

DOA



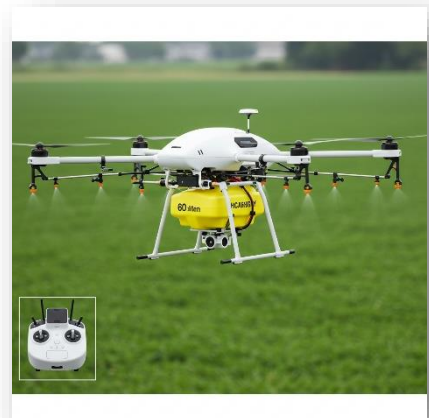
FICHA DESCRIPTIVA
AVIÓN FUMIGADOR 60L
MODELO: ANTDF-030586

Introducción

La agricultura moderna se ha transformado significativamente con la adopción de tecnologías avanzadas. Entre ellas, los drones agrícolas han emergido como herramientas fundamentales para la gestión y el tratamiento de cultivos. Estos vehículos aéreos no tripulados ofrecen una alternativa eficiente y precisa a los métodos tradicionales de pulverización, permitiendo a los agricultores optimizar el uso de recursos, reducir el desperdicio de productos químicos y minimizar la necesidad de mano de obra intensiva. La capacidad de aplicar tratamientos de manera uniforme y oportuna contribuye a mejorar la salud de los cultivos y aumentar los rendimientos. Esta ficha descriptiva se centra en los aviones fumigadores con una capacidad de tanque de 60 litros, un segmento importante dentro del mercado de drones agrícolas. Se proporciona una visión detallada de sus especificaciones técnicas, capacidades operacionales, funciones específicas, aplicaciones y consideraciones de uso. Si bien las características precisas pueden variar entre fabricantes y modelos, esta descripción busca ofrecer una perspectiva general basada en la información disponible.

Componentes Principales:

- **Motor:** Proporciona la potencia. híbrido (motor de gasolina + motores eléctricos).
- **Alas/Rotores:** Diseño multirotor (cuadricóptero o hexacóptero) para despegue y aterrizaje vertical (VTOL) y maniobrabilidad. Las hélices generan empuje.
- **Fuselaje:** Cuerpo principal, típicamente de materiales ligeros y resistentes (fibra de carbono, aluminio). Proporciona soporte estructural. Brazos plegables son comunes.
- **Tren de Aterrizaje:** Soporta el dron en el suelo.
- **Sistema de Pulverización:** Tanque 60 litros, resistente a la corrosión, bomba(s) (presión y flujo constante), mangueras y boquillas (atomización y dispersión).. Las boquillas pueden ser de diferentes tipos (cono hueco, abanico, etc.) y materiales (cerámica).



- **Sistema de Control:** Controlador de vuelo, receptor GPS/GNSS, unidad de medida inercial (IMU), sensores. Se comunica con el control remoto y gestiona el vuelo y la pulverización.

Especificaciones Técnicas

Capacidad del Tanque de Pulverización: La característica principal es su tanque de 60 litros, diseñado para transportar la solución de pulverización.



La capacidad del tanque de pulverización, que en el caso de estos drones fumigadores se establece en 60 litros, representa el volumen máximo de mezcla líquida –compuesta por agua combinada con productos fitosanitarios como pesticidas, herbicidas o fungicidas, así como fertilizantes líquidos u otros aditivos– que la aeronave no tripulada es capaz de transportar en cada vuelo. Esta capacidad de 60 litros se considera considerable dentro del espectro de

drones agrícolas, posicionando a estos modelos en un segmento adecuado para atender las necesidades de explotaciones agrícolas de mediana y gran escala, donde la eficiencia en la cobertura de superficie es un factor clave. Un tanque de este volumen permite tratar extensiones significativas de terreno antes de requerir un reabastecimiento, lo que se traduce en una mayor autonomía operativa y una reducción en el número de interrupciones para recargar, optimizando así el tiempo total dedicado a las tareas de pulverización y, en última instancia, incrementando la productividad. Si bien existen drones con tanques de menor y mayor capacidad, los modelos de 60 litros ofrecen un equilibrio entre la cantidad de líquido transportado, el peso total del dron (que impacta directamente en el tiempo de vuelo y el consumo de energía) y la maniobrabilidad de la aeronave, haciéndolos una opción versátil y adaptable a una variedad de cultivos y condiciones de operación. Es importante tener en cuenta que la capacidad real utilizable del tanque puede ser ligeramente inferior a los 60 litros nominales, debido a factores como la necesidad de dejar un margen de seguridad para evitar derrames y la posible presencia de sistemas de agitación interna.

Implicaciones:

- **Autonomía:** Una mayor capacidad permite cubrir más terreno antes de tener que regresar a la base para recargar.
- **Eficiencia:** Reduce el número de interrupciones para reabastecimiento, optimizando el tiempo de trabajo.
- **Limitaciones:** Un tanque más grande implica mayor peso, lo que puede afectar el tiempo de vuelo (especialmente en drones eléctricos) y la maniobrabilidad. El diseño del dron debe equilibrar capacidad y peso.
- **Material:** El tanque debe ser de un material resistente a la corrosión y compatible con los productos químicos utilizados en agricultura. Los plásticos de alta resistencia y la fibra de carbono son comunes.



