

PROPUESTA DE UN PROTOTIPO MECATRÓNICO DE FERTIRRIEGO PARA EL CULTIVO DE LECHUGA POR HIDROPONÍA

Áreas Técnicas: Automatización, Monitoreo y Control de Procesos

Alonso Montes Javier, Hernández Vega José Isidro, Sánchez Cuevas Jonam Leonel, Ramírez Sosa Moran Marco Iván

Instituto Tecnológico de Nuevo León

Posgrado en Ingeniería Mecatrónica, División de Estudios de Posgrado e Investigación

Ave. Eloy Cavazos 2001, Col. Tolteca, Guadalupe, N.L. C.P. 67170, México

alonso_javier1990@hotmail.com, jose.isidro.hernandez@itnl.edu.mx, jonam.leonel.sanchez@itnl.edu.mx,
marco.ivan.ramirezrosa@itnl.edu.mx

RESUMEN

Se presenta el diseño de un prototipo mecatrónico con la finalidad de automatizar el fertirriego para cultivos por hidroponía, cada una de las partes del prototipo son diseñadas en Solidworks como una herramienta de modelado mecánico en 3D. La propuesta consta de tres contenedores, el primero sirve para almacenar el agua, el segundo es donde se realiza la mezcla de la solución nutritiva, mediante dispositivos que se diseñaron tal como un inyector que permitirá suministrar los nutrientes en cantidades necesarias, un dispositivo para controlar el pH y conductividad de la solución nutritiva, contiene un sistema de control del tipo On-Off que permite la ejecución de distribución del agua del primer tanque hacia el segundo para obtener la solución nutritiva. Un tercero almacenará la solución nutritiva para el cultivo y su distribución. Cuenta el prototipo con una línea de salida para auto limpieza del contenido residual de la mezcla anteriormente preparada.

Palabras clave: control On-Off, cultivos por hidroponía, fertirriego.

ABSTRACT

In this work, we are presenting a mechatronic prototype in order to automate the fertigation for hydroponic crop production; each part of this prototype is designed in Solidworks software as a solid modeling CAD tool. The proposal includes three containers, the first container for storing water, the second container is where the mixture of the nutrient solution is performed by designed devices as an injection system which will supply nutrients in specific amounts, a device to control the PH and conductivity of the nutrient solution, moreover it has a On-Off control system which allows the execution of the first water distribution to the second tank for the nutrient solution. A third tank will store the nutrient solution for the distribution on the crop production. The prototype has an auto cleaning system for the residual content of the prepared mixture mentioned above.

Keywords: fertigation, hydroponic, On-Off control.

1. INTRODUCCIÓN

El campo mexicano en los últimos años ha sufrido de sequías presentes en el noreste de México, en donde se clasifican dependiendo de su intensidad anormalmente seco con un 39.26%, sequía moderada con 44.68%, sequía severa con un 15.38% y sequía extrema con un 0.04% [1]. Una de las problemáticas a las que se enfrenta el campo mexicano es la falta de agua debido al cambio climático y la época de sequía así como la falta de tecnología entre otras problemáticas.

Se han hecho esfuerzos por mejorar los cultivos mediante el control y monitoreo de variables de crecimiento como la humedad del suelo, temperatura ambiente, pH y conductividad como los presentados en los estudios San Miguel Martín C.[2], Pfischer, L.L., Bernardon, D.P., Kopp, L.M., Ferrei-ra, A.A.B., Heckler, M.V.T., Thome, B.A., and Fagundes, D.R.[3], Muñoz, P., Buitrago, J., Arboleda, A., Cortes, O., Sanchez, A. and Zapata, C.[4], los cuales combinan el monitoreo de variables críticas con sistemas de riego que fortalezcan el crecimiento de los cultivos obteniendo un desarrollo más saludable en ellos y por consecuencia productos de mejor calidad.

La hidroponía es una tecnología para desarrollar plantas en solución nutritiva (agua y fertilizantes) con o sin el uso de un medio artificial (arena, grava, etc.) [5]. La hidroponía en los últimos años ha demostrado ser una técnica eficiente para la producción de hortalizas; no obstante su penetración en México ha sido lenta [6]. La necesidad de incrementar la producción agrícola de México ha llevado a considerar como opción tecnológica el uso de sistemas de producción intensivo y de menos riesgo como la hidroponía y los invernaderos [7].

