

Herramienta aspersora de semillas para el cultivo por voleo por medio drones agrícolas con sistema de control y mando a distancia

Seed spraying tool for broadcast cultivation through agricultural drones with remote control and control system

MsC. Oscar
M. Duque S
1-4

oduques@sena
.edu.co

MsC. Jorge
L. Fuentes ²

jlfuentes@sen
a.edu.co

MsC. Jair E.
Araujo ³

jearaujo@sena
.edu.co

Nicolas
Daraviña ⁴

nicolas.daravin
a@unipampl
na.edu.co

Omar
Rodríguez ⁴

omar.rodrigue
z@unipampl
na.edu.co

Juan D.
Márquez F ⁴

juan.marquez2
@unipampl
a.edu.co

¹ ORCID 0000-0001-6246-604X, Centro CEDRUM, Grupo CEDRUM NDS-Regional N.D.S, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Colombia

² ORCID 0000-0002-4062-5588, Centro CEDRUM, Grupo CEDRUM NDS-Regional N.D.S, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Colombia

³ ORCID 0000-0003-3869-950X, Centro CEDRUM, Grupo CEDRUM NDS-Regional N.D.S, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Colombia

⁴ Universidad de Pamplona - Programa de Ingeniería Mecatrónica, Villa del Rosario, Colombia

Resumen.

La siembra por el método de voleo se trata de un tipo de siembra realizada al azar; es decir, esparciendo la semilla lo más uniformemente posible sobre el terreno; además requiere de gran cantidad de semillas y no resulta rentable para la mayoría de los cultivos. Se utiliza fundamentalmente con cultivos intensivos, sobre todo para cereales o legumbres como el arroz, el trigo, el heno, la soja, hortalizas y semillas de forestación. [12]

El presente trabajo tiene como fin diseñar el prototipo de una Herramienta que pueda esparcir semillas para la siembra por el método de voleo; la herramienta es una extensión totalmente independiente, colocada en drones de aspersión de capacidad de más de 10 litros. El prototipo, estará conformado por un sistema mecánico que permite el ingreso de la semilla que viene del tanque de almacenamiento, pasando por un conducto de detección, posteriormente, la semilla llega a la parte expulsora que será el elemento final del sistema de control donde se tendrán en cuenta la lectura de variables de algunos gases que puedan afectar al cultivo considerando el almacenamiento de datos para una posterior optimización.

Palabras Clave: voleo, semillas, optimización, gases.

Abstract

The sowing by the broadcast method, it is a type of sowing carried out at random; that is to say, spreading the seed as evenly as possible on the ground; it also requires a large quantity of seeds and is not profitable for most crops. It is used mainly with intensive crops,

especially for cereals or legumes such as rice, wheat, hay, soybeans, vegetables, and forestry seeds. [12]

The present work aims to design the prototype of a Tool that can spread seeds for sowing by the broadcast method; The tool is a totally independent extension, placed on spray drones with a capacity of more than 10 liters. The prototype will be made up of a mechanical system that allows the entry of the seed that comes from the storage tank, passing through a detection conduit, later, the seed reaches the ejector part that will be the final element of the control system where it is They will consider the reading of variables of some gases that may affect the crop, considering data storage for further optimization.

Keywords: voleo, seeds, optimization, gases.

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura en el año 2020 dio al descubierto su gran debilidad, por causa de la pandemia que desplazó fuera del trabajo la mano de obra por reglas sanitarias en el país. Esta debilidad hubiese sido de menor impacto, si el conocimiento de las nuevas tecnologías agropecuarias estuviese mejor explorado en el sector; la implementación de las herramientas de aspersión aérea ha demostrado un rendimiento valioso en tiempo, calidad, materia prima y costos de todos los sectores agropecuarios, además, está en pro de la reforestación, usando un medio que esparce las semillas en lugares inaccesibles. Lo que más resalta esta herramienta de aspersión aérea es la ausencia de mano de obra en los procesos. A demás en este sector, la problemática ambiental que causa la deforestación es un tema de alta criticidad en la Tierra y la actividad de reforestación de ciertos lugares es casi

nula para el hombre, debido a la ubicación de las zonas, siendo peligrosa e inaccesible esta actividad.

El prototipo que se propone estará en la capacidad de:

- Mejorar los tiempos de aspersión de la semilla que estará sujeta a la capacidad de respuesta de la herramienta y del dron
- Mejorar la calidad de la siembra por su uniformidad de riego
- Consumo de menor materia prima por su capacidad de riego y bajo costos en: producción, mano de obra y compra de la herramienta para los agricultores que posean estos drones agricultores, así pues, fortaleciendo en gran manera estos procesos agrícolas.

II. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

A. Problema

La pandemia reveló que el campo es un sector esencial para la seguridad alimentaria Nacional porque fue el responsable de garantizar los alimentos aún con la crisis mundial. Para el último trimestre del año pasado, la informalidad laboral en general para el país fue del 52%.

En el campo la tasa de informalidad laboral es del 86%, dato que permite afirmar que no existen garantías fundamentadas en un marco legal cómodo para el trabajador ni el contratista [10].

Cabe recalcar que con el desplazamiento de la mano obra a causa de la pandemia, se reveló la baja productividad en el sector agropecuario, dando al descubierto la poca investigación de este sector en muchos aspectos de producción y calidad.

El problema de la deforestación es una actividad humana que conlleva a un proceso de destrucción indiscriminada de los árboles, bosques y recursos forestales que existen en la Tierra. En este sentido, la deforestación tiene sus causas principales por la actividad humana, la agricultura y la industria de madera para la fabricación de papel a partir de recursos forestales que requieren de la tala de árboles [3];

La deforestación en 2019 alcanzó 158.894 hectáreas, es decir 38.265 hectáreas menos que en 2018. La Amazonía evidenció la mayor disminución en pérdida de bosque y aunque pasó de representar el 70% en 2018 al 62 % en 2019, la cifra todavía preocupa [11].

Los cambios climáticos e incendios forestales en zonas inaccesibles como la Amazonia dificultan la reforestación, además de que existe poca mano de obra voluntaria dispuesta a recuperar estas zonas que requieren de una atención pronta.

Determinar que la agricultura contemporánea enfrenta numerosos retos relacionados con la efectividad de la fertilización y su precisión, la numerosa contratación de

mano de obra para la siembra y aplicación de fertilizantes, entre un sinnúmero de retos más a mencionar. La aplicación de las nuevas tecnologías como los drones son muy acogidas en el sector agropecuario, pero se tiene la limitante de que no existen diferentes herramientas versátiles para la siembra de cultivos, a la cual se propone una solución con este prototipo de herramienta para drones.

B. Justificación

La deforestación es un tema de alto impacto para el planeta, en los últimos tiempos; la inaccesibilidad de terrenos devastados por los incendios de diversos territorios del planeta (como en la región Amazónica), restringe la reforestación. Por ello, se propone una respuesta al limitado catalogo de herramientas para drones agricultores, que busca por medio de materiales duraderos, ligeros y de bajo costo mejorar los procesos de siembra y forestación a los agricultores.

Las semillas que se usan para la forestación usualmente son de gran tamaño, la herramienta tendrá la capacidad de cambiar tanto los parámetros de control como los parámetros físicos para poder esparcir estas semillas.

Los agricultores que usan drones se limitan mucho a las marcas de drones, pues la herramienta de una marca no le sirve a otra. En el presente trabajo se diseña una herramienta que se adapta a la mayoría de los drones para siembra por voleo de bajo costo en comparación con las limitantes marcas, teniendo la posibilidad de cambiarle a la herramienta algunos aspectos para que pueda esparcir diferentes tipos de semillas, de tal manera que sea versátil.

III. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

A. Objetivo General

- Diseñar el prototipo de una herramienta genérica para drones de agricultura de capacidad de más de 10 Kg, para la aspersión de semillas por el método de voleo.

B. Objetivos Específicos

- Investigar las diferentes herramientas utilizadas en los drones para el sector agropecuario
- Establecer los criterios de diseño desde la disciplina mecánica, electrónica, de control y comunicación para el riego de semillas desde un dron.
- Diseñar desde la perspectiva de las disciplinas electrónica, mecánica, de control y comunicación las diferentes partes de la herramienta.
- Seleccionar los elementos requeridos para la transmisión, control, monitoreo de la herramienta y material de las partes mecánicas.
- Realizar un análisis de optimización por hectárea de la aspersión de las semillas.

- Formalizar la documentación necesaria mediante manuales de usuario y ficha técnica de la herramienta.

C. Metodología

Como metodología se usaron diversos componentes básicos para emular de modo similar el comportamiento real de los componentes que se usaron en este proyecto. Posteriormente se utilizó el programa CAD de SolidWorks 3D, para la realización de las piezas y ensambles de la Herramienta. Para el control del motor se utilizó la herramienta Simulink de Matlab, de manera que se pueda tener una simulación muy cercana a la vida real.

