

## **Diseño y fabricación de un contador electrónico de plantas para campo**

Design and manufacturing of an electronic plant counter for the field

Alvaro Alejandro Liñan Flores<sup>1</sup>, Sebastian Negrete Avila<sup>2</sup>, Stephany Navarro Silva<sup>3</sup>,  
Jonathan Cepeda Negrete<sup>4</sup> y Cesar Gutierrez Vaca<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup> Licenciatura en Ingeniería Mecánica Agrícola  
aa.linaflores@ugto.mx<sup>1</sup>, s.negreteavila@ugto.mx<sup>2</sup>

<sup>3</sup> Licenciatura en Ingeniería Agrónica  
s.navarrosilva@ugto.mx

<sup>4,5</sup> Depto. Ingeniería Agrícola DICIVA  
j.cepeda@ugto.mx<sup>4</sup>, cesarg@ugto.mx<sup>5</sup>

### **Resumen**

El trabajo presentado se enfoca en la creación de un dispositivo contador de plantas para una sembradora de agave, con fines estadísticos y administrativos. Los objetivos del estudio incluyen la selección del sistema a usar para el dispositivo, la comparación de diferentes sensores y la elección de un sensor apropiado, la creación del prototipo del dispositivo, y la realización de pruebas de funcionamiento del prototipo. El prototipo fue desarrollado con un programa Arduino con componentes como un sensor ultrasónico, una pantalla, un led indicador y una batería de 9 volts. La planta de agave en estudio se encuentra en Tequila, Jalisco. Las pruebas del contador de plantas se realizaron a diferentes velocidades de revolución y se sometieron a un análisis de varianza para determinar la confiabilidad del dispositivo. Los materiales seleccionados para el proyecto incluyen el Arduino uno y el sensor ultrasónico para la detección de la planta de agave. La investigación también destaca la importancia de la agricultura de precisión, la cual puede beneficiarse del uso de diversas tecnologías para recoger y analizar información relacionada con los cultivos.

**Palabras clave:** automatización; agave weber; Arduino; sensores.

### **Introducción**

Uno de los productos más reconocidos y apreciados a nivel mundial es el tequila. La producción de tequila se basa en el proceso de fermentación y destilación del jugo extraído de las piñas de agave Weber. Esta bebida alcohólica mexicana es un símbolo de la cultura y tradición del país, y su demanda en el mercado global es significativa. Dada la importancia y el renombre del tequila mexicano, la planta de agave Weber adquiere una relevancia crucial para la industria tequilera. Su larga vida útil y la capacidad de adaptarse a condiciones áridas hacen que sea una opción ideal para el cultivo en México. El país se ha convertido en el principal abastecedor de tequila a nivel mundial, lo que destaca la importancia de esta planta longeva para la industria y economía del país. La abundancia de agave Weber en regiones específicas de México, como Jalisco, Guanajuato y Michoacán, ha impulsado la industria tequilera, convirtiendo a México en el líder mundial en la producción de esta icónica bebida alcohólica (Hernández et al, 2016).

En la agricultura, el control de inventario adquiere una dimensión distinta a otros sectores empresariales, ya que no se trata solo de gestionar productos terminados o materias primas, sino también de tener un registro preciso de las plantas cultivadas en un determinado espacio. Es crucial llevar un conteo exacto y digital de las plantas plantadas, lo cual permite a las empresas agrícolas tener una visión clara y precisa de las unidades plantadas dentro de un área específica.

El inventario de plantas permite a las empresas agrícolas planificar de manera más precisa y gestionar de manera eficiente los recursos, como el riego, los fertilizantes y los pesticidas, de acuerdo con las necesidades de las plantas y los ciclos de crecimiento. Contar con un inventario digital y exacto de las plantas cultivadas brinda a los agricultores información precisa y actualizada sobre el estado de su producción, lo que les permite tomar decisiones informadas en cuanto a la planificación de cosechas, ventas y distribución. El control de inventario de plantas en la agricultura permite monitorear y controlar los costos de producción de manera más precisa, lo que contribuye a la maximización de la rentabilidad y la reducción de pérdidas económicas.