Carga Útil Máxima (Payload): La carga útil de un dron fumigador de 60 litros, que típicamente ronda los 60 kg, se refiere fundamentalmente al peso máximo del líquido que puede transportar, considerando que la densidad de las soluciones utilizadas en agricultura (mezclas de agua con productos fitosanitarios o fertilizantes) es muy próxima a la del agua (1 litro \approx 1 kg). Esta relación directa entre la capacidad del tanque (60 litros) y la carga útil (aproximadamente 60 kg) simplifica los cálculos operativos, permitiendo a los agricultores estimar fácilmente cuánto producto pueden aplicar en cada vuelo. Sin embargo, es crucial diferenciar la carga útil del peso máximo de despegue (MTOW), que se sitúa entre 90 y 120 kg para estos drones; el MTOW incluye tanto la carga útil (principalmente el líquido) como el peso en vacío del dron, que comprende la estructura, los motores, la batería (o el sistema de combustible en modelos híbridos), los sistemas de control, el sistema de pulverización y cualquier otro accesorio. La diferencia entre el MTOW y la carga útil indica el peso del dron en vacío, el cual puede variar significativamente según el diseño, los materiales de construcción (fibra de carbono, aluminio, plásticos de alta resistencia) y la configuración específica del dron (tipo de batería, número de rotores, etc.). En esencia, la carga útil es un factor limitante clave: determina la

cantidad máxima de tratamiento que puede realizarse en un solo vuelo, ya que superar este peso comprometería la seguridad y el rendimiento del dron.

Implicaciones:

- **Limitación de Peso:** Superar la carga útil máxima compromete la seguridad del vuelo y puede dañar el dron.
- **Flexibilidad:** Una mayor carga útil permite, llevar sensores o equipos adicionales
- **Peso máximo de despegue:** La suma del peso en vacío y la carga útil.

Dimensiones: Las dimensiones de un dron fumigador de 60 litros, y en general de cualquier dron, son un factor de diseño crítico que resulta de un balance entre la necesidad de estabilidad durante el vuelo y la conveniencia para el transporte y almacenamiento. En su estado operativo, es decir, con los brazos completamente extendidos y listo para despegar, un dron de esta categoría típicamente presenta dimensiones alrededor de 2300mm x 2300mm x 1350mm (aproximadamente 2.3 metros x 2.3 metros x 1.35 metros), donde las dos primeras medidas representan la envergadura (distancia entre las puntas de las hélices opuestas) y la última es la altura. Esta considerable envergadura proporciona una base amplia y estable que contribuye a un vuelo más controlado, especialmente en condiciones de viento ligero, y permite la instalación de un sistema de pulverización con múltiples boquillas para una cobertura eficiente.

No obstante, estas dimensiones dificultan el transporte del dron en vehículos convencionales y requieren un espacio de almacenamiento considerable. Para resolver este inconveniente, la mayoría de estos drones incorporan un diseño plegable, donde los brazos que sostienen los rotores se pueden retraer o plegar hacia el cuerpo principal, reduciendo



significativamente su tamaño a unas dimensiones aproximadas de 1050mm x 1080mm x 1350mm (aproximadamente 1 metro x 1 metro x 1.35 metros). Obsérvese que la altura generalmente se mantiene, mientras la longitud y ancho se reducen drásticamente. Esta capacidad de plegado es una característica esencial para la practicidad en el uso agrícola diario, ya que permite a los operadores transportar el dron en la parte trasera de una camioneta o en un remolque pequeño, y almacenarlo en un espacio relativamente compacto cuando no está en uso, facilitando la logística y protegiendo el equipo de daños durante el transporte.

Implicaciones:

- **Estabilidad:** Un avión fumigador más grande suele ser más estable en vuelo, especialmente en condiciones de viento.
- **Maniobrabilidad:** Un avión fumigador más pequeño puede ser más ágil en espacios reducidos (aunque un avión fumigador de 60 litros no está diseñado para espacios muy confinados).
- **Transporte:** La capacidad de plegado es crucial para la logística.
- **Altura:** Generalmente, la altura se mantiene constante en ambos estados.



Peso: El peso varía según el modelo y la configuración. El peso en vacío suele estar entre 22 y 60 kg. El peso máximo de despegue (incluyendo dron y carga útil) se sitúa entre 90 y 120 kg. El peso influye en el tiempo de vuelo y la potencia requerida.

Implicaciones:

- **Tiempo de Vuelo:** Un dron más pesado consume más energía para mantenerse en el aire, reduciendo el tiempo de vuelo.
- **Potencia:** Los motores deben ser lo suficientemente potentes para levantar el MTOW.

- **Regulaciones:** Las normativas de aviación suelen establecer límites de peso para los drones.

Fuente de Energía: Suelen utilizar sistemas híbridos (gasolina y electricidad) Los sistemas híbridos ofrecen tiempos de vuelo más largos (aproximadamente 1 hora) y mayor eficiencia (hasta 20 hectáreas por hora). Usan una mezcla de combustible y tienen un tanque de combustible de unos 8 litros.

Velocidad de Vuelo: La velocidad operativa típica para una pulverización eficiente ronda los 8-10 m/s, con algunos modelos ofreciendo un rango variable.

Ancho de Pulverización: El ancho efectivo varía entre 3 y 12 metros, permitiendo cubrir una superficie considerable en cada pasada.

Un mayor ancho influye en la eficiencia, reduciendo el número de pasadas.

Eficiencia Operacional: Los modelos híbridos pueden alcanzar unas 20 hectáreas por hora, adecuados para grandes explotaciones. Los eléctricos, con tiempos de vuelo más cortos, tendrán una cobertura menor (típicamente alrededor de 6 acres por vuelo).



