retardo diferente, dependiendo si se pasa de oscuro a iluminado o de iluminado a oscuro. Esto limita el uso los LDR en aplicaciones con variación rápida de la señal luminosa. Esta lentitud da ventaja en algunas aplicaciones, ya que se filtran variaciones rápidas de iluminación que podrían hacer inestable un sensor.

Sensor de Flama o Llama S-IR-FL



Figura 7. Sensor de Llama
Fuente: Los autores

El sensor de flama o llama de la figura 7, es un sensor infrarrojo que permite detectar la presencia de llama a ondas entre 760-1100nm. Estos dispositivos se ajustan a las longitudes de onda características de la aparición de la llama y normalmente combinan las señales ultravioletas y de infrarrojo.

Especificaciones:

- Sensible a ondas entre 760-1100nm
- Salida de señal Análoga
- Salida de señal Digital
- Permite ser ajustado por potenciómetro
- Rango de ángulo de detección: Alrededor de 60 grados
- Fuente de alimentación: 0-5 V DC

Programación PLC y HMI

La programación del control se realizó en el software TIA Portal de Siemens y la interfaz HMI se realizó en el software LABVIEW®; para que estos dos programas se comuniquen es necesario el uso de un puente llamado OPC Server.

OPC Server. "Es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos. Este estándar permite que diferentes fuentes de datos envíen datos a un mismo servidor OPC, al que a su vez podrán conectarse diferentes programas compatibles con dicho estándar. De este modo se elimina la necesidad de que todos los programas cuenten con drivers para dialogar con múltiples fuentes de datos, basta que tenga un driver OPC [7].

Para la programación del PLC se tiene los siguientes diagramas de flujo para cada variable:

Diagrama de flujo Proceso esterilizado

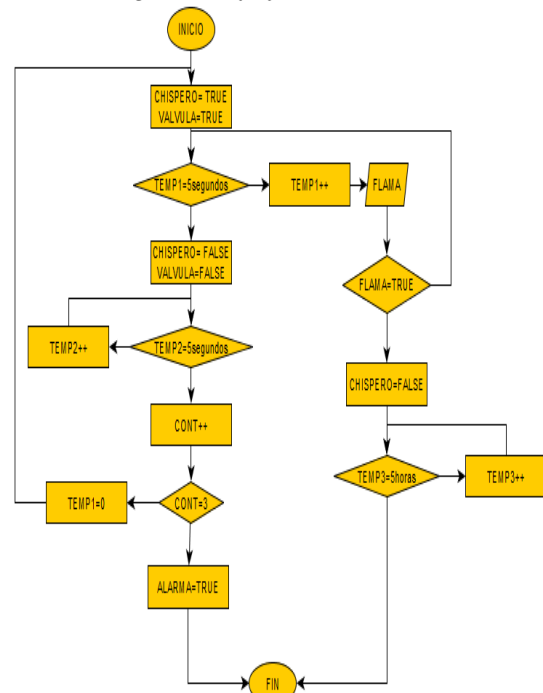


Figura 8. Diagrama de flujo Proceso esterilizado
Fuente: Los Autores

Diagrama de flujo Control de luces

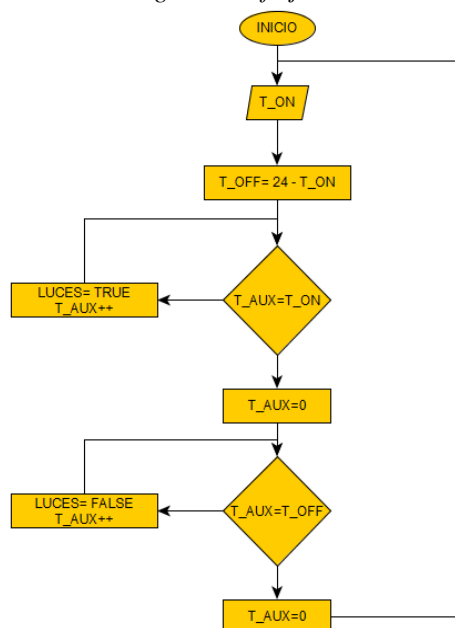


Figura 9. Diagrama de flujo Control de luces
Fuente: Los autores

Diagrama de flujo control Temperatura

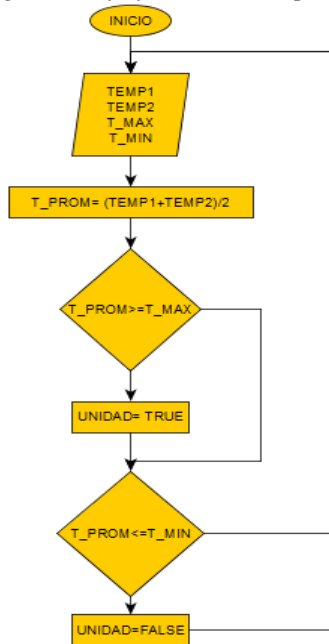


Figura 10. Diagrama de flujo control Temperatura
Fuente: Los autores

En las figuras 8, 9, 10 y 11 se presentan los diagramas de flujo correspondientes a los procesos de control del sistema propuesto, como esterilizado, control de luces, control de temperatura y humedad.