Los avances tecnológicos en el campo de la agricultura han llevado a la aparición de sensores que desempeñan un papel crucial en la digitalización de las explotaciones agrícolas. Estos sensores son capaces de recolectar datos fundamentales que permiten evaluar el estado de salud de los cultivos, lo que a su vez proporciona información relevante para la toma de decisiones en la agricultura. Mediante análisis y comparaciones, los sensores ofrecen la posibilidad de planificar intervenciones específicas, reduciendo la necesidad de trabajo humano en los campos y optimizando las operaciones agrícolas.

La digitalización de las explotaciones agrícolas se ha convertido en una tendencia importante en el campo de la agricultura moderna. Permite una mayor eficiencia, precisión y control en las operaciones agrícolas al utilizar tecnologías como sensores, análisis de datos y sistemas de información geográfica (SIG). La digitalización facilita la recolección y el análisis de datos en tiempo real, lo que proporciona información valiosa para la toma de decisiones agrícolas.

Los sensores desempeñan un papel clave en la digitalización de las explotaciones agrícolas al recolectar datos relevantes sobre los cultivos y el entorno agrícola. Estos sensores pueden medir variables como la humedad del suelo, la temperatura, la radiación solar, la conductividad eléctrica, entre otros. Al recopilar estos datos de manera continua, los sensores permiten evaluar el estado de salud de los cultivos y realizar análisis comparativos para identificar patrones y tendencias (Torres et al, 2011).

Los datos recopilados por los sensores en la agricultura son utilizados para diversas aplicaciones. Permiten el monitoreo y la detección temprana de enfermedades, plagas y estrés hídrico en los cultivos, lo que facilita la implementación de medidas preventivas y correctivas de manera oportuna. Además, estos datos proporcionan información valiosa para optimizar el riego, la fertilización y otros aspectos de la gestión agrícola, lo que ayuda a reducir el uso de recursos y mejorar la eficiencia de las operaciones.

La utilización de sensores en la agricultura ofrece numerosos beneficios. Al reducir la dependencia del trabajo humano en los campos, se minimizan los errores humanos y se asegura una mayor calidad en las operaciones agrícolas. La digitalización y el uso de sensores también permiten una gestión más precisa y eficiente de los recursos, como el agua y los fertilizantes, lo que conduce a una producción más sostenible y responsable desde el punto de vista ambiental.

## Materiales y métodos

El uso de sensores permite registrar y obtener numerosos datos relacionados con los cultivos (por ejemplo, la humedad de las hojas) y el entorno circundante (valores de humedad del aire, temperatura y velocidad del viento). La disponibilidad de estos datos desarrolló énfasis en el terreno para la difusión de modelos de predicción para evaluar y estimar el crecimiento de los cultivos y la presencia de enfermedades de las plantas. (Castaño, 2016).



Figura 1. Sensor de proximidad por infrarrojo.

Los sensores de proximidad inductivos integran un circuito oscilante que genera un campo electromagnético. Cualquier pieza metálica que se aproxime a ellos será detectada al fluir una corriente de inducción en el objeto. La oscilación se atenuará y el sensor detectará esta variación en el estado de oscilación (Torres et al, 2011).

El principio de funcionamiento de los sensores de proximidad capacitivos es similar al de los sensores inductivos. Un condensador situado en la cara principal del sensor genera un campo electromagnético. Cuando una pieza se acerca, cambia la intensidad y la frecuencia de las oscilaciones. A diferencia de los sensores inductivos, los sensores capacitivos no se limitan a las piezas metálicas, sino que también detectan elementos de cualesquiera propiedades y materiales sólidos, líquidos, viscosos, polvorientos, etc.

Sensores de proximidad magnéticos, igualmente conocidos como sensores de efecto Hall, funcionan siguiendo un principio similar al de los sensores inductivos. Los sensores de proximidad magnéticos también incorporan una hoja de metal y vidrio que se imanta muy rápidamente ante la presencia de un imán y se desimanta con la misma rapidez cuando este se aleja. Los sensores magnéticos ofrecen un gran alcance, dadas sus dimensiones relativamente reducidas (Torres et al, 2011). Por tanto, las piezas que haya que detectar deberán estar dotadas de un imán o haber sido magnetizadas.



Figura 2. Sensor de proximidad por ultrasonido

El principio de funcionamiento de los sensores de proximidad por ultrasonidos se basa en la emisión y recepción de ondas ultrasónicas de alta frecuencia —de unos 200 kHz—. El retorno de la onda permite detectar la presencia de una pieza y medir la distancia a la que se encuentra —a través del tiempo que tarda la onda en su recorrido de ida y vuelta—. Estos sensores por ultrasonidos se pueden utilizar tanto en la detección directa como en cortinas fotoeléctricas (Torres et al, 2011).

