

ROBOT MOVIL TERRESTRE PARA LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS EN INVERNADEROS CONTROLADOS

José Luis Borja Padilla

Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, rg_uru@hotmail.com

Renato Cornejo Orosco

Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, corg24@hotmail.com

Walter Meza Silvera

Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, ronald.mezasilvera@hotmail.com

RESUMEN

En la mayoría de los casos, un pequeño robot agrícola sería ineficaz en la realización de trabajos agrícolas, ya que a menudo requieren una gran cantidad de materiales, ya sea para poner en el suelo, tales como semillas o fertilizantes, o tomar en el campo durante la cosecha. Pero cuando se trata solo de pulverizar los fertilizantes, un robot más pequeño es ideal, ya que es más suave en los cultivos, sino también al suelo. Esto es debido al menor peso en comparación con un tractor, causando mucha menor compactación del suelo. Por ende, El uso de una plataforma móvil automática está siendo desarrollado para apoyar las tareas agrícolas precisas. El desarrollo de la plataforma móvil automatizada puede dividirse en varios componentes, a saber, de dirección, sistemas de detección, de control de flujo y sistema de seguridad. El desarrollo de cada sistema incluye modificaciones en hardware, y el diseño de software apropiado para conducir los sistemas de forma automática.

Palabras claves: Automatización, Producción, Agro-robots.

INTRODUCCION

En la actualidad el avance de la tecnología han permitido nuevos métodos innovadoras en el campo de la agricultura, específicamente en la agricultura desarrollada dentro de invernaderos. Estos han sido generalmente diseñados para la protección de plantas que se cosechan fuera de estación o no, las cuales no pueden soportar bajas temperaturas o congelamiento, protegiéndolas particularmente del excesivo calor o frío.

La función principal de un invernadero es la de recrear las condiciones más apropiadas para dar vida y generar la reproducción de

plantas de cualquier propósito, ya sean comestibles como frutales y verduras, con fines medicinales o de ornato. Sin embargo, los trabajadores de invernaderos están expuestos a las condiciones fisicoquímicas anteriormente citadas, pudiendo afectar su salud. Se muestra un sembrío en la Figura 1.



Figura 1. Terreno de Desplazamiento

Cabe hacer notar que el CO₂ puede incrementarse fácilmente dentro de un invernadero, con el consecuente riesgo para los humanos. Además, la temperatura durante el día puede ser elevada dentro de un invernadero (frecuentemente más de 30 °C), por lo tanto incómoda para alguien que usa el equipo de protección al realizar su trabajo.

En este aspecto el uso de la automatización de las tareas realizadas dentro de un invernadero, utilizando un robot móvil, es una opción viable para evitar los problemas anteriores, y si no eliminar por lo menos disminuir un gran porcentaje los riesgos y condiciones no adecuadas para el personal que labora en invernaderos de manera continua. El uso de esta tecnología traería grandes beneficios al sector agrícola, ya que además de la reducción de riesgos en los trabajadores, podríamos optimizar los procesos de los cultivos, con esto reduciríamos costos y mejoraríamos la

calidad del producto. En la Figura 2 se muestra el proceso de fumigación en un invernadero.



Figura 2. Fumigación de Invernaderos

A lo largo de los últimos 50 años hemos visto el gran auge de la maquinaria agrícola que ha tenido como finalidad principal la automatización de aquellas tareas que implican para el operador humano un mayor riesgo o fatiga, y en consecuencia un aumento de la precisión. Por ejemplo, en el caso de cultivos en invernadero, la automatización evita la exposición prolongada de los operarios a las altas temperaturas que alcanzan los recintos de plástico que protegen los cultivos. Así mismo la automatización permite disminuir los costes de operación, ya que con técnicas más precisas se reduce el uso de los recursos: energía, trabajo, semillas, fertilizantes y agroquímicos.

II. Marco Teórico

2.1. Descripción de Sistemas Agrícolas

2.1.1. Riego: El riego consiste en aportar agua al suelo para que los vegetales tengan el suministro que necesitan (alimento) favoreciendo así su crecimiento, mientras que el fertilizante es una sustancia o mezcla química natural o sintética utilizada para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal. Se busca tener un equilibrio en el riego y la fertilización para que haya un ahorro de agua y la planta tenga un crecimiento óptimo.