D. Antecedentes

En el 2020, la compañía DJI, creó el sistema de esparcimiento de la serie T, es compatible con los aviones de la serie T de Agras y ofrece operaciones de esparcimiento eficientes, confiables y estables. El sistema de entrega de material está controlado con precisión por el dispositivo de agitación incorporado y la compuerta de la tolva, que puede prevenir bloqueos de material y mejorar la precisión y confiabilidad operativa. [7]

El sistema de la compañía DJI de la serie T, aportó al prototipo la idea del disco giratorio con cavidades o rejillas y la idea de desacoplo del disco y la tolva, como se muestra en la Figura 1.

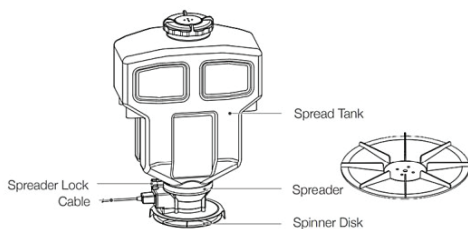


Figura No. 1: Sistema de aspersión DJI. Fuente: [11]

En el 2020 la compañía EFT, creó el Spreader V2.0 con un sistema de esparcimiento que adopta un tendido de 360° y el área de aspersión máxima de descarga se ha aumentado a 23 cm cuadrados, lo que mejora en gran medida la eficiencia de esparcimiento.

El sistema de la compañía EFT, Spreader V2.0, aportó al prototipo la idea de manejar la dispersión de semillas de 360° para una mayor eficiencia, la idea de manejar la modulación por ancho de pulso PWM fue un factor importante para el control motor, para poder hacer el control PID en términos de RPM, ya que se sabe que el Spreader V2.0 tiene una velocidad máxima de 1100 RPM y eso en distribución de semilla traduce a 12 metros de alcance de semilla de manera radial. [2]

1. Dispositivo de almacenamiento de la semilla

Se realiza un estudio de las diferentes medidas de los tanques de almacenamiento de los diversos drones en el mercado, para tener una visión de las medidas promedio de estos, con este estudio se ajustaron las medidas de la tolva, como se muestra en la Figura 2.

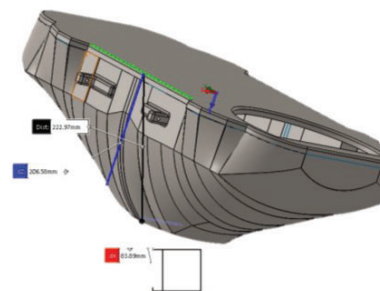


Figura No. 2: Tanque de almacenamiento de la semilla. Fuente: Propia

La capacidad de carga de la unidad es máxima de 10 Kg, a su vez el tanque cuenta con un sistema de apertura mecánico tipo diafragma, el cual nos ayuda al control de flujo de la semilla que sale de la tolva.

Al ser el mercado de drones en su medida, amplio, se implementó un sistema de acoplo a la estructura del tren de aterrizaje de la mayoría de los drones, como muestra la Figura 3, siendo este un sistema articulado.



Figura No. 3: Sistema de acoplamiento del tanque a trenes de aterrizaje en drones. Fuente: Propia

2. Disco giratorio (sistema de aspersión)

El sistema de giro se basa en la combinación de engranajes cónicos, formando 90 grados, transmitiendo la velocidad y la fuerza del motor al disco. Teniendo en cuenta la velocidad del motor con un control PID, se puede controlar la fuerza centrífuga de las semillas, haciendo que estas alcancen una longitud de riego óptimo, como muestra la Figura 4.

En conjunto con el sistema de apertura de la tolva y el control del motor, se puede lograr un control de la cantidad de semillas que se pueden regar.

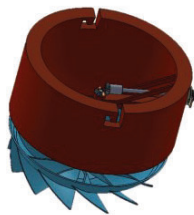


Figura No. 4: Sistema de esparcimiento de semillas (Disco giratorio). Fuente: Propia.

3. Sistema de comunicación

Se realizó la comunicación por medio de radio frecuencia, RF, utilizando el modulo transeptor NRF24L01, como se muestra en la Figura 5, los 6 canales de comunicación.

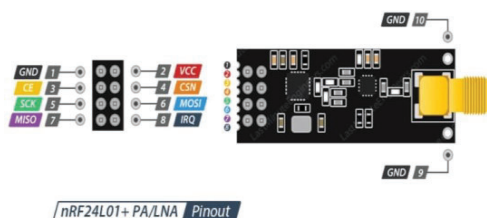


Figura No. 5: Transeptor NRF24L0. Fuente: Aranacorp

Con la utilización de un Arduino Uno, se realizó la comunicación de la herramienta y el sistema de control en tierra, la conexión es igual para ambas partes, como muestra la Figura 6.

