

**Integración de Drones y AI para Agricultura de Precisión: Caso Viña Cono Sur.**



**DAVID ORLANDO PICERO GAJARDO**

**UNIVERSIDAD BERNARDO O'HIGGINS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE MAGISTER INGENIERIA INFORMATICA  
SANTIAGO - CHILE  
2024**

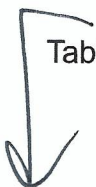


Tabla de contenido



<u>Glosario</u>	3
<u>Abstract.</u>	5
<u>Resumen</u>	7
<u>Introducción</u>	9
<u>Planteamiento del Problema</u>	11
<u>Solución del Problema</u>	12
<u>Objetivos General</u>	14
<u>Objetivos Específicos</u>	14
<u>Conclusión</u>	15
<u>Referencia</u>	17

## Glosario

**Agricultura de precisión:** Método agrícola que emplea tecnologías avanzadas, como drones e inteligencia artificial, para mejorar la gestión de los cultivos, optimizar el uso de recursos y promover la sostenibilidad medioambiental.

**Drones multiespectrales:** Aparatos aéreos no tripulados equipados con sensores especializados capaces de capturar imágenes en diversas bandas espectrales, permitiendo un análisis detallado de la salud de los cultivos y otros parámetros agronómicos.

**Inteligencia artificial (IA):** Campo de la informática que se enfoca en desarrollar sistemas y algoritmos capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como el análisis de datos y la toma de decisiones.

**Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI):** Medida utilizada en agricultura de precisión para evaluar la salud y el vigor de los cultivos a partir de la información obtenida mediante imágenes multiespectrales. Se calcula mediante la diferencia normalizada entre la reflectancia de la luz roja y la luz infrarroja cercana.

**Gestión de cultivos:** Conjunto de prácticas y técnicas utilizadas para supervisar y administrar eficientemente los cultivos agrícolas, incluyendo la detección y prevención de enfermedades, el monitoreo de los niveles de agua para riego y la optimización de la aplicación de recursos.

**Eficiencia operativa:** Medida de la capacidad de una organización para utilizar sus recursos de manera óptima con el fin de alcanzar sus objetivos y maximizar los resultados.

**Sostenibilidad medioambiental:** Enfoque que busca garantizar la conservación y protección del medio ambiente a largo plazo, equilibrando la explotación de recursos naturales con la conservación de la biodiversidad y la prevención de la contaminación.

**Automatización:** Proceso de realizar tareas de forma automática, sin intervención humana directa, utilizando tecnologías como la robótica y la inteligencia artificial para mejorar la eficiencia y la precisión en la ejecución de tareas.

**Monitoreo:** Acción de observar y recopilar datos sobre el estado o comportamiento de un sistema, proceso o fenómeno, con el fin de evaluar su rendimiento y detectar posibles problemas o áreas de mejora.

**Análisis exhaustivo:** Proceso de examinar detalladamente un tema o problema, considerando múltiples aspectos y perspectivas, para obtener una comprensión profunda y completa de la situación.

**Redes Neuronales Convolucionales (CNN):** Las CNN son especialmente útiles para el análisis de imágenes, incluidas las imágenes de cultivos capturadas por drones o cámaras terrestres. Estos algoritmos pueden identificar patrones visuales que indican el estado de salud de las plantas, como la presencia de enfermedades, deficiencias nutricionales o estrés hídrico



The integration of drones and artificial intelligence (AI) in precision agriculture has emerged as a transformative approach to enhance crop management practices. This thesis focuses on exploring the application of these integrated technologies in the viticulture context, specifically in Viña Cono Sur, located in Chimbarongo, Chile. Chile's prominence as a significant wine exporter underscores the importance of adopting innovative solutions to address agricultural challenges, particularly in disease detection and water management. Viña Cono Sur, like many vineyards, faces difficulties in early disease prevention and monitoring water levels for irrigation, relying mainly on satellite imagery and expert opinions, which have proven insufficient for timely intervention.

The extensive expanse of vineyards exacerbates the problem, as generalized responses, such as widespread fumigation, are often needed due to the inability to identify specific problem areas. This results in inefficiencies in resource utilization, both in terms of time and finances, compounded by insufficient information on the performance of the irrigation system.

In response to these challenges, this thesis proposes the integration of drones equipped with multispectral sensors and convolutional neural network algorithms for precise crop monitoring and analysis. By harnessing the capabilities of drones and AI, Viña Cono Sur aims to achieve early disease detection, targeted intervention strategies, and optimization in resource utilization, ultimately improving sustainability and profitability.