Diagrama de flujo Control de Humedad

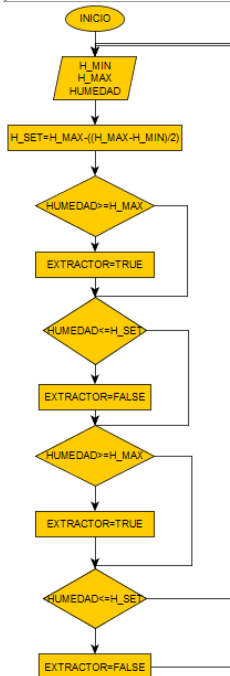


Figura 11. Diagrama de flujo Control de Humedad
Fuente: Los autores

Interfaz- HMI

La interfaz se desarrolló en el software LABVIEW® y se basa en cuatro pantallas de fácil manejo:

IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos con la implementación del control para el cultivo de Orellana se consolidan en la siguiente tabla 3

Tabla 3. Resultados obtenidos

Descripción	Proceso sin control	Proceso con control
Tiempo de Incubación	20 DIAS	15 DIAS
Tiempo de Fructificación	55 DIAS	45 DIAS
Peso de recolección	250 GRAMOS	350 GRAMOS
Control del color de la seta	NO	SI

Fuente: Fuente: Los Autores

Monitoreo del cultivo: en esta ventana se tiene el botón de encendido y apagado del proceso; Adicionalmente se registra los valores actuales de Temperatura y Humedad y se puede observar el estado encendido o Apagado de las luces, de la unidad refrigeradora, el humidificador, el extractor de humedad, y las respectivas gráficas en tiempo real de las variables. Ver figura 12.

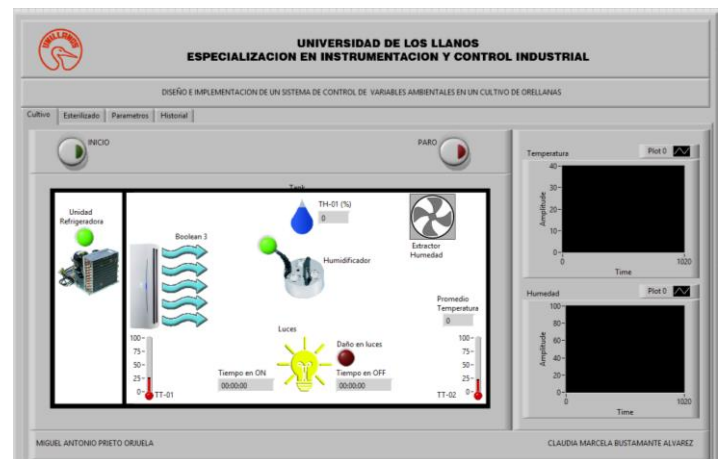


Figura 12. Pestaña monitoreo de cultivo
Fuente: Los Autores

Monitoreo Proceso de Esterilizado: En esta ventana (figura 13) se tiene el botón de encendido y apagado del proceso de esterilizado; Adicionalmente se registra los valores actuales de Temperatura y se puede observar el estado encendido o Apagado de la válvula, el chispero y

esta el indicador de alarma de gas la cual se presenta en caso que la válvula quede con paso y no se encienda el chispero.

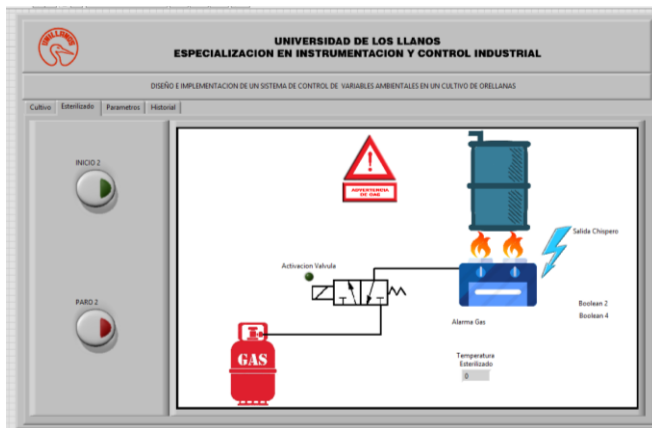


Figura 13. Pestaña monitoreo proceso de esterilizado
Fuente: Los Autores

Parámetros: En esta pestaña (figura 14) se configuran los parámetros con los que el usuario desea trabajar el cultivo, adicionalmente se selecciona el archivo donde se guardarán los datos registrado.