Los sensores fotoeléctricos se basan en un principio óptico. Detectan el objeto cuando el haz de luz se atenúa o interrumpe por el objeto que lo atraviesa. Existen diferentes modelos dependiendo del objeto que cruce el haz de luz y de la distancia de detección:

- Tipo barrera: con transmisor y receptor separados.
- Tipo retro reflectivo: la luz emitida incide en el reflector y regresa al punto de origen.
- Tipo reflectivo directo: el objeto simplemente refleja la luz (Torres et al, 2011).

Dentro de la maquinaria destinada a un fin común semejante al del proyecto se encontraron propuestas que conllevan a una agricultura de precisión más precisa:

### Planteamiento del problema

A partir de una sembradora de plántula de agave, tener un control e inventario de las plantas plantadas exitosamente por la misma plantadora, para fines estadísticos y administrativos.

### Objetivos

1. Seleccionar el sistema a utilizar para el dispositivo contador de plantas
  - 1.1. Comparar diferentes sensores y sus ventajas
  - 1.2. Seleccionar sensor que más se adapte a las necesidades
  - 1.3. Crear prototipo del dispositivo en funcionamiento
2. Realizar pruebas de funcionamiento al prototipo
  - 2.1. Crear banco de pruebas
  - 2.2. Realizar pruebas del prototipo en diferentes condiciones dentro del banco
3. Analizar e interpretar resultados
  - 3.1. Obtener un veredicto de funcionamiento el dispositivo en base a su análisis de resultados obtenidos.

## Metodología y Materiales

### Materiales

Después de tener toda la información conjunta se decidió después de pruebas con los sensores, los materiales a utilizar, dentro de lo contemplado, tales como el Arduino uno, el sensor ultrasónico en base a la distancia para la detección de objeto en cuestión (planta de agave).



Figura 3. Tarjeta madre Arduino UNO

La forma en la que se presenta el problema tiene muchas iniciativas, de acuerdo con los objetivos, se busca atender desde un ámbito tecnológico, se analizaron diferentes plataformas de programación, así como diferentes ecosistemas ya preestablecidos con su tarjeta madre o controlador, tal como lo es al Arduino, los sensores y su compatibilidad con los diferentes ecosistemas que se analizaron.



Figura 4. Tarjeta madre Teensy 3.6

La intuición de la plataforma Arduino y su manera tan fácil de maniobrar, su accesibilidad financiera, junto con todo el conjunto resulta también muy práctico y objetivo. La mayor ventaja de es su estructura lista para usar. No tienes que pensar en las conexiones del programador para la programación o cualquier otra interfaz.

Sólo tienes que conectarlo al puerto USB de tu computadora y ya está. Una de las desventajas más importante es su límite, pues para hacer proyectos más complejos, definitivamente tendrás que pensar en otro ecosistema, o inclusive crear uno propio por cuestiones económicas.



Figura 5. Sensor de movimiento compatible con Arduino.

El problema que resolver es muy importante tener claro cómo se va a abordar, de qué manera y con qué posibilidades se tienen para resolverlo.

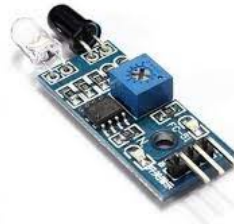


Figura 6. Sensor infrarrojo compatible con Arduino.

Dentro de los sensores se tenían en cuenta 3 opciones, sensores de movimiento; la desventaja que marcó esta posibilidad como nula fue el rango, y la forma de discretizar la variable, pues es un proceso mucho más complejo que con otros sensores, los sensores de infrarrojos; se consideró como la forma más viable, pero que tomaría mucho más tiempo discretizar las señales que llegarían al programa para determinar si cumple o no con el objetivo, finalmente se decidió poner un sensor ultrasónico; por la forma de abordar el tema, que se hacía mucho más práctico que con otros sensores.



Figura 7. Sensor ultrasónico compatible con Arduino.