4. Sistema de apertura tipo Diafragma

El diafragma es un dispositivo que tiene la capacidad de regular la cantidad de luz que entra a la cámara. Suele ser un disco o sistema de aletas dispuesto en el objetivo de una cámara, de tal forma que limita la cantidad de luz que llega hacia el medio fotosensible en la cámara, generalmente de forma ajustable.

Otro uso, mecánico, es el control de flujo, en este caso no de luz, sino de semillas, como en la Figura 7. Al ser un sistema bastante confiable y de precisión es considera adecuado para la herramienta de aspersión diseñada.

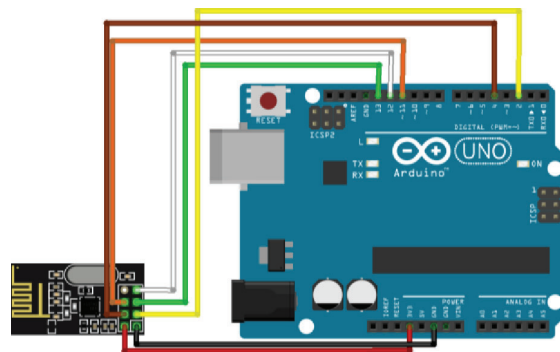


Figura No. 6: Conexión NRF24L01 al Arduino UNO. Fuente: Propia

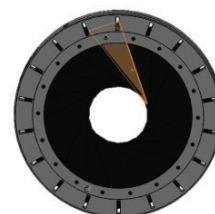


Figura No. 7: Sistema mecánico tipo Diafragma para el paso de la semilla de la tolva al sistema de aspersión. Fuente: Propia

5. Control PID del motor

Se utiliza un controlador PID para la implementación del motor ya que el control PID, en la Figura 8, proporciona un tratamiento tanto para la respuesta de estado estacionario como la respuesta transitoria, y ofrece una solución genérica y eficiente a los problemas de control del mundo real.

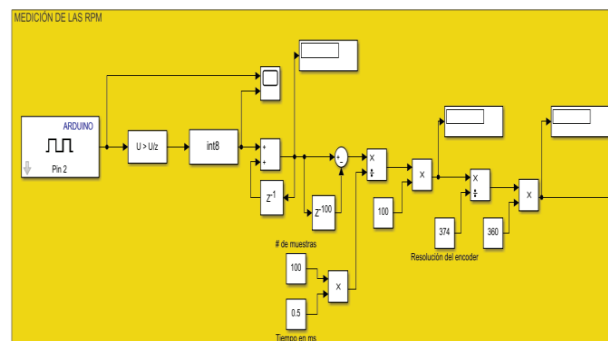


Figura No. 8: Cálculo de las RPM del motor de aspersión. Fuente: Propia

En la imagen anterior se evidencia la implementación en Simulink para el cálculo de las RPM del motor, En la figura 9, se determina el número de muestras y el tiempo que se desea calcular.

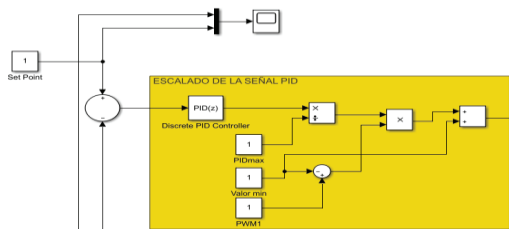


Figura No. 9: Cálculo por bloques del número de muestreo y el tiempo. Fuente: Propia

En el escalonamiento de la señal PID se realiza el cambio del set-point al valor que se desee. La operación que se realiza para calcular este escalonamiento se muestra en la Ecuación 1.

$$Valor = Valor_{Min} + (PWM - Valor_{Min}) * \frac{PID}{PID_{MAX}} \quad (1)$$

Ecuación 1 Escalonamiento

6. Lectura de gases y temperatura

Para la lectura de los gases (Calidad de Aire, CO₂, CO, Alcohol, NH₄, Tolueno, Acetona), se utilizó el sensor MQ-135 en la Figura 10, para los gases (LPG, CO, CH₄) se utilizó el sensor MQ-9 (Figura 10), para el monitoreo de los gases de efecto invernadero que afecten al cultivo, teniendo en cuenta solo los gases de CH₄, CO, CO₂, teniendo la posibilidad de hacer un estudio del terreno al que se desea sembrar.



Figura No. 10: Sensor MQ-9 y MQ-135. Fuente: Propia

En la Figura 11 se observa la conexión de los módulos al Arduino Uno.