The study will involve a comprehensive analysis of the implementation of drone-based precision agriculture in Viña Cono Sur, evaluating its effectiveness in addressing identified challenges and its potential for broader application in the Chilean wine sector. Through this research, valuable insights will be gained into the practical implications and benefits of integrating drones and AI in vineyard management, paving the way for enhanced agricultural practices and sustainable growth in the wine industry.

This will serve as support for the agronomist to identify problem areas in the plantation, in which subsequently they can define the specific problems facing the plants.

La integración de drones e inteligencia artificial (IA) en la agricultura de precisión ha surgido como un enfoque transformador para mejorar las prácticas de gestión de cultivos. Esta tesis se centra en explorar la aplicación de estas tecnologías integradas en el contexto vitivinícola, específicamente en Viña Cono Sur, ubicada en Chimbarongo, Chile.

La prominencia de Chile como importante exportador de vino subraya la importancia de adoptar soluciones innovadoras para abordar los desafíos agrícolas, particularmente en la detección de enfermedades y la gestión del agua. Viña Cono Sur, al igual que muchos viñedos, enfrenta dificultades en la prevención temprana de enfermedades y el monitoreo de los niveles de agua para riego, confiando principalmente en imágenes satelitales y opiniones de expertos, que han demostrado ser insuficientes para una intervención oportuna.

La extensa extensión de los viñedos agrava el problema, ya que a menudo se necesitan respuestas generales, como la fumigación generalizada, debido a la incapacidad para identificar áreas problemáticas específicas. Esto resulta en ineficiencias en la utilización de recursos, tanto en términos de tiempo como de finanzas, agravado por la insuficiente información sobre el rendimiento del sistema de riego.

En respuesta a estos desafíos, esta tesis propone la integración de drones equipados con sensores multiespectrales y algoritmos redes neuronales convolucionales de IA para el monitoreo y análisis precisos de cultivos. Al aprovechar las capacidades de los drones y la IA, Viña Cono Sur busca lograr la detección temprana de enfermedades, estrategias de intervención dirigidas y una optimización en la utilización de recursos, mejorando en última instancia la sostenibilidad y rentabilidad.

El estudio implicará un análisis exhaustivo de la implementación de la agricultura de precisión basada en drones en Viña Cono Sur, evaluando su efectividad en abordar los desafíos identificados y su potencial para una aplicación más amplia en el sector vitivinícola chileno. A través de esta investigación, se obtendrán valiosos conocimientos sobre las implicaciones prácticas y los beneficios de

[+]

integrar drones e IA en la gestión de viñedos, allanando el camino para prácticas agrícolas mejoradas y un crecimiento sostenible en la industria vitivinícola.

Esto servirá como apoyo al ingeniero agrónomo para identificar las zonas problemáticas en la plantación, en las cuales posteriormente podrá definir los problemas específicos que enfrentan las plantas.

 **Introducción**



La agricultura de precisión ha emergido como un elemento fundamental en la optimización de los procesos agrícolas, permitiendo una gestión más eficiente de los recursos y una mejora significativa en la productividad de los cultivos. En particular, en el sector vitivinícola chileno, donde la excelencia y la calidad del vino son primordiales, la integración de tecnologías avanzadas como los drones y la inteligencia artificial (IA) representa un paso hacia adelante en la búsqueda de la máxima calidad y rendimiento.

Chile, reconocido internacionalmente como un destacado exportador de vino, ha consolidado su posición en el mercado mundial. Con exportaciones que alcanzaron los \$1,92MM en 2022, el país se posicionó como el cuarto mayor exportador de vino a nivel global[1]. Este logro no solo refleja la importancia económica del sector vitivinícola chileno, sino también la necesidad de adoptar innovaciones tecnológicas para mantener y mejorar su competitividad en el mercado internacional. ✓

La viña Cono Sur, ubicada en la ciudad de Chimbarongo, es un ejemplo representativo de la industria vinícola chilena. Con vastas extensiones de viñedos y una producción significativa, enfrenta desafíos constantes en la gestión de sus cultivos, desde el monitoreo del estado de las plantas hasta la optimización del uso de recursos como el agua. Hasta el momento, como muchos otros viñedos en Chile, la viña Cono Sur ha dependido principalmente de métodos tradicionales de monitoreo, como imágenes satelitales y asesoramiento humano, para abordar estos desafíos.

Sin embargo, en un mundo donde la tecnología avanza a pasos agigantados, surgen herramientas innovadoras que prometen revolucionar la agricultura. Los drones multiespectrales, equipados con sensores especializados, ofrecen la capacidad de obtener información detallada sobre el estado de los cultivos de manera rápida y precisa. Combinados con el poder de la inteligencia artificial, estos drones pueden analizar grandes volúmenes de datos.