Se tomó en cuenta material fácil de obtener y que el proyecto se definiría por etapas, probando diferentes sensores; en esta etapa del proyecto se decidió por el sensor ultrasónico, no descartando que otros sensores pueden trabajar mejor y con una mayor exactitud. Estas se definen como etapas que requieren mucho más tiempo de lo previsto. Es importante recalcar que no es la única manera de abordar el problema.

### Etapa de diseño

Se realizó esta etapa con el objetivo de construir por medio de los materiales requeridos un posible prototipo empezando por programar y probar los sensores, así como su lugar designado en la sembradora y donde se colocarán todos los componentes.

Dentro de los demás componentes propuestos, es que fuera un proyecto con un gasto energético independiente, que tuviera una plataforma en algún dispositivo, y ahí recibir la información, e inclusive tener una pantalla donde también se arroje la misma información o conteo de plantas.



```

Tesis_programa Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Tesis_programa LiquidCrystal_I2C.h

void loop() {
  digitalWrite(trigger,LOW);
  delay(2);
  digitalWrite(trigger,HIGH);
  delay(10);
  digitalWrite(trigger,LOW);
  tiempo=pulseIn(echo,HIGH);
  distancia=(tiempo/2)/29;
  // Serial.println(distancia);
  if(distancia <= 60){
    digitalWrite(led,HIGH);
    contador++;
    delay(2000);
  }else{
    digitalWrite(led,LOW);
    contador=contador;
  }
  Serial.println(contador);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(distancia);
  Serial.print(" cm ");
  lcd.print(distancia);
  lcd.print(" cm ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(contador);
  lcd.print(" plantas ");
  lcd.setCursor(0,0);
}
  
```

Figura 8. Interfaz de Arduino con el programa del contador.

Se desarrolló un programa en Arduino con un módulo de bluetooth, un sensor ultrasónico, una pantalla, un led indicador, una batería de 9v, la misma placa de Arduino, y cable para formar todo el circuito; dentro del programa primero calcula la distancia que hay entre el sensor ultrasónico y cualquier objeto que se le interponga, se elaboró en base a una plantadora de agave que se encuentra en el municipio de Tequila, Jalisco; que esta distancia es de 1.2 metros y la distancia que debe tener entre el sensor y la planta de agave colocada por la maquina plantadora, debe ser menor a 60 centímetros de acuerdo con las medidas dadas en la máquina, contando y guardando en una variable dentro del programa; y en base a una velocidad teórica se determinó el tiempo que tarda entre una planta y otra, así el led indicando un retardo de tiempo dado por nosotros, para reiniciar el proceso de conteo (sin perder la variable contadora) y que el proceso pueda iniciar de nuevo, obteniendo un programa en base a movimiento dinámico.

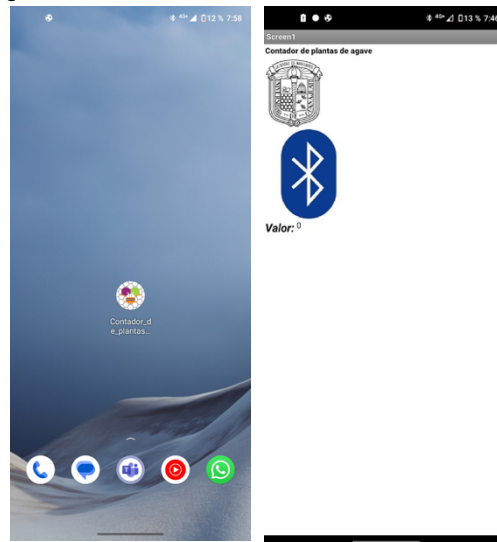


Figura 9. Aplicación e interfaz del dispositivo instalada en teléfono Android.

Para el uso del módulo de bluetooth se realizó una aplicación Android en base a bloques, y que el módulo de acuerdo al programa, este enviando la variable guardada donde tiene el número de plantas plantadas, y este programa diseñado para conectarse al módulo vía bluetooth en una plataforma Android, pueda recibir esa variable y mostrarla en la pantalla de tu teléfono inalámbricamente, tomando en cuenta de las limitaciones del bluetooth y su corto alcance es más una función de comprobación para el usuario. Dentro de la aplicación terminada se puede ver un icono de bluetooth (Ilustración 15). Donde al presionarlo se abrirá una pestaña para escoger el modulo del dispositivo controlador y cuando se conecte exitosamente empezará a arrojar los datos que tenga en ese momento la pantalla del dispositivo siendo actualizados cada 10 segundos.