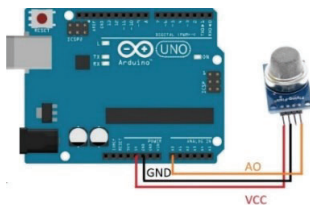


Figura No. 11: Conexión sensor MQ a Arduino UNO. Fuente: Propia

7. Características a tener en cuenta para el acoplo de la herramienta

La herramienta ensamblada tiene una longitud de 42 centímetros, como se ilustra en las Figuras 12 y 14, lo que

indica que, si el tren de aterrizaje es más angosto, se tendrá que separar el tanque del sistema giratorio y posteriormente acoplarse con el dron a una altura adecuada, dependiendo de la altura del operador como en la figura 13.

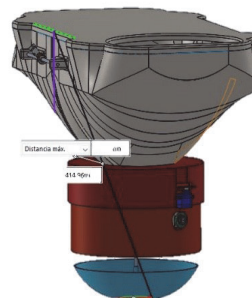


Figura No. 12: Altura de la herramienta ensamblada. Fuente: Propia



Figura No. 13: Posición y altura adecuada para el ensamblaje del disco giratorio con el dron en funcionamiento. Fuente: Propia

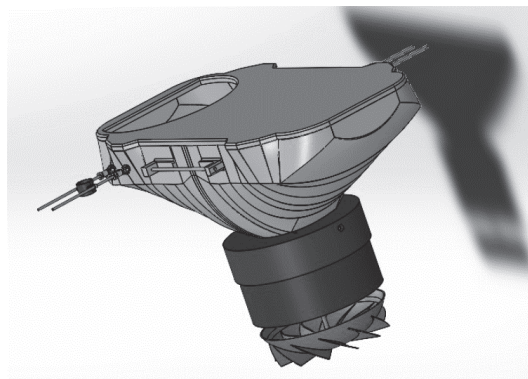


Figura No. 14: Diseño final de la herramienta de aspersión por voleo

8. Interfaz HMI

Para la visualización de las diferentes variables, se optó por una matriz led de 8x8, como se muestra en la Figura 15,

en la cual se puede observar los diferentes niveles de las variables.



Figura No. 15: Módulo Matriz LED 8x8 MAX7219. Fuente: [13]

Para indicar los diferentes niveles, se establecen los siguientes nombres para cada una de las variables:

1. Nivel de CO (C)
2. Nivel de CO2 (D)
3. Nivel de CH4 (E)
4. Apertura de la tolva (F)
5. Velocidad del motor (H)

En la figura 16, se realizó el siguiente orden de visualización:

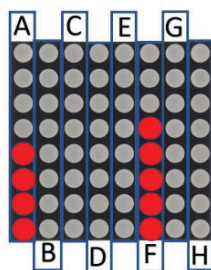


Figura No. 16: Indicadores de las variables de control y recepción de la Herramienta. Fuente: Propia

9. Conexiones receptor y transmisor

El control de las variables de: Velocidad del motor como se muestra en la figura 17 y apertura de la tolva se alteran con potenciómetros analógicos.

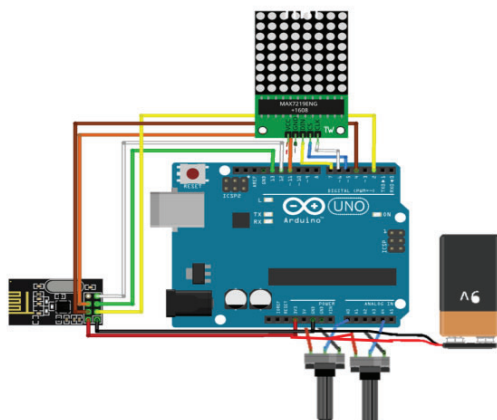


Figura No. 17: Conexión del receptor. Fuente: Propia

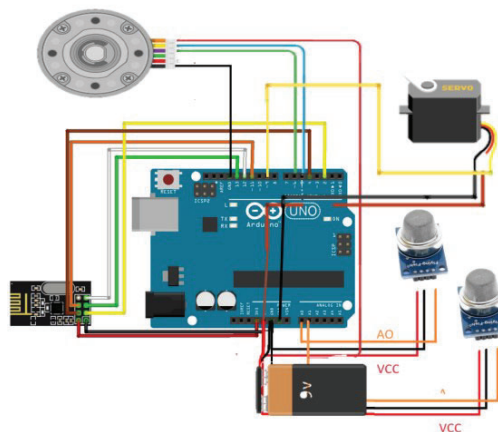


Figura No. 18: Conexión del transmisor. Fuente: Propia

La apertura de la tolva se realiza por medio de un servo motor, como se muestra en la Figura 18.