Capacidades y Funciones Específicas

Además de las especificaciones técnicas, los aviones fumigadores de 60 litros ofrecen capacidades y funciones diseñadas para optimizar las tareas de pulverización y otras aplicaciones agrícolas:

Sistema de Dispersión de Líquidos: Utilizan un sistema de pulverización a presión para dispensar el líquido a través de múltiples boquillas. Algunos modelos incorporan un modo de doble bomba para asegurar presión y caudal constantes (flujo máximo de 1.5 a 5 kg/min).



Permiten personalizar parámetros como el tamaño de las gotas.

Pulverización a Presión: El sistema utiliza una bomba para presurizar el líquido del tanque y forzarlo a salir a través de las boquillas. La presión es un factor clave para la calidad de la pulverización.

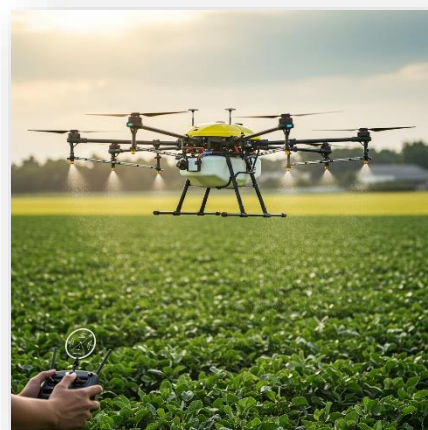
Componentes Clave:

- **Bomba(s):** Las bombas de diafragma son comunes en drones agrícolas por su fiabilidad y capacidad de manejar productos químicos.
 - **Modo de Doble Bomba:** Algunos drones usan dos bombas trabajando en conjunto para:
 - Aumentar el caudal (mayor volumen de líquido pulverizado por minuto).
 - Mantener una presión más constante, incluso si una boquilla se obstruye parcialmente.
 - Permitir la pulverización de líquidos más viscosos.
- **Mangueras:** Transportan el líquido desde el tanque hasta las boquillas. Deben ser resistentes a la presión y a los productos químicos.
- **Boquillas:** Elementos críticos que determinan el tamaño de las gotas, el patrón de pulverización (abanico, cono, etc.) y el ángulo de pulverización.
 - **Tipos de Boquillas:**
 - **Boquillas de Cono Hueco:** Producen gotas finas, adecuadas para insecticidas y fungicidas que requieren buena cobertura.
 - **Boquillas de Abanico Plano:** Producen un patrón de pulverización en forma de abanico, adecuado para herbicidas.
 - **Boquillas de Inyección de Aire:** Mezclan aire con el líquido para producir gotas más grandes, reduciendo la deriva (desplazamiento del producto por el viento).

- **Material de las Boquillas:** Cerámica, acero inoxidable, polímeros. La cerámica es resistente al desgaste y la corrosión.
- **Filtros:** Evitan que partículas obstruyan las boquillas.
- **Medidor de Flujo:** Permite monitorizar y ajustar el caudal en tiempo real, asegurando una aplicación precisa.

Personalización de Parámetros:

- **Tamaño de Gota:** Crucial para la eficacia del tratamiento. Gotas finas ofrecen mejor cobertura, pero son más susceptibles a la deriva. Gotas más grandes reducen la deriva, pero pueden no cubrir tan bien. El tamaño de gota se controla ajustando la presión y eligiendo el tipo de boquilla adecuado.
- **Caudal:** La cantidad de líquido pulverizado por unidad de tiempo (litros/minuto o galones/minuto). Se ajusta según el tipo de tratamiento y la velocidad de vuelo.



Sistema de Control de Vuelo: Fundamental para un vuelo estable y fiable. Admiten varios modos: manual, autónomo con navegación por puntos de referencia (operación de punto A y B), y, potencialmente, seguimiento del terreno. Funciones como despegue y aterrizaje con un solo botón simplifican la operación.

Controlador de Vuelo (FC): Procesa datos de los sensores y controla los motores para mantener el vuelo estable y ejecutar los comandos del operador.



Unidad de Medida Inercial (IMU): Mide la orientación y la aceleración del dron (giroscopios y acelerómetros).

Barómetro: Mide la presión atmosférica para determinar la altitud.

Brújula (Magnetómetro): Proporciona información sobre la dirección (rumbo).

Receptor GPS/GNSS: Recibe señales de satélites para determinar la posición del dron.

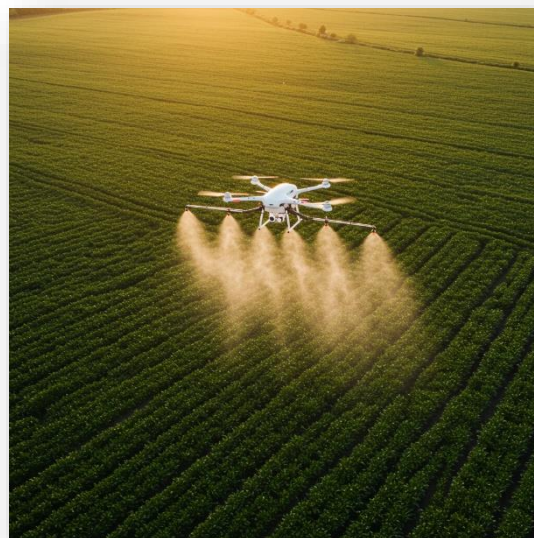
Modos de Vuelo:

- **Manual:** El operador controla directamente el dron con el control remoto. Requiere habilidad.
- **Autónomo (Waypoint Navigation):** El operador define una ruta con puntos de referencia (waypoints) en un mapa. El dron vuela automáticamente de un punto a otro, realizando la pulverización.
 - **Operación de Punto A y B:** Un tipo simplificado de vuelo autónomo donde el dron vuela en línea recta entre dos puntos definidos.
- **Seguimiento del Terreno:** El dron utiliza un radar o sensor láser para medir la distancia al suelo y ajustar automáticamente su altitud para mantener una altura constante sobre el cultivo, incluso en terrenos irregulares.