Se conectaron todos los módulos con la tarjeta Arduino y se soldaron, posteriormente se diseñó una caja en el programa de AutoCAD que después se llevó a inventor para imprimir en una impresora 3D y tener un armazón para todo el dispositivo en contra del polvo al que se piensa, estará expuesto, y sobre todo resguardar con éxito el cableado, de esta caja solamente sobresalen: el sensor ultrasónico, la pantalla, el led indicador, y el switch de apagado/prendido.

### Etapa de instrumentación

El armado del circuito y su caja es el objetivo de esta etapa, teniendo como lugar un prototipo físico listo para las pruebas en el banco desarrollado a la mano de otro trabajo de investigación.

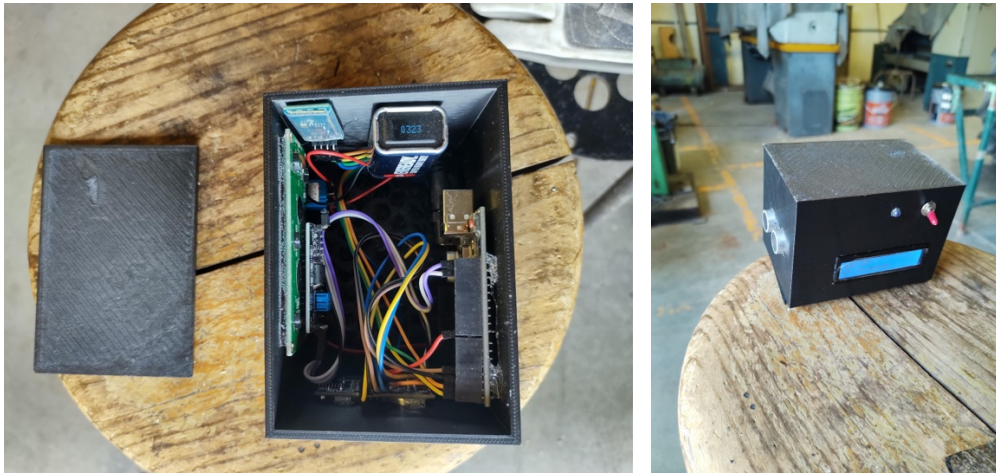


Figura 10. Caja instrumentada con la tarjeta, sensores, pantalla y batería.

En la etapa de pruebas se realizaron pruebas con un retardo de dos segundos sobre la marcha del banco, a diferentes revoluciones, tomando en cuenta las diferentes velocidades reales a las que iría un tractor con la sembradora en el campo. Se realizaron las pruebas a 110, 165 y 220 revoluciones por minuto, y se realizó un estadístico para la interpretación de datos.

### Etapa de resultados y discusiones

Dentro del estadístico y englobando la situación por la que pasa el proyecto, se estima que tiene éxito dentro de dos variables muy importantes, el retardo del programa para volver a inicializar y la velocidad del tractor, ya que es directamente proporcional a de una primera etapa de un proyecto más grande puesto que hay infinidad.

Se realizaron pruebas del contador de plantas electrónico para lo cual se fabricó una banda especial que contiene cinco bandejas individuales equidistantes a 1 m por lo que la longitud de la banda es de 5 m. Dicha banda va montada sobre 4 ejes rotatorios y uno de ellos hace la función motriz ya que a él está sujeta una Catarina que conecta a una segunda Catarina, por medio de una cadena, que tienen la misma cantidad de dientes y paso (paso  $\frac{1}{2}$  in, # de dientes 14). La segunda Catarina va fija al eje de un motor hidráulico que es alimentado por una bomba hidráulica estacionaria. Dicha bomba se conecta a la energía eléctrica de 220V, se enciende y proporciona el caudal necesario para mover el motor hidráulico y consecuentemente a la banda a velocidad variable, pues la bomba permite el ajuste del caudal y presión del fluido que impulsa es el sistema.

Una vez construida la banda y verificado su correcto funcionamiento se instaló al lado de la banda el contador de plantas sobre un soporte fijo, a distancia aproximada de 60 cm, que es la distancia indicada de trabajo del sensor ultrasónico. Se hicieron pruebas de ajuste y se verificó que el sensor pudiera reconocer las plantas previo a los ensayos.