Las figuras 19 y 20, ilustran el prototipo real del sistema desarrollado de la herramienta aspersora de semillas para el cultivo por voleo por medio drones agrícolas con sistema de control y mando a distancia.

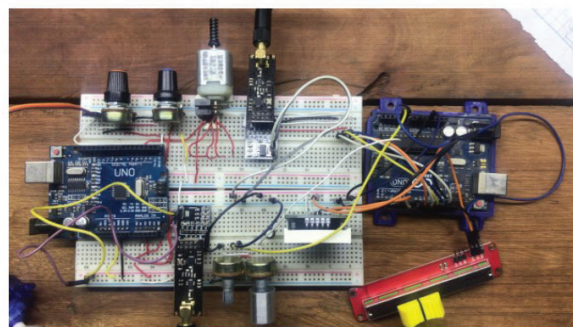


Figura No. 19: Sistema electrónico de comunicación por medio del módulo Transceptor Rf Nrf24l01.

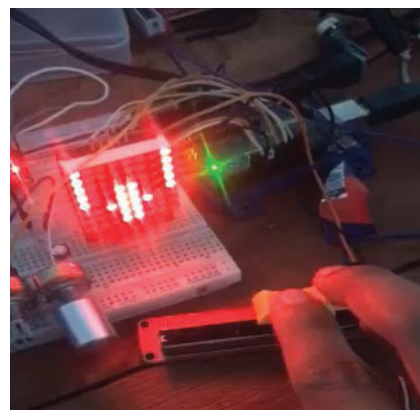


Figura No. 20: Demostrando el correcto funcionamiento del prototipo funcional

10. Deforestación

La deforestación es la pérdida de bosques y selvas debido al impacto de actividades humanas o causas naturales.

Existe un método práctico llamado Nendo Dango, que se basa principalmente en la filosofía de dar y recibir de forma natural, en lugar de exigir a la Tierra hasta agotarla.

Consiste básicamente en una técnica donde se encapsulan las semillas seleccionadas con arcilla, como en la figura 21, la cual actuará como un escudo protector que proporcionará el medio adecuado para que tu semilla germine, sin que las aves se la coman cuando sean expandidas por la tierra.



Figura No. 21: Semilla de reforestación. Fuente: [8]

Estas bolas de arcilla permitirán sustituir el arado y trabajar los suelos desde una perspectiva consciente hacia el cuidado del medio ambiente, ya que se evita todo tipo de intervención para que la naturaleza siga con su curso natural, ya que, al no arar, el suelo mantiene su composición con sus características óptimas.

De la misma forma, no se ocupan abonos ni fertilizantes puesto que, mediante la interacción de los diferentes elementos botánicos, animales y minerales del suelo, la fertilidad del terreno de cultivo se regenera como en cualquier ecosistema.

Y es que el Nendo Dango no solamente tiene un propósito en la agricultura natural, sino que cumple un rol importante en la reforestación, ya que muchas personas y/o fundaciones han optado por esta sencilla y económica práctica como vía para plantar árboles en lugares deforestados. [8]

Es posible adaptar la herramienta para esparcir este tipo de semillas de diámetro grande, tan solo resta quitar el mecanismo del disco giratorio y controlar la apertura de la tolva para que pueda liberar cierta cantidad de semilla.

Asimismo, teniendo en cuenta las semillas que se pueden sembrar por el método de voleo, de acuerdo con su diámetro las semillas y a la cantidad de semillas por hectárea para esta forma de siembra son

- Perejil: 3 a 5 kilogramos por hectárea, el diámetro de la semilla es de 3-4 mm.
- Rabanito: 10 a 12 kilogramos por hectárea, el diámetro de la semilla es de 3 a 3.5 mm.

- Arroz: 130 kilogramos por hectárea, él tiene una longitud del grano de más de 5,2 mm, pero no más de 6,0 mm y una relación longitud/anchura de menos de 3.
- Locoto: de 5 a 6 kilogramos por hectárea, el diámetro de la semilla es de 5 cm.
- Tomate: 0.20 a 0.40 kilogramos por hectárea, el diámetro de la semilla es de 3 cm hasta 16 cm.
- Pasto: 650 a 800 kg kilogramos por hectárea, el diámetro de la semilla es de 2 a 3 mm.

Por esta razón, el alcance de cada semilla a sembrar, como se muestra en la figura 21, por el método al voleo dependerá del motor que se vaya a utilizar para esparcir estas, sabiendo que este estará sujeto a cambios, hasta obtener un buen rango de trabajo, por lo cual, al no poder hacer las pruebas requeridas para dicha labor, el rango máximo estimado de trabajo será de 4 metros de radio, desde donde se lanza, tomando a consideraciones las diferentes variedades de semillas a plantar previamente dichas.