Además la hidroponía permite cultivar en terrenos poco fértiles, en cultivo de dimensiones menores e incluso en casas, donde las personas que no se

hayan dedicado a la agricultura puedan cultivar hortalizas con buenos resultados para su consumo. Se han encontrado sistemas de fertirriego que ofrecen aplicación de los nutrientes al agua cuya característica es la inyección de fertilizantes por bombas de paletas rotativas [8]. La problemática detectada para una automatización del fertirriego es la obtención de una solución nutritiva con los requerimientos de pH y conductividad adecuada para el cultivo, su preparación en condiciones de limpieza en tanques de almacenamiento, limpieza en tuberías que de no hacerlo provoca el desbalance de la solución nutritiva, sistema de fertirriego flexibles y portables en su implementación y que estos cuenten con consumo de energía bajo.

2. DESARROLLO

2.1. Diseño de dispositivo de suministro de nutrientes

Para almacenar los nutrientes se diseñó un contenedor que proporciona la cantidad adecuada de nutrientes para la solución a preparar, el diseño consiste en una contenedor primario que se muestra en la figura 1, este cuenta con un sensor de peso en la parte inferior que permite saber la cantidad del nutriente disponible, contiene un embudo cuya función es guiar el nutriente hasta otro contenedor evitando así que este pueda tirarse, además cuenta con una guía en forma de escuadra la cual esta empotrada dentro del contenedor permitiendo que el contenedor secundario pueda desplazarse por la misma.

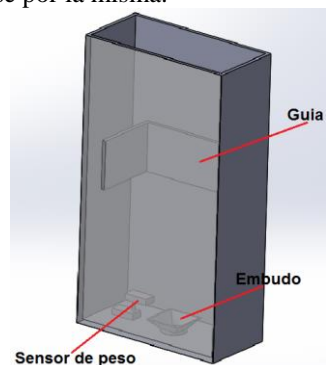


Figura 1. Contenedor primario

La siguiente parte que conforma el dispositivo de suministro de nutrientes es el contenedor secundario mostrado en la figura 2 el cual consiste en un embudo que guía el nutriente mediante un mecanismo que permite suministrarlo al tanque de mezclado.

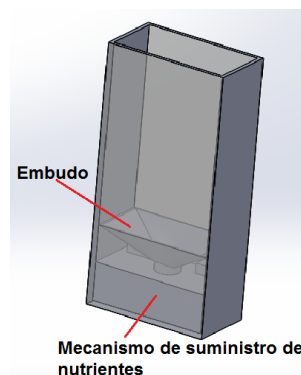


Figura 2. Dispositivo secundario

El mecanismo de suministro de nutrientes mostrado en la figura 3 permite suministrarle la cantidad de nutriente que requiera el sistema.

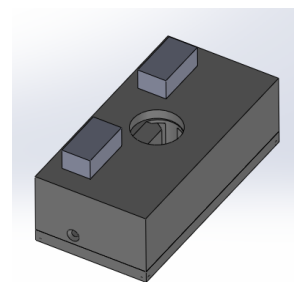


Figura 3. Mecanismo de suministro de nutrientes

Por medio de un mecanismo integrado que cuenta con dos servomotores y respectivos engranes al estar en contacto con la cremallera permiten mover las compuertas y así la apertura o el cierre de la misma, permitiendo el paso del nutriente, en la figura 4 se observa la parte interna del mecanismo.