Funciones de Simplificación:

- **Despegue y Aterrizaje con un Solo Botón:** Automatiza estas maniobras críticas.
- **Retorno a Casa (RTH):** El dron regresa automáticamente al punto de despegue en caso de pérdida de señal, batería baja u otra emergencia.
- **Control de Altitud:** El dron se mantiene estable a una altura determinada.



Sistemas de Navegación: Para una navegación precisa, se equipan con GPS o GNSS. Muchos ofrecen RTK (Cinemática en Tiempo Real) para precisión centimétrica, crucial para pulverización selectiva y reducción de solapamiento. El radar de control de altura permite mantener una altitud estable, incluso en terrenos irregulares.

GPS (Global Positioning System): El sistema de navegación por satélite más común. Proporciona una precisión de unos pocos metros.

GNSS (Global Navigation Satellite System): Un término más general que incluye GPS, GLONASS (Rusia), Galileo (Europa) y BeiDou (China). Usar múltiples sistemas GNSS puede mejorar la precisión y la fiabilidad.

RTK (Real-Time Kinematic): Una técnica que mejora significativamente la precisión del GPS/GNSS.

- **Funcionamiento:** Utiliza una estación base en tierra (con una posición conocida con precisión) y un receptor RTK en el dron. La estación base envía correcciones al dron en tiempo real, permitiendo una precisión de centímetros.
- **Ventajas:** Crucial para aplicaciones de precisión como la pulverización selectiva (aplicar productos solo donde se necesitan), la siembra de precisión y la creación de mapas detallados.

Radar de Control de Altura: Mide la distancia al suelo o al dosel del cultivo. Permite un vuelo más preciso a baja altura y el seguimiento del terreno.

Otras Funciones: Algunos drones ofrecen funcionalidades adicionales. La pulverización en punto de interrupción permite reanudar la operación tras una recarga o cambio de batería. Pueden incluir detección de nivel de líquido y retorno automático. Para mayor seguridad, algunos tienen sistemas de evitación de obstáculos (radares frontales y traseros). El seguimiento del terreno ajusta la altitud automáticamente.

Aplicaciones

Los aviones fumigadores de 60 litros tienen una amplia gama de aplicaciones, mejorando la eficiencia y sostenibilidad:

Tratamientos Comunes:

1. **Pulverización de Pesticidas (Control de Plagas):** Los pesticidas son sustancias químicas (o biológicas) utilizadas para controlar plagas de insectos, ácaros, nematodos y otros organismos que pueden dañar los cultivos. Los drones permiten una aplicación rápida y uniforme de pesticidas, llegando a todas las partes de la planta, incluyendo el envés de las hojas, donde a menudo se esconden las plagas. La precisión de la aplicación con drones ayuda a reducir la cantidad total de pesticida utilizado, minimizando el impacto ambiental y los costos.
2. **Aplicación de Herbicidas (Control de Malezas):** Los herbicidas son productos químicos diseñados para eliminar o inhibir el crecimiento de malezas (plantas no deseadas) que compiten con los cultivos por agua, nutrientes y luz solar. Los drones pueden aplicar herbicidas de manera selectiva, solo donde se detectan malezas, o de manera general, sobre todo el campo. La aplicación precisa reduce el uso de herbicidas y minimiza el riesgo de daño a los cultivos.

3. **Fertilización (Líquida o Granulada):**

Los fertilizantes proporcionan nutrientes esenciales (nitrógeno, fósforo, potasio, etc.) a las plantas para promover su crecimiento y desarrollo. Los drones pueden aplicar fertilizantes líquidos directamente sobre las hojas (fertilización foliar) o, con un accesorio especial, distribuir fertilizantes granulados sobre el suelo. La fertilización foliar es particularmente útil para corregir deficiencias nutricionales rápidamente.



4. **Aplicación de Fungicidas (Prevención y Tratamiento de Enfermedades):**

Los fungicidas son sustancias que controlan o previenen enfermedades causadas por hongos en las plantas. Los drones permiten una aplicación oportuna de fungicidas, especialmente importante durante períodos de alta humedad o cuando se detectan los primeros signos de enfermedad. La aplicación aérea con drones asegura una buena cobertura, incluso en cultivos densos.

5. **Aplicación de Reguladores de Crecimiento:** Los reguladores de crecimiento son sustancias que influyen en el desarrollo de las plantas, como la altura, la floración, la fructificación o la maduración. Los drones pueden aplicar estos reguladores de manera precisa para optimizar el rendimiento y la calidad de los cultivos. Por ejemplo, se pueden usar para evitar que las plantas crezcan demasiado altas o para sincronizar la maduración de los frutos.