En la mayor parte de los cultivos hortícolas se utiliza el riego como técnica habitual para conseguir la máxima producción. Existen varios sistemas de riego: el riego tradicional por gravedad, ya sea por desbordamiento, por

inundación (a manta) o por surcos; el riego por aspersión, mediante sistemas fijos, semifijos y móviles, y el riego localizado (por goteo).

2.1.2. Fertirrigación: El término se usa desde 1983, referido a la técnica de aplicar fertilizantes con el agua del riego o, en concreto, el riego con soluciones nutritivas. Según algunos autores, la fertirrigación es el método más racional de que disponen ciertos países para realizar una fertilización automatizada respetando el medio ambiente. Su aplicación destaca en los cultivos hortícolas.

Fertilizante es una sustancia o mezcla química natural o sintética utilizada para nutrir el suelo y favorecer el crecimiento de la planta de forma natural.

2.1.3. Robot Móvil Agrícola Existen tareas agrícolas susceptibles de automatización por tratarse, por ejemplo, de labores altamente repetitivas, tediosas y arduas, como es el laboreo en grandes extensiones de terreno. En este caso el beneficio de la automatización se plasma en un aumento de la producción ya que la concentración del operador en la tarea repetitiva se desplaza a otras labores.

2.2. Diseño

2.2.1. Estructura Mecánica

En base a los objetivos que se desea alcanzar, la base o plataforma del prototipo del robot móvil debería de ser una aleación de aluminio resistente a esfuerzos mecánicos, reacciones químicas que pueda tener con el medio ambiente, y por su bajo peso para evitar alto consumo de energía. Usaremos 4 llantas, 2 que van en la parte posterior que son de mayor tamaño para poder llevar toda la carga del robot. Se muestra en la Figura 3, la estructura mecánica del móvil en Solidworks.

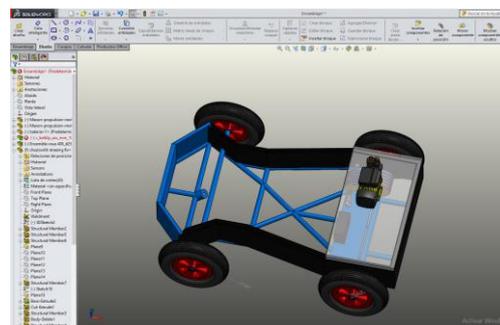


Figura 3. Esquema mecánico en Solidwork (chasis)

Además para esparcir los agroquímicos deberíamos de usar tubos PVC, además de esto un contenedor de los químicos que está alejada de la parte eléctrica, esta puede ser de un material plástico anti fugas.

Además que debemos adaptar piezas para conectar el motor al eje del móvil, estas vienen a ser cadenas catalina y piñón, lo cual se puede apreciar en la Figura 4.



Figura 4. Estructura mecánica (chasis)

2.2.2. Estructura Electrónica

Motor de Corriente Directa: Es una máquina que convierte la energía eléctrica en movimiento, o trabajo mecánico a través de medios electromagnéticos.

Para poder escoger los motores ideales debemos de calcular el torque necesario para mover la masa del móvil. Los cuales fueron ubicados de acuerdo a la Figura 5.



Figura 5. Estructura mecánica interna (motores)

Servomotor: Dispositivo que tiene eje de rendimiento controlado. Este puede ser

llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. Estos son usados para los giros de los ejes del móvil.

Batería: Dispositivo que almacena energía eléctrica, que es usada para el funcionamiento de todas las partes eléctricas del sistema. Los más usados son de tres tipos diferentes: batería de NiCd (Níquel-Cadmio), batería de NiMH (Níquel-Hidruro Metálico) y la batería LiPo (Litio-Polímero).

Una gran desventaja es que requieren trato mucho más delicados, con el riesgo de deteriorarlas irreversiblemente. En la figura 6 se muestra una de las baterías utilizadas.



Figura 6. Batería de 12V, 7 AH.

Sensores: Son dispositivos que permiten al robot interactuar con el entorno, para conocer el lugar donde se encuentran, a qué condiciones físicas se enfrentan, donde están los objetos con los que debe interactuar, sus parámetros físicos, etc.

Para esto se utilizan diversos tipos de sensores, que perciben magnitudes físicas y la transforman en un valor eléctrico, que sea posible introducir al circuito de control, de modo que el robot sea capaz de cuantificarla y reaccionar en consecuencia

Bomba Centrifuga: Son máquinas capaces de proporcionar energía a los fluidos. Estos se mueven en respuesta a una gradiente de energía, y el movimiento provoca el decremento de la energía total. En el mercado existe gran cantidad de bomba disponible, cada una diseñada para una aplicación. Las más usadas en la agricultura son las centrifugas, la cual se muestra en la Figura 5.