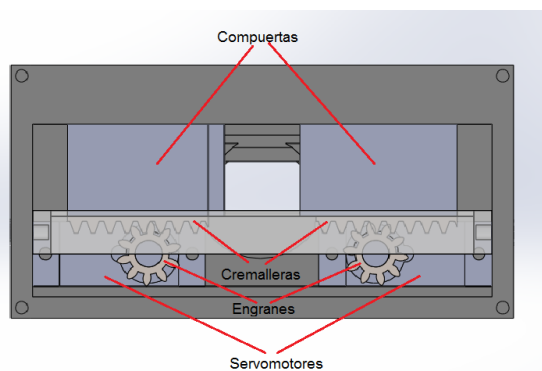


Figura 4. Parte interna del mecanismo de suministro de nutrientes

2.2. Sensor de nivel ultrasónico

Para la medición del nivel de agua en los tanques de almacenamiento, mezcladora y de la solución nutritiva se utilizaron sensores ultrasónicos para medir el nivel de agua, los cuales evitan el contacto con el agua en comparación con los sensores de nivel tradicionales, ejemplo de ellos son los sensores que funcionan por electrodos, en consecuencia estos empiezan a adquirir bacterias y empiezan a producir oxido el cual puede provocar alteraciones en el agua y en la solución nutritiva ya preparada, así como los sensores de contacto vertical y horizontal los cuales detectan el cambio con respecto a la presencia de agua por medio de un interruptor que es empujado por el agua, otro tipo de sensor de nivel de agua que se utiliza son los sensores basados en flotadores los cuales permiten medir el nivel de agua del contenedor permitiendo el paso o no del agua, todos los sensores de nivel mencionados anteriormente pueden almacenar residuos en sus partes internas y desbalancear la solución nutritiva que se va a realizar, otro consecuencia de utilizar estos tipos de sensores de nivel son las lecturas erróneas que se pueden obtener y fallas del dispositivo por el contacto con el agua. En la figura 5 se muestra el diseño de la carcasa en donde está colocado el sensor de nivel ultrasónico permitiendo su protección.

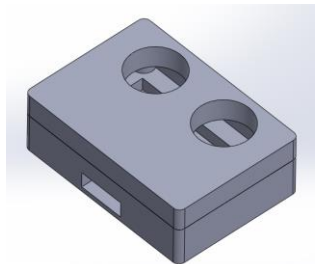


Figura 5. Carcasa del sensor de nivel ultrasónico

2.3. Dispositivo de control de pH y conductividad de solución nutritiva

Se diseñó un mecanismo en el cual el sistema puede controlar el pH y la conductividad de la solución nutritiva mostrado en la figura 6. En la parte del centro de la figura se observa un cartucho de forma cilíndrica el cual contiene la sustancia que permite regular el pH y la conductividad de la solución previamente preparada por el sistema

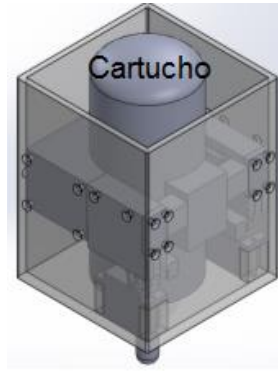


Figura 6. Dispositivo de control de pH y conductividad de la solución nutritiva.

Este dispositivo está conformado a través de componentes internos los cuales forman un mecanismo para el control de suministro de la sustancia.

En la figura 7 se observa este mecanismo que permite que el sistema pueda controlar la cantidad de sustancia que se ingresara a la solución nutritiva, este dispositivo está conformado por dos servomotores que generan una presión al cartucho con la sustancia a través de unos engranes que mueven las escuadras de ambos lados y estos tienen movimiento a través de la guía, permitiendo así el desplazamiento de las mismas, las escuadras están conectadas a una base lo que permite ejercer fuerza sobre el cartucho. Para la detección de cuanta presión se va a ejercer sobre el cartucho que tiene la sustancia que controla el pH y la conductividad de la solución nutritiva se coloca en la base un sensor de fuerza, este mostrara cuanta presión se está ejerciendo sobre el cartucho permitiendo así que el sistema controle la cantidad de sustancia que se ingresara a la solución nutritiva para su corrección de pH y conductividad.

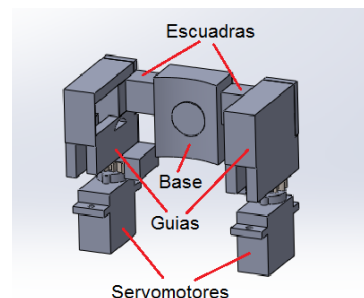


Figura 7. Mecanismo de control de suministro de sustancia

En las guías se observa una pequeña muesca la cual sirve para realizar una lubricación de las escuadras permitiendo el movimiento de las mismas, así mismo una extensión de la base de la guía permite que las escuadras tengan un mejor soporte y estabilidad.