A continuación, se procedió a realizar los ensayos que consistieron en; al avance de la banda colocar de forma manual una planta de agave en la bandeja, al continuar el avance dicha planta pasa por el frente del contador y éste debe ser capaz de detectarla y contabilizarla. Lo anterior se realizó con 30 plantas de manera que el contador, al finalizar el ensayo, debe registrar en teoría ese mismo número de plantas. Por cada ensayo de 30 plantas se verificó el valor y se registró el número de plantas dado por el contador, el resultado puede diferir ya sea más o menos cantidad de plantas y dicha variación predice la confiabilidad del contador diseñado. Se realizaron 4 ensayos de 30 plantas a diferentes velocidades lineales de banda; 0.5 m/s, 0.75 m/s y 1 m/s, respectivamente.

Para cada ensayo se encendió el contador de plantas que cuenta con batería interna y se verificó que su cuenta estuviera en 0 plantas. A continuación, se encendió la banda que comienza a avanzar con las bandejas vacías, luego se colocan una a una las plantas en las bandejas hasta suministrar las 30 plantas, posteriormente se detiene la banda y se revisa el contador para verificar el valor de número de plantas contabilizadas el cual se registra. El ensayo se repite 4 veces para cada una de las 3 velocidad mencionadas.

Además para conocer de manera estadística la confiabilidad del desempeño del contador de plantas y si ésta varía a distintas velocidades de avance lineal de la banda se sometieron los resultados a un análisis de varianza ANOVA simple, en el software estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI.I, determinándolo al 95% de certidumbre así como un análisis de rango múltiple para conocer la homogeneidad del comportamiento del contador a diferentes velocidades de prueba utilizado la variable respuesta del número de plantas registradas por el contador.

## Resultados

En la siguiente tabla se muestran los registros de los diferentes ensayos realizados, en la Tabla 1 se muestran los ensayos del contador.

*Tabla 1. Ensayos del contador de plantas*

Velocidad (m/s)	Repetición	Número de plantas
0.33	1	30
	2	29
	3	29
	4	29
0.5	1	30
	2	27
	3	27
	4	29
0.65	1	30
	2	29
	3	29
	4	29



Como puede apreciarse en la tabla de los cuatro ensayos realizados en cada velocidad al menos en un ensayo se contabilizó al 100%, es decir, el contador de plantas detectó 30 de 30 plantas. Los resultados se sometieron al software estadístico y se determinó al 95% de certidumbre ( $valor-P \geq 0.05$ ) que el contador funciona de manera correcta no encontrando diferencia significativa a las tres velocidades de avance ensayadas, como muestra la siguiente tabla.

**Tabla 2.** ANOVA para variable número de plantas por velocidad (m/s)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4.66667	2	2.33333	2.55	0.1330
Intra grupos	8.25	9	0.916667		
Total (Corr.)	12.9167	11			

La Figura 11 muestra la dispersión de los datos de las tres velocidades ensayadas donde 0.33 m/s y 0.65 m/s muestran una similar dispersión no así para 0.5 m/s.

**Dispersión por Código de Nivel**

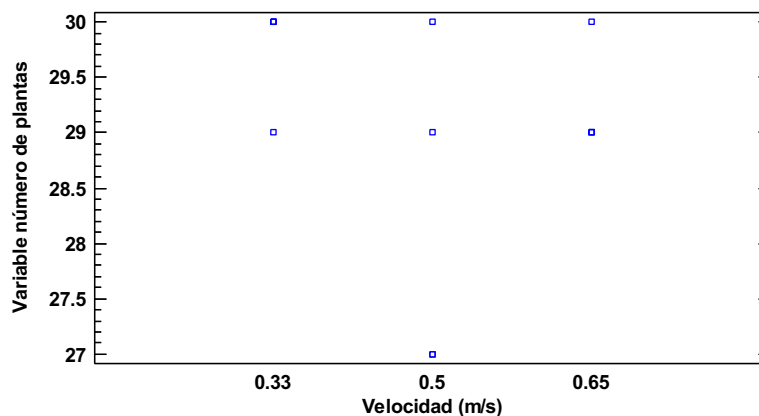


Figura 11. Gráfica de dispersión por código de nivel

Se realizó la prueba de múltiples rangos para la variable número de plantas por velocidad (m/s) y se encontró que las tres velocidades forman un grupo homogéneo por lo que no existe diferencia significativa entre las tres velocidades al 95% de certidumbre como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 3.** Método: 95.0 porcentaje LSD

Velocidad (m/s)	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0.5	4	28.25	X
0.65	4	29.25	X
0.33	4	29.75	X

Como se puede apreciar en la siguiente gráfica al hacer la prueba LSD (Last significance difference) vemos que las variaciones de cada velocidad se traslapan en la horizontal formando un grupo homogéneo.