11. Recomendaciones de evolución a un prototipo 2.0

1. En la actualidad los drones mejoran sus capacidades, en cuanto al mando a distancia, teniendo la posibilidad de controlar más variables, por medio de los diferentes canales disponibles en el receptor que incluye el mando a distancia. Usualmente los drones que cumplen funciones agrícolas solo necesitan de 6 a 9 canales de comunicación. En el mercado actual, los controles RF, no solo han aumentado la capacidad de distancia, sino que también pueden tener hasta 10 canales de comunicación, dando paso a la posibilidad de controlar por medio del mando, las variables de la apertura de la tolva y la velocidad del motor.
2. La interfaz HMI, junto con la mejora antes mencionada, se puede cambiar la manera de visualización a una pantalla LCD, para poder mostrar a detalle las variables.
3. Teniendo en cuenta la toma de datos de calidad del aire, y de efecto invernadero, podemos almacenar los datos recolectados de estos sensores para realizar un estudio de la zona o región en donde se está implementando esta herramienta, para tener mejor calidad de los datos de la zona más afectada por estos gases que en su momento son nocivos para el cultivo.

E. Análisis Costo Beneficio.

Aclaraciones respecto al análisis costo beneficio

- Se realizaron 3 análisis costo beneficio.
- En los dos primeros se realiza un análisis considerando la fabricación del producto sobre pedidos.

- En el último análisis se revisó la oferta del servicio haciendo una inversión de dos unidades y analizando el mercado actual del mismo, en zonas agrícolas, teniendo en cuenta algunos viáticos y daños mes a mes de la Herramienta.
- Las proyecciones se hicieron a 1 año.

Decisión de inversión ASPERSION por meses con flujo de caja					
Nombre del proyecto a Evaluar	aspiracion pesimista	aspiracion sin perdidas		total	\$1.500.000
Tasa de descuento	5%	5%			
Periodo	aspiracion pesimista	aspiracion sin perdidas		aspiracion pesimista	aspiracion sin perdidas
0	Flujo de Fondos	Flujo de Fondos		TIR	5,40%
1	\$1.500.000	-\$13.000.000		VAN	\$ 294.877,45
2	\$1.500.000	\$3.000.000		TIR	12,63%
3	\$1.500.000	\$3.000.000		VAN	\$ 2.237.076,29
4	\$1.500.000	\$3.000.000			
5	\$1.500.000	\$3.000.000			
6	\$1.500.000	\$3.000.000			
7	\$1.500.000	\$3.000.000			
8	\$1.500.000	\$3.000.000			
9	\$1.500.000	\$3.000.000			
10	\$1.500.000	\$3.000.000			
11	\$1.500.000	\$3.000.000			
12	\$1.500.000	\$3.000.000			

Figura No. 22: Análisis costo beneficio vendiendo el producto
Fuente: Propia

Nombre del proyecto a Evaluar	aspiracion com.	viaticos Mes x mes	\$320.000	total	\$1.080.000
Tasa de descuento	6%	Cantidad por mes	\$1.400.000		
Periodo	aspiracion com.	garato mes - T-desuento		aspiracion com.	
0	Flujo de Fondos			TIR	7,33%
1	\$1.080.000	\$760.000		VAN	\$ 3.373.723,98
2	\$1.080.000	\$760.000			
3	\$1.080.000	\$760.000			
4	\$1.080.000	\$760.000			
5	\$1.080.000	\$760.000			
6	\$1.080.000	\$760.000			
7	\$1.080.000	\$760.000			
8	\$1.080.000	\$760.000			
9	\$1.080.000	\$760.000			
10	\$1.080.000	\$760.000			
11	\$1.080.000	\$760.000			
12	\$1.080.000	\$760.000			

Figura No. 143: Análisis costo beneficio ofreciendo el servicio de aspersión. Fuente: Propia

Para el tercer análisis se realizó la siguiente tabla que estima los gastos con respecto a los viáticos y a los costos por daños durante el mes.

dinero para daños mes a mes	viaticos mes	gastos
1	\$20.000	\$300.000
2	\$20.000	\$300.000
3	\$20.000	\$300.000
4	\$20.000	\$300.000
5	\$20.000	\$300.000
6	\$20.000	\$300.000
7	\$20.000	\$300.000
8	\$20.000	\$300.000
9	\$20.000	\$300.000
10	\$20.000	\$300.000
11	\$20.000	\$300.000
12	\$20.000	\$300.000

