

Diseño e implementación de un prototipo de telecontrol de biodigestor de abono con interfaz web mediante uso de hardware y software libre

Paola Carolina Jordán Figueroa ⁽¹⁾

Adrian Patricio Elizalde Orellana ⁽²⁾

Marcos Efraín Millán Traverso ⁽³⁾

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

pcjordan@espol.edu.ec ⁽¹⁾

apelizal@espol.edu.ec ⁽²⁾

mmillan@fiec.espol.edu.ec ⁽³⁾

Resumen

En el Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador – CIBE, el área de Técnicas Agrícolas se encargan de la transferencia tecnológica de los resultados obtenidos en las investigaciones del centro hacia los agricultores del Ecuador, además de interactuar con estos para la solución de problemas de carácter productivo a nivel de campo. Un producto en específico es el Biol un tipo de abono orgánico para la fertilización de cultivos, que se lo desarrolla a partir de desechos agropecuarios y residuos sólidos urbanos, en la actualidad el centro cuenta con un biorreactor para realizar pruebas en entorno de laboratorio para la producción y mejora de Biol, este no cuenta con un mecanismo, tal como un página web que permita sistematizar y automatizar el sistema de producción del biofertilizante.

Es por ello que surge la necesidad de desarrollar un portal web con un prototipo de biodigestor de abono que incluya monitoreo del proceso a través de sensores permitiendo la adquisición constante de las variables indicadoras de calidad del producto. El prototipo también cuenta con un tablero de manejo local que cumple con la misma función que la página web.

Palabras Claves: biofertilizante, biodigestor, abono orgánico, monitoreo, página web.

Abstract

In the Biotechnology Research Center of Ecuador - CIBE, the area of Agricultural Techniques are responsible for the technology transfer of the results of the research center to the farmers of Ecuador, and interact with them to solve problems of productive nature at field level. Product specific Biol is a type of organic manure for fertilizing crops, which develops from agricultural waste and municipal solid waste, currently the center has a bioreactor for testing in laboratory environment for Biol production and improving, this does not have a mechanism, such as a web page that allows systematize and automate the production of bio-fertilizer system.

That is why the need to develop a web portal with a prototype manure digester including process monitoring through sensors allowing the constant acquisition of indicator variables of product quality arises. The prototype also has a local management board that fulfills the same function as web page.

Keywords: biofertilizer, digester, organic fertilizer, monitoring, web page.

1. Introducción

El presente proyecto tiene como finalidad realizar un prototipo para un biodigestor de desechos orgánicos para la producción de abono, un biodigestor se puede definir en su forma más simple como un envase hermético donde se deposita residuos orgánicos que mediante el

proceso de la fermentación anaeróbica produce abono orgánico para las plantas. Durante el proceso de fermentación de la mezcla se deben de medir constantemente parámetros indicadores tales como: pH, temperatura, conductividad eléctrica, cantidad de sólidos disueltos, salinidad los cuales nos permiten conocer si la mezcla se encuentra en óptimo rendimiento.

La característica innovadora es adaptar a este biodigestor sensores de pH, temperatura, conductividad eléctrica con los cuales obtenemos dichos parámetros indicadores que permitan un mejor control y manejo de la mezcla para optimizar de esta forma la producción de abono. Adicionalmente se desea crear una interfaz web en donde se muestra el estado del sistema a través del cual se realizará el telecontrol. El prototipo incorporará un panel para manejo local.

El beneficio que se presenta es una mayor producción de abono debido a que se mejorarán las etapas del proceso con el censo constante de los parámetros evitando así echar a perder la mezcla si no se capturan los datos en el tiempo correcto o si no se mantienen los parámetros en un rango de estabilidad.