6. **Desecación (Secado de Cultivos Antes de la Cosecha):** La desecación es la aplicación de un producto químico que acelera el secado de las plantas antes de la cosecha. Esto se hace en cultivos como la canola, el algodón o la patata para facilitar la recolección mecánica y reducir las pérdidas. Los

drones permiten una aplicación uniforme del desecante, asegurando un secado homogéneo del cultivo.

Escenarios de Uso:

1. **Tratamiento Eficiente de Grandes Extensiones:** Los drones fumigadores de 60 litros, especialmente los modelos híbridos, son ideales para tratar grandes áreas de cultivo de manera rápida y eficiente. Su alta capacidad de carga y autonomía les permiten cubrir hasta 20 hectáreas por hora, superando con creces la capacidad de los pulverizadores terrestres tradicionales o la aplicación manual.
2. **Campos Pequeños e Irregulares:** Los drones son muy útiles en campos pequeños o con formas irregulares donde la maquinaria terrestre (tractores con pulverizadores) tiene dificultades para maniobrar o acceder. Su capacidad de despegue y aterrizaje vertical (VTOL) y su agilidad les permiten operar en estos entornos con facilidad.
3. **Áreas con Topografía Difícil o Condiciones de Suelo Complicadas:** En terrenos con pendientes pronunciadas, suelos blandos, embarrados o inundados, los drones pueden operar sin problemas, mientras que la maquinaria terrestre podría quedar atascada o causar daños al suelo y al cultivo.
4. **Aplicación Oportuna en Ventanas Climáticas Estrechas o Etapas Críticas del Cultivo:** Los drones permiten realizar tratamientos fitosanitarios de forma rápida y precisa, incluso cuando las condiciones climáticas son adversas (lluvia inminente, viento) o cuando el tiempo es limitado (por ejemplo, durante la floración o antes de una plaga se propague).
5. **Tratamiento Selectivo de Áreas con Infestaciones:** Gracias a la precisión de los sistemas de navegación (GPS/GNSS, RTK) y la posibilidad de integrar cámaras multiespectrales, los drones pueden identificar y tratar solo las áreas específicas del campo afectadas por plagas, malezas o

enfermedades, reduciendo significativamente el uso de productos químicos y el impacto ambiental. Esto se conoce como agricultura de precisión.

6. **Reducción del Riesgo de Contaminación del Aplicador:** En comparación con la pulverización manual, donde el operador está en contacto directo con los productos químicos, el uso de drones reduce significativamente el riesgo de exposición y contaminación del aplicador.
7. **Minimización de la Compactación del Suelo y Daños a Cultivos:** La maquinaria agrícola pesada, como los tractores, puede compactar el suelo, reduciendo la porosidad y afectando el crecimiento de las raíces. También puede dañar los cultivos al pasar sobre ellos. Los drones, al no tener contacto con el suelo ni con las plantas, eliminan estos problemas.

Descripción Completa del Avión Fumigador

Un avión fumigador de 60 litros es un sistema complejo compuesto por varios componentes que trabajan en conjunto:

Cultivos para los que se Puede Utilizar

Versátiles, se usan en una amplia variedad de cultivos:

1. **Cereales (Arroz, Trigo, Maíz):** Los cereales son cultivos de gran extensión y importancia económica a nivel mundial. Los drones fumigadores son particularmente útiles en estos cultivos por varias razones:
 - **Gran Escala:** Los campos de cereales suelen ser muy extensos, y los drones permiten cubrir grandes áreas en poco tiempo.
 - **Tratamientos Frecuentes:** Los cereales requieren aplicaciones regulares de pesticidas, fungicidas y fertilizantes durante su ciclo de crecimiento.



- **Arrozales:** En el caso del arroz, que se cultiva en campos inundados, los drones ofrecen una ventaja significativa sobre la maquinaria terrestre, que no puede operar en estas condiciones.
2. **Oleaginosas (Soja, Canola/Colza):** Las oleaginosas son cultivos de los que se extraen aceites vegetales. Al igual que los cereales, suelen cultivarse en grandes extensiones. Los drones son eficaces para:
- **Control de Malezas:** La aplicación de herbicidas es crucial en las primeras etapas del cultivo.
 - **Control de Plagas y Enfermedades:** Los drones permiten una aplicación rápida y precisa de insecticidas y fungicidas.
 - **Desecación:** En el caso de la canola/colza, la desecación antes de la cosecha es una práctica común, y los drones facilitan esta tarea.
3. **Hortícolas (Patata, Tomate, Pimiento, Melón, Calabaza, y muchas otras):** Las hortalizas son cultivos de alto valor que requieren un manejo intensivo. Los drones ofrecen ventajas en:
- **Tratamientos Frecuentes y Precisos:** Las hortalizas son susceptibles a numerosas plagas y enfermedades, y los drones permiten realizar tratamientos frecuentes y dirigidos a zonas específicas.
 - **Cultivos en Invernadero:** Aunque los drones de 60 litros son más adecuados para campo abierto, se están desarrollando tecnologías para su uso en invernaderos (como se mencionó anteriormente), donde pueden aplicar pesticidas, fungicidas o incluso compuestos de sombreado.
 - **Diversidad de Cultivos:** La versatilidad de los drones les permite adaptarse a una gran variedad de hortalizas, cada una con sus propias necesidades de tratamiento.