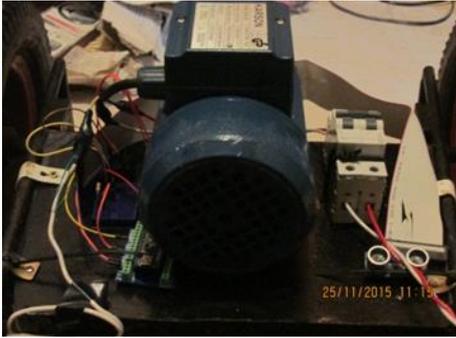


Figura 5. Bomba centrífuga

Control Rf: Dispositivo usado para la manipulación de los motores del chasis (para que avance y retroceda) y para controlar los servomotores (para la dirección izquierda o derecha).

Este está dividido en dos:

Transmisor: el cuál es el control mismo que actúa como Tx transmisor para el robot, el cual se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Control Rf (interior y terminado)

Receptor: parte del robot donde recibe las señales del transmisor en el cual al transmitir una orden este las recibe y las procesa. Las señales de ambos son transmitidas y recibidas mediante una antena (alambre de cobre), la cual se muestra en la Figura 7.

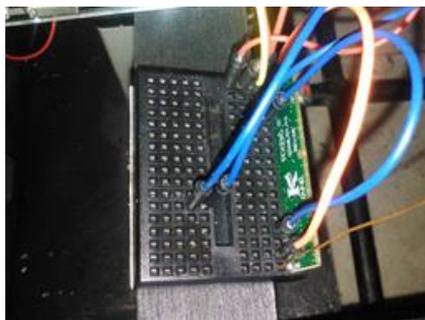


Figura 7. Conexión del receptor (dentro del chasis)

Programación: se puede observar la programación que se ha utilizado para los controles, se utilizó el software libre del Arduino. Se muestra en la Figura 8, los algoritmos desarrollados para la transmisión y la recepción de señales.

```

RF-Tx

void loop(){
  /*****Joystick*****/
  xPosition = analogRead(xPin);
  yPosition = analogRead(yPin);
  buttonState = digitalRead(buttonPin);
  // int xPos = map(xPosition, 0, 1023, 0, 16);
  // int yPos = map(yPosition, 0, 1023, 0, 16);

  Serial.print("X: ");
  Serial.print(xPosition);
  Serial.print(" | Y: ");
  Serial.print(yPosition);
  Serial.print(" | Button: ");
  Serial.print(buttonState);
  /*****P*****

  //Le o Status dos botoes
  //buttonState1 = digitalRead(xPos);

  if (xPosition >= 0 && xPosition <= 204) {
    Serial.print(" | BX: 1");
    mySwitch.send(1, 24);
  }
  if (xPosition >= 205 && xPosition <= 409) {

```

```

RF-Rx

if(value ==6){
  Serial.println(mySwitch.getReceivedValue());
  digitalWrite(MovHorario, HIGH);
  digitalWrite(MovAntiHorario, LOW);
}
if(value ==7){
  Serial.println(mySwitch.getReceivedValue());
  digitalWrite(MovHorario, LOW);
  digitalWrite(MovAntiHorario, LOW);
}
if(value ==8){
  Serial.println(mySwitch.getReceivedValue());
  digitalWrite(MovHorario, LOW);
  digitalWrite(MovAntiHorario, HIGH);
}
mySwitch.resetAvailable();

```

Figura 8. Programación Tx y Rx

Sistema Hidráulico de Distribución – Aspersión: Este grupo de elementos serán los responsables de transportar el fungicida desde el contenedor hacia las plantas. Está conformado por mangueras de distribución, electroválvulas de control y aspersores. Lo cuales se muestran en la Figura 9.

Las mangueras serán colocadas de tal manera que no compliquen el acceso a otros dispositivos. Las válvulas de control se encargaran de dejar pasar los fungicidas. Los aspersores deben ir colocados al extremo de robot uno a cada lado para que logren fumigar las plantas



Figura 9. Micro aspersores y tubos PVC

El motor de corriente directa como actuador recibe la señal de un elemento de maniobras en este caso el joystick que trasmite la señal al arduino cuya programación está hecha para que con un respectivo accionamiento del joystick se mande una señal de control al motor para una respectiva acción preestablecida.