2. Generalidades

2.1. Objetivos

- Diseñar e implementar un prototipo de un biodigestor para la producción de abono orgánico (Biol), en el cual se lleve un control constante a través de sensores y actuadores de las variables principales del proceso como temperatura, pH, conductividad eléctrica, total de sales disueltas, salinidad.
- Programar rutinas de software para el microcontrolador, que permita el manejo de sensores, motores, válvulas. Así como también un sistema de alarma mediante correo electrónico que notifique al usuario de cambios anormales en el proceso.
- Implementar una página web que permita el monitoreo remoto por internet de la actividad del biodigestor, permitiendo visualizar los parámetros más importantes del proceso, así como el estado de las válvulas on/off y del sistema de agitación.
- Comprobar el funcionamiento del sistema implementado mediante la operación manual/automática del biodigestor a través de la página web y un panel eléctrico local.

2.2. Antecedentes

En la actualidad el CIBE tiene establecidos seis líneas de investigación: Técnicas Agrícolas, Cultivo de Tejidos, Fitopatología – Microbiología, Bioproductos, Biología Molecular y Bioestadística – Bioinformática. Dentro del área de Técnicas Agrícola se estudia el desarrollo o transferencia de tecnologías novedosas y sostenibles para mejorar el rendimiento de cultivos. Uno de los tantos proyectos es la producción de un

biofertilizante llamado Biol con el cual se logra una mejor fertilización del suelo y consecuentemente un alto rendimiento en el crecimiento de la planta, el cual ha sido exitosamente aplicado en varias provincias de la zona costera del país (Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Guayas y El Oro) con resultados alentadores, proporcionando la fórmula del compuesto a los productores y que esta se pueda distribuir a los demás sectores agrícolas por medio de sus agricultores.

Con el biol se ha conseguido una inhibición total en ambiente de laboratorio, sin embargo en el campo la eficacia del Biol se reduce al 70% u 80%. Gracias a la aplicación del compuesto orgánico en las plantaciones se ha mejorado en promedio el 50% de la producción. [1]

3. Diseño e implementación del prototipo

3.1. Estructura del Prototipo

El diseño propuesto del prototipo del biodigestor de abono comprende dos escenarios principales: Hardware y Software.

Los componentes que forman parte de la estructura fueron elegidos en base a las características que más se ajustaban a los requerimientos planteado.

Se considera para el desarrollo del proyecto la utilización de hardware y Software libre en la medida de la posible.

3.2. Sistema de control del biodigestor

Considerando los requerimientos del sistema se decidió separar el diseño en varias etapas para tratar cada sección de manera independiente. Las etapas establecidas fueron las siguientes:



Figura 1. Etapas para el diseño del sistema de control

Etapa de adquisición de información, encargada de enviar la información a un control central a través de sensores.

Etapa de procesamiento y toma de decisiones, por medio de un controlador que recibe y procesa los datos obtenidos.

Etapa de salida, consta de sistemas de acople y potencia para activar los actuadores.

3.2.1. Etapa de adquisición de información

Los parámetros indicadores de calidad de la solución dentro del biodigestor se obtienen a través de sensores que en su mayoría son analógicos los cuales envían el valor medido en forma de voltaje. Para la facilidad del manejo de los sensores analógicos se emplean circuitos controladores que convierten las señales analógicas de voltaje en señales digitales con tipo de dato String.

Los Sensores usados son los siguientes:

- Temperatura: DS18B20
- pH: American Marine Pinpoint pH Probe.
- Conductividad Eléctrica: Conductivity Probe K 1.0.

Los sensores de pH y conductividad Eléctrica fueron manejados a través de los siguientes drivers: pH Circuit de Atlas Scientific y Conductivity Circuit respectivamente, mediante la programación correcta de estos circuitos a través de la tarjeta controladora se obtenían los datos de manera más eficaz.

3.2.2. Etapa de procesamiento y toma de decisiones

El controlador constituye el elemento fundamental del sistema de control, para la elección de este componente se consideró un sistema embebido que cuenta con un sistema operativo de código abierto y libre distribución. Se han analizado las características de varios sistemas similares dentro de los cuales se optó por trabajar con la BeagleBone Black debido a su alto nivel de procesamiento y su facilidad de manejo.

3.2.3. Etapa de Salida

Los actuadores son dispositivos que convierten magnitudes eléctricas en salidas que pueden provocar efectos sobre el proceso automatizado, con la orden de un controlador generan la señal para activar un elemento final de control. El tipo de actuador utilizado es el Eléctrico debido a su simplicidad, requiriendo solo de energía eléctrica como fuente de poder.