En la figura 8 se muestra la escuadra la cual se diseñó para que el dispositivo sea lo más compacto posible. En donde se conecta la base con la escuadra se tienen dos cilindros que permiten un mayor soporte cuando se ejerza fuerza sobre ella al momento de oprimir el cartucho con la sustancia, la forma de “L” en la parte superior de la escuadra permite utilizar eficientemente el espacio del dispositivo de control de pH y conductividad de la solución nutritiva

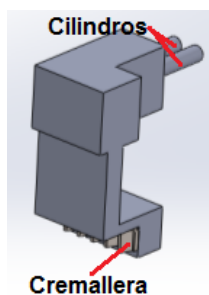


Figura 8. Escuadra

En la parte inferior se observa la cremallera la cual permite el movimiento de la escuadra a través de la interacción con el servomotor y el engrane.

2.4. Base para los sensores de pH y conductividad

Para la detección de la alcalinidad o acidez y salinidad de la solución nutritiva se utilizaron dos sensores: el sensor de pH para detectar la alcalinidad o acidez y el de conductividad para detectar la salinidad de la solución nutritiva. En la figura 9 se observa la base para los sensores de pH y conductividad esta se divide en dos piezas las cuales permiten sostener los dos sensores de la parte superior e inferior, esta base permitirá el nulo movimiento de estos por causa del funcionamiento del motor.

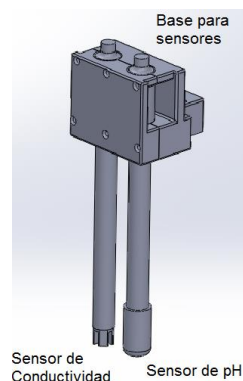


Figura 9. Base para sensores.

En la parte interna de la base como se muestra en la figura 10 los sensores de pH y conductividad se colocaron unos empaques de plástico debido a que el sensor de pH está fabricado de un material delicado, permitiendo así su protección.

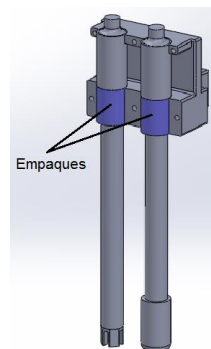


Figura 10. Parte interna de la base para sensores

2.5. Mecanismo de mezclado y recolección de nutriente

En la figura 11 se presenta el mecanismo de mezclado y recolección de nutriente, este es el que efectúa el proceso en el tanque de mezclado, en donde el contenedor de nutriente recibe el material del mecanismo de suministro de nutrientes, en la base tiene una inclinación de 40° el cual permite el fácil suministro de desahogo del material contenido.

Esta base está unida con una varilla enroscada por medio de una tuerca que permite el fácil movimiento de la base del contenedor de nutriente por la varilla, se conecta con un motor a pasos, este mecanismo permite desmontar la base del contenedor de nutriente de manera flexible para su mantenimiento. La varilla enroscada permite girar la tuerca que está en la base del contenedor de

nutriente y junto con el motor a pasos genera el movimiento para la mezcla, el contenedor de nutriente tiene una capacidad de almacenamiento de 300g, donde esta es la cantidad adecuada para preparar 20 Litros de solución nutritiva.