Figura No. 24: Tabla de gastos. Fuente: Propia

En las figuras 22 a la 24, se realizaron los análisis basados en valor actual neto (VAN) correspondiente a \$ 5.343.453,79 de pesos colombianos y la tasa interna de retorno (TIR) de 8,02%, estos evaluados bajo el 6% de tasa de descuento, asimismo, se puede decir que se obtuvo que la rentabilidad del proyecto actual es viable si se hace la prestación del servicio, se empieza a recuperar el dinero en un lapso de 5 meses, resaltando que esta herramienta disminuiría dinero en cuanto a la mano de obra y perdidas por repetibilidad en la aspersión de semillas.

La mejora proyectada de acuerdo con los resultados obtenidos, se enmarcan en cuanto a la mejora en la

repetibilidad en el proceso de aspersión de las semillas aumentando los índices de repetibilidad en cuanto a la aspersión acertada, mencionando que la herramienta desarrollada que proyecta mejorar en la velocidad de dispersión que es de 15 kg/min, confrontando con la siembra directa y tradicional que se realiza con granos de 0,5-5 mm de tamaño, también este prototipo propone un funcionamiento aproximadamente mayor a 70 veces más rápido que las operaciones tradicionales de aspersión.

El prototipo tiene un valor aproximado de \$ 1.008.145,00 de pesos colombianos, sin tener en cuenta imprevistos en la ejecución del proyecto, analizando los prototipos del mercado con los métodos tradicionales, su beneficio se recuperaría en 5 meses, lo que será poco tiempo para visualizar en tiempo real las ventajas de un sistema aspersor de semillas para el cultivo por voleo por medio drones agrícolas bajo un sistema de control y mando a distancia, que mejoraría la aspersión de semillas en tiempos de sequía o lluvias en los campos y terrenos aptos para la siembra.

IV. CONCLUSIONES

En cuanto a la adaptabilidad de la herramienta a los diferentes drones del mercado, se cuenta con la posibilidad de utilizar los diferentes canales que no utiliza el mando a distancia del dron para poder controlar las diferentes variables de la herramienta permitiendo que solo se haga la toma de datos en la interfaz HMI de los diferentes sensores y la controlabilidad del motor y la apertura de la tolva se haga por medio del control que usa el dron.

Para la toma de datos se pudo observar por medio de pruebas e investigación (Datasheet), que los sensores MQ deben pasar por un proceso de iniciación para lograr tomar medidas exactas, esto nos constituye un problema a la hora de poner el mecanismo en funcionamiento en términos de eficiencia.

La mayoría de las herramientas de aspersión de semillas en el mercado, se limitan a dispersar las semillas en un Angulo total de 360°, lo cual desaprovechan el alcance al que puede llegar la semilla, como se puede evidenciar en los antecedentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ambientales, M. (2018). Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales. Obtenido de Ambientales.Info
- [2] Effort-tech (2020). SPREADING SYSTEM V2.0.
- [3] Encolombia (2021). El problema de la Deforestación.
- [4] González, G. (2016). ¿Por qué es Arduino útil y qué se puede crear con él? Obtenido de blogthinkbig.com
- [5] H. A. Solórzano-Plaza, C. C. Torres-Estacio, J. S. Hernández Martínez. (2018). Diseño de un robot aéreo móvil con un sistema de sensores inalámbricos para el monitoreo de gases tóxicos en el exterior de la refinaria estatal de Esmeraldas. Polo del Conocimiento.

- [6] Hernández, S. (2017). Minambiente. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res-2254-de-2017.pdf>
- [7] Hobby Tuxtla (2020). Agras T20: Dron para fumigación y aspersión de 20L.
- [8] Landerasur (2019). Nendo dango, el poder de lo simple en la agricultura natural
- [9] Llamas, L. (2016). Detector de gases con Arduino y familias MQ. Ingeniería, Informática, Diseño.
- [10] LR La República (2021). “El campo debe tener régimen laboral propio, que permita contratos de trabajo por horas”.
- [11] Mongabay (2021). Colombia: el 62% de la deforestación de 2019 se concentró en la Amazonia.
- [12] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021) Mecanización Agrícola Sostenible. Obtenido de AMBIENTALES.INFO
- [13] Programarfácil (2020). Matriz LED con Arduino MAX7219 MAX7221.
- [14] Robots-argentina (2020). Arduino: Comunicación inalámbrica con NRF24L01
- [15] Vargas, M. (2015). Arduino una Herramienta Accesible para el Aprendizaje de Programación. Revista Tecnológica e Innovación.