4. **Frutales (Frutales en general, Uva, Cítricos):** Los frutales, como manzanos, perales, duraznos, así como viñedos y cítricos, presentan desafíos particulares debido a su estructura (árboles o arbustos). Los drones son útiles para:

- **Cobertura Uniforme:** Los drones pueden aplicar productos de manera uniforme en toda la copa del árbol, llegando a zonas de difícil acceso.
 - **Control de Plagas y Enfermedades:** Los frutales son susceptibles a diversas plagas y enfermedades, y los drones permiten una aplicación rápida y eficiente de los tratamientos.
 - **Aplicación de Reguladores de Crecimiento:** Los drones pueden aplicar reguladores para controlar el tamaño de los árboles, mejorar la floración o la calidad de la fruta.
- **Vides:** Se adaptan muy bien al uso de drones para la aplicación de tratamientos.

5. **Cultivos Extensivos (Algodón):** El algodón es un cultivo extensivo que requiere un manejo cuidadoso de plagas y malezas. Los drones son eficientes para:

- **Aplicación de Insecticidas:** El algodón es susceptible a varias plagas de insectos, y los drones permiten una aplicación rápida y precisa de insecticidas.
- **Defoliación:** Antes de la cosecha, se aplican defoliantes para eliminar las hojas de las plantas y facilitar la recolección mecánica. Los drones son ideales para esta tarea.

6. Otros (Caña de Azúcar, Pastos):

- **Caña de Azúcar:** Los drones pueden aplicar maduradores (productos que aceleran la maduración de la caña) o controlar plagas en este cultivo de gran altura.
- **Pastos:** Los drones pueden utilizarse para controlar malezas en pastizales o aplicar fertilizantes para mejorar la producción de forraje.

Horas de Vuelo y Vida Útil

La eficiencia y sostenibilidad económica dependen de las horas de vuelo y vida útil:

- **Tiempo de Vuelo Típico:** Varía según energía, carga y condiciones. Híbridos: ~1 hora. Eléctricos: 12-30 minutos (algunos hasta 40-60 para tareas específicas).
- **Vida Útil Estimada:** Dron: hasta 5 años (según calidad, uso y mantenimiento). Baterías: 500-1000 ciclos de carga (3-5 años). Motores sin escobillas: >10,000 horas (con buen mantenimiento). ESC: 150-300 horas. Hélices y partes del sistema de pulverización: pueden requerir reemplazo.
- **Mantenimiento:** Fundamental. Inspecciones visuales (antes/después de cada vuelo). Limpieza (motores, hélices, sistema de pulverización). Mantenimiento de baterías (almacenamiento, revisión). Actualización de software/firmware. Revisiones exhaustivas (uso intensivo: cada 12 meses o más).

Uso en Invernaderos y Campo Abierto

Campo Abierto:

- **Diseño y Optimización:** Los drones fumigadores de 60 litros están fundamentalmente diseñados para operar en campos abiertos. Su tamaño, capacidad de tanque y autonomía están optimizados para cubrir grandes

extensiones de terreno de manera eficiente. No están pensados para espacios confinados o con muchos obstáculos.

- **Ventajas en Campo Abierto:**

- **Ausencia de Daños al Cultivo:** A diferencia de la maquinaria terrestre (tractores con pulverizadores), los drones no entran en contacto físico con el cultivo, evitando así daños mecánicos a las plantas y la compactación del suelo. Esto es especialmente importante en cultivos delicados o en etapas avanzadas de crecimiento.
- **Operación en Suelo Húmedo o Inundado:** Los drones pueden operar independientemente de las condiciones del suelo. Después de lluvias intensas, o en cultivos como el arroz que se cultivan en campos inundados, los drones pueden realizar tratamientos mientras que la maquinaria terrestre no podría acceder.
- **Velocidad y Eficiencia:** Cubren grandes áreas rápidamente, lo que permite tratar los cultivos en el momento óptimo, incluso cuando las ventanas de oportunidad son cortas debido a condiciones climáticas o etapas de desarrollo de plagas.

Pulverización Aérea en Aumento: La aplicación aérea de productos fitosanitarios con drones está ganando popularidad, particularmente para la aplicación de fungicidas en cultivos como trigo y maíz. Los agricultores están adoptando esta tecnología debido a las ventajas mencionadas: eficiencia, rapidez, ausencia de daños al cultivo y la capacidad de tratar el cultivo en momentos críticos, independientemente de las condiciones del suelo.

Invernaderos:

Desafíos del Entorno: Los invernaderos presentan un entorno de operación muy diferente al campo abierto, con varios desafíos para los drones

- **Espacio Limitado:** Los invernaderos tienen un espacio aéreo restringido, con techos bajos y estructuras de soporte. Esto limita la maniobrabilidad de los drones, especialmente los de mayor tamaño.
- **Obstáculos:** Además de la estructura del invernadero, puede haber obstáculos como sistemas de riego, iluminación, ventilación y las propias plantas.
- **Falta de Señal GPS:** La estructura del invernadero (especialmente si es metálica) puede bloquear o interferir con la señal GPS, lo que dificulta la navegación precisa del dron. El GPS es fundamental para el vuelo autónomo y la aplicación precisa de tratamientos.

Desarrollo de Drones Especializados: Debido a estos desafíos, se están desarrollando drones más pequeños y especializados para su uso en invernaderos.