El proyecto consta de dos electroválvulas y de un sistema de agitación, los cuales pueden ser activadas dependiendo del estado en que se encuentra el sistema.

El sistema de agitación está formado por un motor y una estructura metálica de una barra cilíndrica acoplada por un lado a un ventilador que será el agitador y por el otro lado ajustado al motor logrando de esta

manera producir un movimiento constante homogéneo en toda la mezcla.

3.3. Interfaz Humano Máquina

La interfaz entre el sistema de control y el operador del biodigestor consta de dos escenarios, una página web y un pequeño panel eléctrico. El panel eléctrico gestiona las actividades del sistema de manera local a través de botones y presenta los datos por medio de una pantalla LCD. La página web se utiliza para la administración remota por medio de una conexión a internet en donde se muestran los datos y el estado de funcionamiento del biodigestor, tiene tres componentes principales, la página web como tal, una base de datos donde se registran las variables y se almacena los datos de los usuarios para establecer las sesiones y un archivo programado en lenguaje Python que enlaza la página web con la BeagleBone Black y la base de datos, cada sección se expone en los siguientes apartados.

3.3.1. Interfaz de página web

Para el diseño de la página web se utilizó el lenguaje HTML en conjunto con la hoja de estilos CSS consiguiendo de esta manera mostrar una página dinámica e interactiva con un mayor grado de presentación estructurada, además el diseño es adaptable a ciertas pantallas de dispositivos móviles, tablets, laptops. La página web consta de varias pantallas en las cuales el usuario puede encontrar información acerca de lo que trata el proyecto o contactar por medio de correo electrónico a los desarrolladores, adicional a las paginas informativas, hay una pantalla de inicio de sesión en donde los usuarios registrados ingresan su usuario y contraseña para luego dirigirse a una página que muestra el estado de trabajo y el valor de los sensores de la planta, como se observa en la Figura 2 se aprecian todos los componentes de diseño y cada una de las válvulas, sensores y motor.

En el lado derecho de la imagen se muestran los datos de todos los sensores instalados en el biodigestor, se utilizó la técnica AJAX para la actualización de los datos de forma periódica en tiempo real la cual es controlada por la BeagleBone por lo que cada vez que existe información nueva la BeagleBone envía dichos datos a la base de datos y esta actualiza cada una de las variables.

En el lado izquierdo de la imagen se muestran los botones on/off para accionar las válvulas de las soluciones tanto ácida como base, así como el botón de encendido del motor.

Los usuarios han sido categorizados en dos tipos, Administrador y Operario. Ambos pueden operar el sistema pero adicionalmente existe una opción de parámetros en la página en donde sólo los usuarios administradores pueden cambiar los rangos de valores máximos y mínimos de las variables.

Luego de que el servicio web se haya puesto en marcha para facilitar el acceso a través de los navegadores web se habilitó además un servidor DNS local maestro en la BeagleBone con el dominio "mibiodigestor.com". Para un escenario de producción se debería adquirir un dominio público o también utilizar los servicios gratuitos que se ofrecen en Internet, con lo cual se podría acceder a la interfaz desde cualquier punto.



Figura 2. Página web del proyecto.

3.3.2. Interfaz Local

Como se indicó anteriormente, esta parte consiste de un pequeño panel eléctrico para el cual se ha elegido una caja plástica electrónica, botones pulsadores para accionar las electroválvulas y el motor, un switch de balancín para habilitar el modo automático del sistema y una pantalla LCD modelo QC2004A de 20 caracteres y 4 líneas para presentar los datos de los sensores. Adicionalmente tiene una luz de neón piloto que se activará como alarma local cuando uno de los parámetros no se encuentre dentro del rango normal.

4. Resultados

En el presente apartado se muestra a través de imágenes las distintas funcionalidades del proyecto y como es el resultado final después de su diseño y construcción.



Figura 3. Prototipo final.