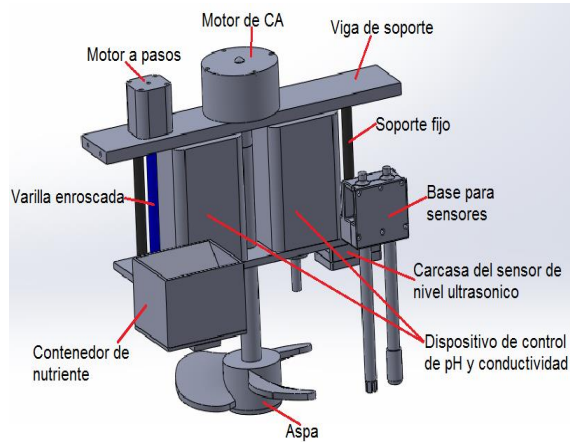


Figura 11. Mecanismo de mezclado y recolección de nutriente

En la parte inferior se encuentra una aspa el cual es movido por medio de un motor de CA a través de un eje, esta aspa está cerca de la parte profunda del tanque de mezclado permitiendo que este pueda mezclar completamente el nutriente con el agua y así obtener la solución nutritiva, en esta se localiza la carcasa del sensor de nivel ultrasónico para medir el nivel de agua en el tanque de mezclado, en la parte del centro se localiza los dispositivos de control de pH y conductividad y en la parte superior está el motor a pasos y el motor de CA todo esto empotrado en una viga la cual está fijado en el tanque de mezclado.

2.6. Tanque de mezclado

En la figura 12 se observa el tanque de mezclado en el cual se realizara la mezcla del nutriente con el agua para obtener la solución nutritiva, se observa todos los mecanismos y dispositivos mencionados anteriormente en este artículo, así como una pantalla en el cual se visualiza el proceso que está efectuando el sistema como por ejemplo el estado del suministro presente en el dispositivo contenedor de nutrientes en tiempo real, también el estado de los componentes como electroválvulas, motor a pasos, sensores de nivel, motor de C.A, bomba de agua y sensores de peso.

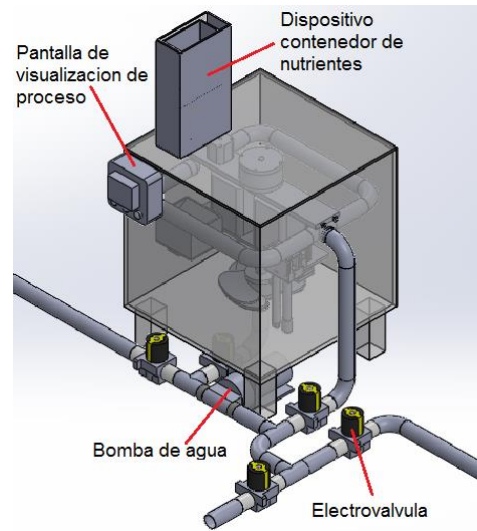


Figura 12. Tanque de mezclado

Esta pantalla también muestra el nivel de agua de los demás tanques así como el estado de nivel de la solución nutritiva previamente preparada por el tanque mezclador contenido en otro tanque, otra funcionalidad que tiene la pantalla es mostrar el tipo de planta que se está trabajando en este caso lechuga mostrando así el pH y la conductividad que tiene que tener la solución nutritiva.

Este tanque de mezclado tiene tres funciones de distribución de líquidos, la primera es el llenado de agua de este, contenido en el tanque de almacenamiento de agua, el segundo es la auto limpieza del tanque de mezclado por medio de la tubería que esta perforada en la parte inferior, esta se encuentra en la parte interna del tanque de mezclado permitiendo limpiar las paredes de la solución nutritiva o alguna sustancia ajena a la preparación y se utiliza también para el llenado del tanque de mezclado.

Después de estar limpiando las paredes del tanque de mezclado eventualmente se comenzara a llenar el tanque después de que se llene a un nivel considerable por el sistema este activara el aspa el cual permitirá quitar completamente los residuos que queden en el fondo del tanque de almacenamiento después de esto abre las electroválvulas para conducir el agua residual del nutriente hasta una salida la cual es llamada purga este se mantiene abierta la electroválvula hasta que se termina el agua residual cerrándose, este proceso se repite dos veces más permitiendo así la limpieza de los conductos y el tanque de mezclado.

La tercera función es el llenado del tanque que contendrá la solución nutritiva en el cual el tanque de mezclado envía a través de la red de tuberías conducida por las electroválvulas hasta este. Para el uso eficiente de la energía y para el ahorro de espacio se utilizó una sola bomba la cual servirá de distribución del agua, la solución nutritiva y del agua residual del nutriente.

2.7 Proyección del prototipo mecatrónico de fertirriego

En la figura 13 se observa el prototipo mecatrónico de fertirriego con todos los dispositivos y mecanismos.