Estos drones suelen tener

- **Tamaño Reducido:** Para maniobrar en espacios confinados.
- **Sistemas de Navegación Alternativos:** En lugar de depender exclusivamente del GPS, utilizan sistemas de navegación basados en cámaras (visión por computadora), sensores ultrasónicos y otros sensores para detectar obstáculos y mantener la posición.
- **Mayor Precisión:** Para evitar colisiones y aplicar tratamientos con precisión milimétrica.
- **Requisitos de Espacio Libre:** Para una operación segura y eficiente dentro de un invernadero, se recomienda un espacio libre mínimo entre la parte superior de las plantas y el obstáculo más bajo (techo, tuberías, etc.). Este espacio libre suele ser de alrededor de 2 metros, aunque puede variar según el tamaño del dron y el tipo de operación.
- **Aplicaciones en Invernaderos:** A pesar de los desafíos, los drones se están utilizando cada vez más en invernaderos para diversas tareas

- **Aplicación de Compuestos de Sombreado:** Para controlar la cantidad de luz solar que reciben las plantas, especialmente en climas cálidos. Los drones pueden aplicar estos compuestos de manera más uniforme y rápida que los métodos manuales.
- **Control de Plagas y Enfermedades:** Los drones pueden aplicar pesticidas y fungicidas de manera precisa, llegando a todas las partes de las plantas, incluso en cultivos densos.
- **Polinización:** Se están desarrollando drones para polinizar cultivos en invernaderos, complementando o reemplazando a los insectos polinizadores.
- **Monitoreo: equipado con cámaras**

Funciones Adicionales Posibles

Más allá de la pulverización, pueden tener:

Mapeo y Monitoreo de Cultivos (Cámaras Multiespectrales/Térmicas):

- **Cámaras Multiespectrales:** Estas cámaras capturan imágenes en varias bandas del espectro electromagnético, incluyendo longitudes de onda que no son visibles para el ojo humano (como el infrarrojo cercano). Al analizar la reflectancia de la luz en estas diferentes bandas, se puede obtener información sobre la salud de las plantas, el contenido de clorofila, el estrés hídrico y otros parámetros.
 - **Índices de Vegetación:** Se calculan a partir de las imágenes multiespectrales (por ejemplo, el NDVI, Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada). Estos índices son indicadores del vigor de la vegetación.
 - **Detección Temprana de Problemas:** Permiten identificar áreas con estrés hídrico, deficiencias nutricionales, plagas o enfermedades antes de que los síntomas sean visibles a simple vista. Esto permite tomar medidas correctivas de forma temprana.

- **Cámaras Térmicas:** Estas cámaras detectan la radiación infrarroja emitida por los objetos, lo que permite medir su temperatura.
 - **Detección de Estrés Hídrico:** Las plantas con estrés hídrico suelen tener una temperatura foliar más alta que las plantas bien hidratadas.
 - **Evaluación de la Uniformidad del Riego:** Permiten identificar áreas que están recibiendo demasiada o muy poca agua.
- **Integración con la Pulverización:** La información obtenida del mapeo y monitoreo se puede utilizar para crear mapas de prescripción para la aplicación de tasa variable (ver más adelante).

Generación de Mapas de Campo (Elevación, Drenaje, Suelo):

- **Modelos Digitales de Elevación (MDE):** Los drones equipados con sensores LiDAR (Light Detection and Ranging) o mediante técnicas de fotogrametría (a partir de múltiples imágenes superpuestas) pueden generar modelos digitales del terreno con alta precisión. Estos modelos muestran las variaciones de elevación del campo.
- **Mapas de Drenaje:** A partir del MDE, se pueden generar mapas que muestran las zonas de acumulación de agua y las vías de drenaje natural del campo.
- **Mapas de Suelo (Limitado):** Si bien los drones no pueden analizar directamente la composición del suelo, pueden combinarse con datos de muestreo de suelo para crear mapas de variabilidad espacial de algunas propiedades del suelo (textura, materia orgánica, etc.). Esto requiere un muestreo de suelo en el campo y análisis de laboratorio.
- **Utilidad:** Estos mapas son fundamentales para la planificación agrícola, el diseño de sistemas de riego y drenaje, y la gestión de insumos (fertilizantes, agua) de manera más eficiente.

Aplicación de Tasa Variable (VRA):

- **Concepto:** En lugar de aplicar una dosis uniforme de producto (fertilizante, pesticida, etc.) en todo el campo, la VRA ajusta la dosis según las necesidades específicas de cada zona.
- **Funcionamiento:** Se crea un mapa de prescripción (basado en datos de mapeo, monitoreo, análisis de suelo, etc.) que indica la dosis requerida en cada área del campo. El dron, equipado con un sistema de pulverización compatible con VRA, ajusta automáticamente el caudal de las boquillas a medida que vuela sobre el campo, siguiendo el mapa de prescripción.
- **Ventajas:**
 - **Optimización del Uso de Insumos:** Se aplica solo la cantidad necesaria de producto donde se necesita, reduciendo costos y el impacto ambiental.
 - **Mejora del Rendimiento:** Se asegura que cada parte del cultivo reciba el tratamiento adecuado.
 - **Reducción de la Contaminación:** Se minimiza la aplicación excesiva de productos químicos.

Evitación de Obstáculos:

- **Sensores:** Los drones pueden equiparse con diferentes tipos de sensores para detectar obstáculos:
 - **Radares:** Detectan objetos a mayor distancia, incluso en condiciones de poca luz o niebla.
 - **Sensores Ultrasónicos:** Miden la distancia a objetos cercanos mediante ondas sonoras.
 - **Cámaras y Visión por Computadora:** Permiten al dron "ver" y reconocer obstáculos.

- **Respuesta:** El dron puede alertar al operador, detenerse, o (en sistemas más avanzados) planificar una ruta alternativa para evitar la colisión.