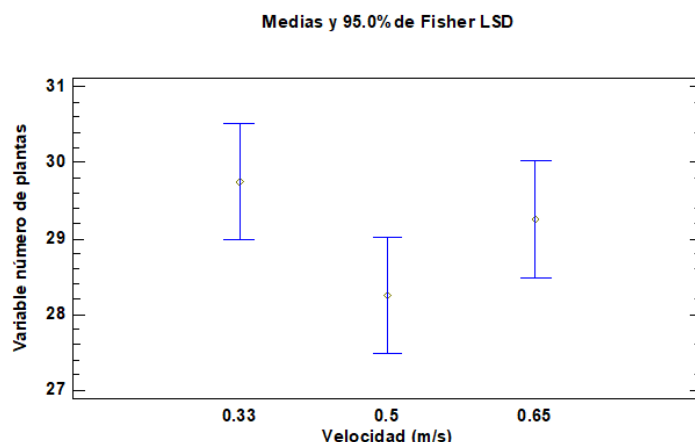


Figura 12. Gráfica de la prueba de LSD.

## Conclusiones

El estudio concluyó que el dispositivo contador de plantas funciona de manera efectiva. Se realizó un análisis ANOVA de los resultados de las pruebas, que mostró que, con un 95% de confianza, el contador de plantas es confiable y no muestra ninguna diferencia significativa en su rendimiento a diferentes velocidades de trabajo. Los experimentos demostraron que el dispositivo fue capaz de detectar con precisión todas las plantas contadas durante las pruebas. Además, la investigación ha dado a conocer que la elección del sensor es un elemento importante en la construcción del dispositivo, en este caso, el sensor ultrasónico resultó ser el más adecuado. Sin embargo, es importante notar que otros sensores no fueron descartados definitivamente y podrían funcionar con una mayor exactitud en futuros proyectos. En conclusión, el proyecto ha demostrado que la tecnología puede ser efectivamente utilizada para mejorar la precisión y eficiencia en la agricultura, en este caso, en la plantación de agave. El uso de la tecnología en este tipo de aplicaciones puede resultar en beneficios significativos, desde la gestión estadística y administrativa hasta una mejor utilización de los recursos.

## Referencias

- Bautista-Justo, M., García-Oropeza, L., Corona, J. B., & Parra-Negrete, L. A. (2001). El Agave tequilana Weber y la producción de tequila. *Acta Universitaria*, 11(2), 26-34.
- Hernández, E. P., Parga, M. D. C. C., & Hernández, J. C. G. (2016). Revisión del agave y el mezcal. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1), 148-164.
- Torres, F., & Jara, C. A. (2011). Sensores y detectores. *Automatización*.
- Castaño González, J. (2016). Diseño de una maleta didáctica de pruebas para sensores de proximidad en el área de mecatrónica.
- López Riquelme, J. A., Soto Vallés, F., Suardiaz Muro, J., & Iborra García, A. J. (2009). Red de sensores inalámbrica para agricultura de precisión.
- García, E., & Flego, F. (2008). Agricultura de precisión. *Revista Ciencia y Tecnología*, 8, 99-116.
- Burdziakowski, P. (2020). A Novel Method for the Deblurring of Photogrammetric Images Using Conditional Generative Adversarial Networks. *Remote Sensing*, 12(16), 2586. <https://doi.org/10.3390/rs12162586>
- Calvario, G., Alarcón, T. E., Dalmau, O., Sierra, B., & Hernández, C. (2020). An Agave Counting Methodology Based on Mathematical Morphology and Images Acquired through Unmanned Aerial Vehicles. *Sensors*, 20(21), 6247. <https://doi.org/10.3390/s20216247>
- Calvario, G., Sierra, B., Alarcón, T. E., Hernández, C., & Dalmau, O. (2017). A Multi-Disciplinary Approach to Remote Sensing through Low-Cost UAVs. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 17(6), E1411. <https://doi.org/10.3390/s17061411>