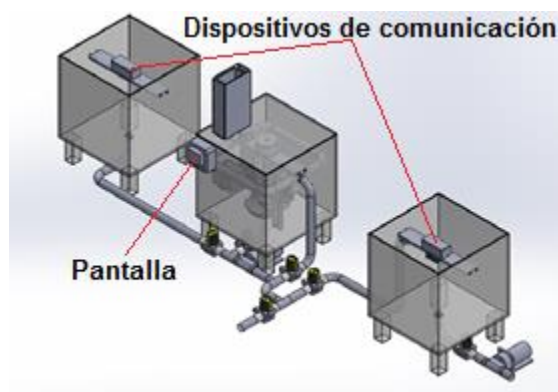


Figura 13. Prototipo mecatrónico de fertirriego

El diseño propuesto está constituido por el contenedor de agua ubicado en la parte izquierda, el tanque de mezclado ubicado en la parte central y el de almacenamiento de la solución nutritiva ubicado en la parte derecha, los tanques se diseñaron de esta forma debido al mecanismo propuesto para el tanque que suministrara automáticamente los nutrientes al agua en donde se busca que el mecanismo sea de fácil transportación, ligeros así como la utilización eficiente de la energía.

Cada contenedor tiene un dispositivo inalámbrico el cual recopilara la información del estado del nivel de agua y esta información es recibida y mostrada por la pantalla, para el manejo de las electroválvulas se está utilizando un control On-Off para realizar las operaciones de la distribución de los fluidos así para la lectura de los sensores, los mecanismos de control de los mismos y el control de la cantidad de la nutriente que se ingresa al tanque para la preparación de la solución nutritiva se está utilizando algoritmos para su control.

CONCLUSIÓN

Lo que se busca en esta propuesta es tener un prototipo en el que se realice de forma automática una solución nutritiva con el pH y la conductividad con respecto a los requerimientos del estudio de prueba en este caso de lechuga, la preparación de la solución de manera limpia sin residuos en el contenedor o en las tuberías, así como la detección de fallas de algún componente del prototipo, reduciendo así las pérdidas en el cultivo, se tendrán beneficio para la producción de hortalizas en hidroponía mejorando así las condiciones de desarrollo de las mismas.

2.8 Referencia

- [1] CONAGUA, "Informe sobre el monitor de sequía en México", disponible: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=20&Itemid=74, sitio visitado Diciembre 12, 2014.
- [2] San Miguel Martín C. "Diseño y desarrollo de un sistema de monitorización y control para invernadero de uso doméstico", Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones, Universidad de Cantabria, 2012, pag. 1-10.
- [3] Pfischer, L.L., Bernardon, D.P., Kopp, L.M., Ferrei-ra, A.A.B., Heckler, M.V.T., Thome, B.A., and Fagundes, D.R. "An automated irrigation system for rice cropping with remote supervision", In Power Engineering, Energy and Electrical Drives (POWERENG), International Conference on. IEEE, Mayo 2011, pag. 1-6.
- [4] Muñoz, P., Buitrago, J., Arboleda, A., Cortes, O., Sanchez, A. and Zapata, C. "Sistema de instrumentación y monitoreo para el invernadero la Aldana de la universidad del Quindío", Scientia et Technica, vol. 3, 2011, pag. 219-225.
- [5] Herrera, A.L. "Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía", Terra, vol. 17, 1999, pag. 221-229.
- [6] Longar Blanco, M.D.P., Pérez Hernández, M.D.P.M., and Ríos Martínez, E. "El estado de técnica de la hidroponía". Revista mexicana de ciencias agrícolas, Vol. 4, 2013, pag. 803-809.
- [7] Sánchez-Del Castillo, F., and Ponce-Ocampo, J. "Densidad de plantación y nivel de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivada en hidroponía". Revista Chapingo Serie Horticultura, Vol. 4, 1998, pag. 89-93.
- [8] P.P Miguel Angel, H.S Federico and Y.T José Antonio. "Inyección de fertilizante con bombas de paletas y control por conductividad eléctrica en soluciones madre para fertirriego", Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 19, 2010, pag. 35-42.