La bomba de agua conectada al micro aspersor también es un actuador en este sistema el cual mediante un dispositivo de maniobra en este caso un módulo relé como se muestra en la figura 10.

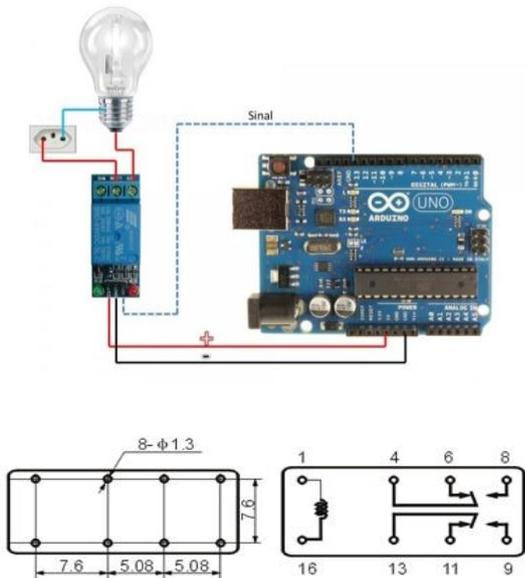


Figura 10. Esquema de conexión del arduino

Se aprecia que gracias a su funcionamiento como contactor nos permite manipular el encendido y apagado de los actuadores su accionamiento se decide según la respuesta de control del procesador (arduino).

2.3. Diseño Hardware

Para la elección de los motores adecuados se estudió algunos tipos de motores de CC, para ver el más óptimo y de fácil acceso para nuestra aplicación. Considerando la velocidad y el torque se decidió usar dos motores de 24 voltios para vencer todas las fuerzas que van en contra del movimiento del robot.

Para manipular estos motores se usó un integrado tipo puente H, ya que son capaces de invertir el giro de un motor, por esto se eligió el L293, cuyo esquema de conexión se muestra en la Figura 11.

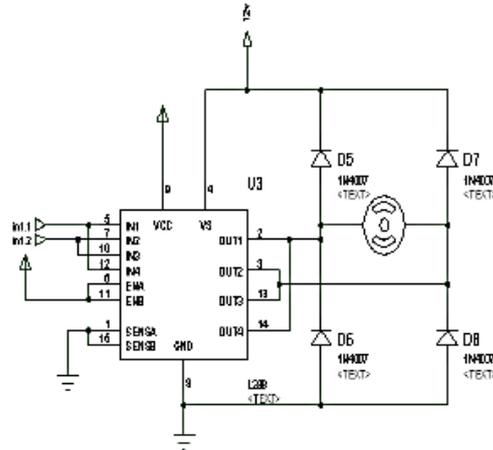


Figura 11. Esquema de conexión del L293

Para el control de fumigación se consideró el uso de 3 elementos:

- Bomba
- Sensor de ultrasonido
- Elementos electrónicos de potencia

Para nuestra aplicación se eligió una bomba centrífuga de la siguientes características

- Presión alta para aspersión
- Alta durabilidad
- Bajo ruido, alto aislamiento
- Garantía de flujo constante

El circuito utilizado para el encendido apagado de la bomba fue un transistor en modo común, una señal de arduino que se activa con el sensor de ultrasonido adema de una protección para el controlador, que sería un relé, tal como se muestra en la Figura 12.

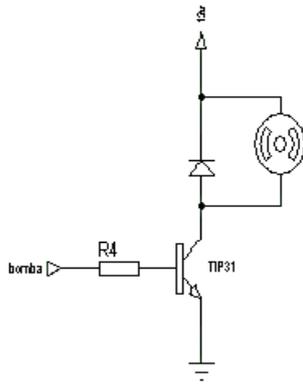


Figura 12. Circuito de protección

Para la comunicación de datos se utilizó los módulos de comunicación de radiofrecuencia a 433Mhz

Para el control del móvil vendría a ser con un controlador Arduino, que está conectado a un joystick analógico, que controla el giro de los motores, y además comanda servomotores que sirven para el giro de robot.

Para el censado del reservorio de agua conectado a la bomba se gestionara por medio de un ultrasonido como herramienta de censado controlada por arduino, tal como se muestra en la Figura 13.