El tablero de administración local se observa en la Figura 4 en la cual se visualiza que en la pantalla de LCD se muestran los parámetros de medición de calidad de la mezcla, también se aprecia uno de los actuadores que es la luz piloto que nos indica si alguno de los parámetros está fuera del rango normal.



Figura 4. Tablero de Administración local Prototipo.

Lo que respecta a los sensores y los demás actuadores se pueden apreciar en la Figura 5 en la cual tenemos una vista superior del envase pudiendo observar el sensor de pH, conductividad eléctrica y de temperatura, adicionalmente también se distinguen las electroválvula y el sistema de agitación que principalmente lo forma el motor.



Figura 5. Vista Superior de Envase de Prototipo.

5. Conclusiones

- La implementación del prototipo tuvo resultados satisfactorios debido a que se pudo medir los parámetros indicadores de temperatura, pH, Conductividad Eléctrica tal como se había establecido.
- Los dispositivos seleccionados para la construcción del prototipo son los más adecuados de acuerdo a los requerimientos del proyecto.
- La página web ofrece una interfaz simple y amigable del sistema, permitiendo al usuario una administración más sencilla.
- Los modos de administración del sistema manual/automático facilitan el manejo para el usuario permitiendo realizar actividades tanto de pruebas como de mantenimiento.
- El manejo del sistema puede ser tanto local mediante el panel de botones y LCD como remoto mediante la página web.

6. Recomendaciones

- Fortalecer el sistema añadiéndole más sensores tales como Oxígeno Disuelto, Grados Brix, densidad para un control más eficaz del Biol.
- Buscar los implementos necesarios para adaptar el sistema en un ambiente de campo, por ejemplo considerar el uso de sensores industriales y motores y electroválvulas de mayor potencia.
- Generar reportes diarios de las mediciones obtenidas para tener una visión más general del desempeño del sistema.
- Para futuras implementaciones utilizar un software que sea orientado a ambientes de producción por ejemplo implementar un servidor web apache o similar. Además se recomienda adquirir un nombre de dominio para poder acceder a la página de una red externa.
- Tener precaución con la alimentación de los circuitos del hardware, cuidado con las sobretensiones, teniendo en cuenta que la mayoría de los implementos utilizados trabajan con voltaje de 3.3 V y 5 V.

7. Agradecimientos

Primeramente a Dios por darnos la fuerza y sabiduría necesaria para poder cumplir con todas las metas propuestas.

A nuestros padres por todo el apoyo incondicional por habernos brindado la mejor educación y enseñarnos que con esfuerzo, trabajo y constancia todo se consigue.

A nuestro Director el Ing. Marcos Millán quien ha desempeñado el arduo trabajo de transmitirnos sus diversos conocimientos,

especialmente de los temas relacionados con nuestra profesión.

A todos aquellos que han aportado con sus conocimientos y nos han proporcionado su ayuda para poder llevar a cabo la realización de este proyecto.

8. Referencias

- [1] El Universo, «El Universo,» 13 Diciembre 2014. [En línea]. Disponible: <http://www.eluniverso.com/noticias/2014/12/13/nota/4335416/politecnicos-aplicaran-mezcla-combatir-plaga-cacao>. [Último acceso: 20 Julio 2015].
- [2] C. L. Pérez, «Academia,» 28 Mayo 2015. [En línea]. Disponible: http://www.academia.edu/9681164/VALORIZACION_DEL_ESTI%89COL_DE_CERDO_A_TRAV%89S_DE_LA_PRODUCION_DE_BIOG%81S. [Último acceso: 20 Julio 2015].
- [3] E. V. J. Cuesta, «Repositorio ESPE,» 15 Septiembre 2011. [En línea]. Disponible: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4664/1/T-ESPE-IASA%20I-004573.pdf>. [Último acceso: 27 Julio 2015].
- [4] E. t. f. FASES., «GUÍA DE ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS FERMENTADOS,» 2007.
- [5] Hanna Instruments, «Hanna Instruments,» 01 Enero 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.hannainst.es/blog/conductividad-y-solidos-disueltos/>. [Último acceso: 30 Julio 2015].