Seguimiento del Terreno:

- **Funcionamiento:** El dron utiliza un sensor de altitud (radar o láser) para medir constantemente su distancia al suelo o al dosel del cultivo. El sistema de control de vuelo ajusta automáticamente la altura del dron para mantener una distancia constante, incluso en terrenos con pendientes o desniveles.
- **Ventajas:**
 - **Aplicación Uniforme:** Asegura que el producto se aplique a la altura correcta sobre el cultivo, mejorando la cobertura y la eficacia.
 - **Seguridad:** Reduce el riesgo de colisión con el suelo en terrenos irregulares.

Operación Autónoma (Rutas Preprogramadas):

- **Planificación de Vuelo:** El operador utiliza un software para crear un plan de vuelo, definiendo la ruta que el dron debe seguir (puntos de referencia o "waypoints").
- **Ejecución Automática:** El dron despega, sigue la ruta preprogramada, realiza la tarea (pulverización, mapeo, etc.) y aterriza automáticamente, sin intervención manual durante el vuelo.
- **Ventajas:**
 - **Eficiencia:** Permite cubrir grandes áreas de manera sistemática y precisa.
 - **Repetibilidad:** Se pueden repetir los mismos vuelos con precisión en diferentes momentos.
 - **Reducción de la Carga de Trabajo del Operador:** El operador puede supervisar varios drones simultáneamente.

Transmisión en Tiempo Real:

- **Cámaras:** Muchos drones están equipados con cámaras que transmiten video en tiempo real a la estación terrestre (control remoto o computadora).
- **Utilidad:**
 - **Supervisión:** El operador puede ver lo que el dron ve, lo que facilita el control y la toma de decisiones.
 - **Inspección:** Permite inspeccionar el cultivo en tiempo real, buscando signos de plagas, enfermedades o estrés.
 - **Grabación:** El video se puede grabar para su posterior análisis.

Sistemas de Carga y Reabastecimiento Móvil:

- **Concepto:** Son unidades móviles (remolques, camionetas) equipadas con todo lo necesario para operar los drones en el campo:
 - **Tanques de Agua:** Para preparar la mezcla de pulverización.
 - **Mezcladores de Productos Químicos:** Para preparar la mezcla de forma segura y precisa.
 - **Cargadores de Baterías:** Para recargar las baterías de los drones rápidamente.
 - **Generadores:** Para suministrar energía.
 - **Herramientas y Repuestos:** Para realizar mantenimiento básico.
- **Ventajas:**
 - **Mayor Eficiencia:** Reducen significativamente el tiempo de inactividad del dron, ya que se puede recargar y reabastecer en el campo, sin necesidad de regresar a una base fija.
 - **Operación Continua:** Permiten operar los drones de forma continua durante largos períodos de tiempo.

Conclusión

En conclusión, los aviones fumigadores de 60 litros representan una confluencia de tecnologías avanzadas que los consolidan como herramientas poderosas y extraordinariamente versátiles para la agricultura moderna, trascendiendo la mera función de pulverización y abarcando un espectro amplio de aplicaciones de agricultura de precisión. Su idoneidad para operaciones en campo abierto es innegable, dado su diseño optimizado para cubrir grandes extensiones de terreno de manera eficiente, minimizando al mismo tiempo los daños a los cultivos y permitiendo la operatividad en condiciones de suelo que serían prohibitivas para la maquinaria terrestre tradicional; sin embargo, su adaptabilidad no se limita a estos entornos, ya que, si bien el uso en invernaderos presenta desafíos únicos relacionados con el espacio confinado y la navegación, la continua evolución tecnológica, manifestada en el desarrollo de drones más compactos y con sistemas de navegación alternativos basados en visión por computadora y sensores de proximidad, está expandiendo progresivamente su aplicabilidad a la agricultura protegida. A la hora de considerar la implementación de esta tecnología, resulta crucial realizar una evaluación exhaustiva y pormenorizada de las necesidades específicas de cada operación agrícola, contemplando factores como la extensión y topografía del terreno, los tipos de cultivos presentes, los tratamientos fitosanitarios requeridos, y las condiciones ambientales predominantes, ya que esta evaluación permitirá seleccionar el modelo de dron más adecuado, así como los accesorios y el software complementario necesarios para optimizar su rendimiento. Asimismo, es imperativo subrayar que un programa de mantenimiento preventivo y correctivo riguroso, que abarque desde inspecciones visuales regulares hasta revisiones técnicas periódicas y el reemplazo oportuno de componentes desgastados, resulta absolutamente esencial para garantizar un rendimiento óptimo, prolongar la vida útil del dron y prevenir fallos operativos que puedan resultar costosos; de igual importancia es el estricto cumplimiento de todas las regulaciones y normativas de seguridad aérea vigentes en cada jurisdicción, incluyendo la obtención de las licencias y permisos necesarios, así como la capacitación adecuada de los operadores, con el fin de

asegurar una operación segura y responsable. La innovación continua en áreas como la autonomía de vuelo, la precisión de la aplicación, la integración de sensores y cámaras avanzadas, y la analítica de datos, junto con el desarrollo de sistemas de carga y reabastecimiento móvil, promete hacer que los drones agrícolas, y en particular los modelos de 60 litros, sean una parte cada vez más integral e indispensable de las prácticas agrícolas sostenibles y eficientes, contribuyendo a la optimización del uso de insumos, la reducción del impacto ambiental, el aumento de la productividad y, en última instancia, a la seguridad alimentaria global.