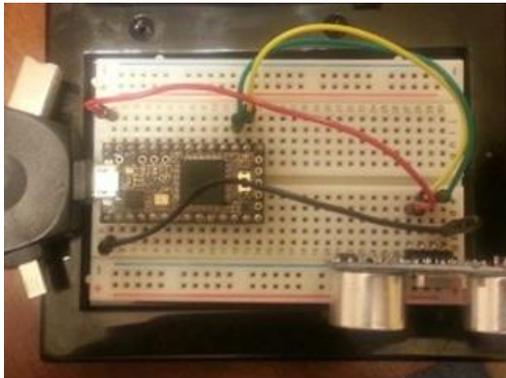


Figura 13. Circuito medidor de nivel de agua.

Para el sensado del nivel de agua se dispone de una ecuación básica que se explica de la siguiente manera:

V_s : velocidad del sonido en el aire.

$V_s = 340 \text{ m/s}$, si lo expresamos en unidades de cm y μs , nos queda de la siguiente manera

$$V_s = 340 \text{ [m/s]} * 100 \text{ [cm/m]} * 10^{-6} \text{ [s/}\mu\text{s]} \\ = 0,034 \text{ cm}/\mu\text{s}$$

Con eso trabajamos una variable llamada *duration*, que se mide en μs , se divide por dos porque solo necesitamos la mitad del tiempo que toma en ir y volver como vemos a continuación:

$$V_s = \text{distance} / (\text{duration} * 0,5) \\ \Rightarrow \text{distance} = (\text{duration} * 0,5) * V_s$$

$$\approx (\text{duration} * 0,5) / 29,4$$

Esta última es la expresión es usada en la programación del sensor

Los valores de distancia se pueden apreciar mediante el módulo bluetooth para gestionarlo a distancia las respuestas.

La alimentación del sensor viene directa del arduino el cual se alimenta de una batería la cual alimenta todo el sistema, cuya implementación se muestra en la Figura 14.



Figura 14. Avance del robot en funcionamiento.

CONCLUSIONES

- Se realizó una investigación que permitió conocer las condiciones bajo las cuales se realiza los procesos de producción agrícolas. Evidenciando que los agroquímicos que se utilizan para eliminar plagas son altamente tóxicos son en gran medida perjudiciales para la salud de los operarios.

- La técnica de control más adecuada para el manejo de motores de corriente continua de baja potencia, es el control proporcional, dado que no se requiere controlar el arranque de los mismos, más si su velocidad de funcionamiento. Y esto se lo realiza mediante el uso de ancho de pulsos configurados digitalmente en el controlador.
- Se diseñó una plataforma móvil utilizando elementos mayormente metálicos para dar soporte a todos los componentes que ella posee. Su configuración es de tres de ruedas en un arreglo diferencial, lo cual permite el giro sobre el propio eje del robot dado el poco espacio en el que se desplaza.
- Se concluye que la herramienta de desarrollo informático Java, constituye una de las más poderosas plataformas de programación. Ya que en ella se pudo realizar la distribución grafica de controles del robot en la interfaz humana máquina, y además crear una conexión a una base de datos que realice reportes históricos del proceso de fumigación.
- El presente proyecto será utilizado como base para la tesis para obtener el Título de Ingeniero Mecatrónico.

BIBLIOGRAFIA

- <http://agroelectronica.inta.gob.ar>
- <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>
- <https://www.interempresas.net/Horticultura/Articulos/151745-El-uso-de-robots-en-tareas-agricolas.html>
- <https://es.digitaltrends.com/robotica/harvest-automation-desarrolla-robots-agricultura/>

BIOGRAFÍAS



Borja José Padilla Luis, estudiante de ingeniería Mecatronica – URP Perú, 8vo ciclo.

Código 200910610

Interés a la parte mecánica y diseño mecánico sobre límites de fluencia en materiales

Rg_uru@hotmail.com 997809543



Renato Orosco, estudiante de Ingeniería Mecatrónica – URP Perú, 7mo Ciclo. Código 201310515

Aficionado a las armas tecnológicas, interés a los nuevos polímeros en descubrimiento e interés

en el campo de la tecnología estereoscópica.

corg24@hotmail.com (+51) 948012585

Meza Silvera Waldir, estudiante de Ingeniería Mecatrónica – URP Perú, 7mo Ciclo. Interés por la robótica aplicada a la agricultura.