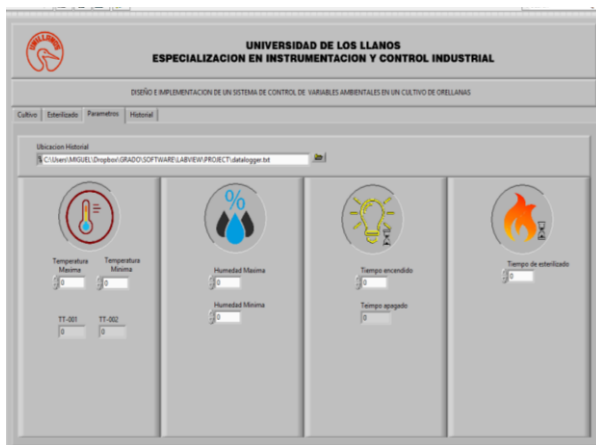


Figura 14. Pestaña monitoreo parámetros
Fuente: Los Autores

Historial: En la figura 15 se observa la pestaña en la que se puede graficar el historial registrado en el archivo.

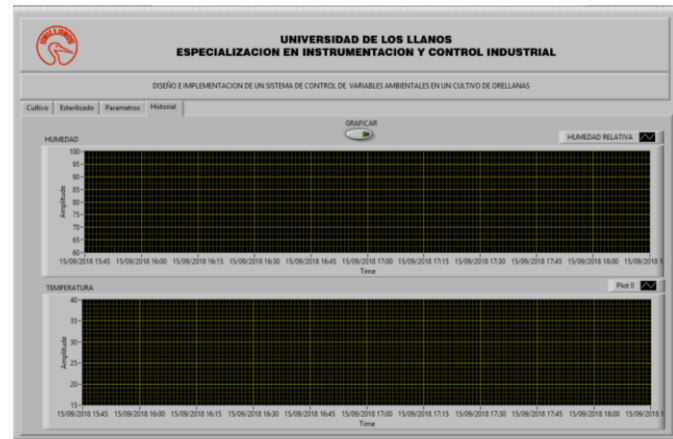


Figura 15. Pestaña Historial
Fuente: Los Autores

CONCLUSIONES

El diseño de control desarrollado es flexible a cualquier tipo de cultivo, ya que permite que el usuario configure los parámetros de trabajo.

La interfaz implementada es amigable con el usuario, por lo que no se requieren mayores conocimientos para su uso.

Con la implementación del control para el cultivo de Orellanas se logra una disminución del tiempo logrando una recolección del producto en el 75% del tiempo que se obtiene sin control.

El sistema implementado logra un aumento del 40% en el peso (cantidad) del producto recolectado en la siembra, lo que permite tener mayor cantidad de alimento para la población vulnerable.

Con la implementación del control se logra reducir la pérdida del producto provocada por la contaminación causada por factores ambientales ya que se reduce la necesidad de acceso al área de cultivo evitando ingreso de esporas.

El producto obtenido presenta una mejor calidad en forma, tamaño y color.

REFERENCIAS

[1] L. F. Cardona. Revisión: Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus sajor-caju* Revista Crónica Forestal y del medio ambiente, 2001.

[2] A. Creus, Instrumentación Industrial. Barcelona. Editorial Marcombo. Octava Edición, 2011. 594 p.

[3] R, Piedrafita. Ingeniería de la Automatización Industrial. México. Alfaomega. 2da. Edición ampliada y actualizada, 2010. pp. 59-80.

[4] V, Alfaro. Métodos de sintonización de controladores PID que operan como reguladores. Revista Ingeniería, 12(2), 21–36. <https://doi.org/10.15517/ring.v13i1-2.617>, 2011.

[5] R, Pallas. Sensores y Acondicionadores de Señal. Editorial Marcombo, Cuarta Edición, 2003. pp. 483.

[6] Y. Fernandez. Cultivo de orellas (pleurotus ostreatus) en cinco sustratos generados en los procesos productivos agropecuarios, en dos épocas de siembra, en el municipio de Ituango, 2014. Consultado en <https://repository.unad.edu.co/retrieve/5274/32559400.pdf>

[7] Servidor de comunicaciones; opc server ps/pss; manual de instrucciones. Consultado en: <http://docs.circutor.com/docs/M98222901-01.pdf>

[8] J. Acedo Instrumentación y Control Básico de Procesos. España. Ediciones Díaz de Santos, 2006. pp 353-370.

[9] B, Kuo. Sistema de Control Automático. 7ma edición. Prentice Hall. México, 2010. pp 665-714

[10] A, Morales. Instrumentación Básica de Procesos Industriales. México. International Society of Automation (ISA), 2010. pp 20-40.

[11] R, Hernandez, C, López; Trabajo de grado “Evaluación del crecimiento y producción de pleurotus ostreatus sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de cundinamarca; Pontificia Universidad Javeriana, 2008. Consultado en: <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis257.pdf>

[12] Cultivo de orellas (pleurotus ostreatus) en cinco sustratos generados en los procesos productivos agropecuarios, en dos épocas de siembra, en el municipio de Ituango. yanneth del socorro fernandez uribe (2014). <https://repository.unad.edu.co/retrieve/5274/32559400.pdf>