En este contexto, la presente tesis se enfoca en la integración de drones y AI para la agricultura de precisión en la viña Cono Sur. A través de un análisis exhaustivo,

se explorará cómo esta combinación de tecnologías puede mejorar la gestión de los cultivos, desde la detección temprana de enfermedades hasta la optimización de la aplicación de recursos. El objetivo es no solo evaluar el impacto potencial de estas innovaciones en la viña Cono Sur, sino también establecer un modelo replicable que pueda beneficiar a otros viñedos en Chile y más allá.

En resumen, esta tesis se sitúa en la intersección entre la tradición vinícola y la vanguardia tecnológica, con el propósito de impulsar la excelencia y la sostenibilidad en el sector vitivinícola chileno mediante la integración de drones y AI para la agricultura de precisión.

La viña Cono Sur enfrenta desafíos significativos en la gestión eficiente de sus cultivos, especialmente en lo que respecta a la detección temprana de enfermedades y la monitorización de los niveles de agua para riego. Hasta ahora, ha dependido en gran medida de métodos convencionales, como imágenes de satélite y la opinión de especialistas, para abordar estas preocupaciones. Sin embargo, estos enfoques han demostrado ser insuficientes en la identificación oportuna de problemas en los viñedos.

La extensión de las hectáreas de cultivo en la viña Cono Sur agrava la situación, ya que cualquier problema detectado requiere una respuesta generalizada, como la fumigación de un sector completo, en lugar de una acción específica dirigida a un área afectada. Esto resulta en un uso ineficiente de recursos, tanto en términos de tiempo como de dinero, especialmente cuando se trata de la aplicación de productos químicos para combatir enfermedades.

Además, la falta de información detallada sobre el estado del sistema de riego agrava aún más la situación. Sin un monitoreo preciso, los viñedos no pueden asegurarse de que el riego se esté llevando a cabo de manera adecuada, lo que podría afectar negativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas.

En este contexto, surge la necesidad apremiante de adoptar un enfoque más preventivo y efectivo para la gestión agrícola en la viña Cono Sur. Se requiere una solución que permita una detección temprana de problemas, una acción específica y dirigida en caso de enfermedades o deficiencias de riego, y una optimización en el uso de recursos para garantizar la sostenibilidad y rentabilidad a largo plazo del viñedo. La integración de drones y la inteligencia artificial se vislumbra como una respuesta prometedora a estos desafíos, ofreciendo la capacidad de monitorear los cultivos de manera más precisa, identificar problemas antes de que se vuelvan catastróficos y optimizar la gestión de recursos de manera eficiente.



Basándonos en investigaciones previas y en la comprensión de los desafíos específicos que enfrenta Viña Cono Sur, se propone una solución integral que combina la tecnología de drones multiespectrales y la inteligencia artificial para implementar la agricultura de precisión.

La agricultura de precisión, impulsada por la integración de IA y drones, está transformando la agricultura tradicional al permitir la toma de decisiones basada en datos y la automatización. Este enfoque revolucionario optimiza la gestión de los cultivos, la utilización de los recursos y la sostenibilidad medioambiental. Al adaptar las prácticas de gestión a cada cultivo y superficie, la agricultura de precisión aumenta el rendimiento, optimiza los recursos y reduce el impacto ambiental.

Para abordar los desafíos específicos de Viña Cono Sur, se ha decidido implementar una solución basada en agricultura de precisión con drones multiespectrales. Estos drones capturarán imágenes aéreas de alta resolución de los viñedos, utilizando sensores especializados para recopilar datos sobre la salud de las plantas, la distribución de la vegetación y otros parámetros relevantes.

Posteriormente, las imágenes serán procesadas mediante software de inteligencia artificial, que utilizará algoritmos avanzados para reconstruir las fotografías y calcular índices agronómicos cruciales, como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Este índice proporcionará una medida precisa del estado de la vegetación y permitirá identificar áreas problemáticas, como la presencia de plagas o deficiencias de riego, de manera temprana y precisa.

La implementación de esta solución permitirá a Viña Cono Sur optimizar la gestión de sus cultivos, mejorar la toma de decisiones agrícolas y reducir los costos asociados con la fumigación generalizada y el uso excesivo de recursos hídricos. Esto servirá como apoyo para el ingeniero agrónomo en la identificación de zonas problemáticas en la plantación, en las cuales posteriormente podrá definir los problemas específicos que enfrentan las plantas.

En la imagen siguiente se presenta detalladamente el proceso, el cual ha sido extraído del fabricante, proporcionando una visualización completa de las etapas involucradas en el procedimiento[4].

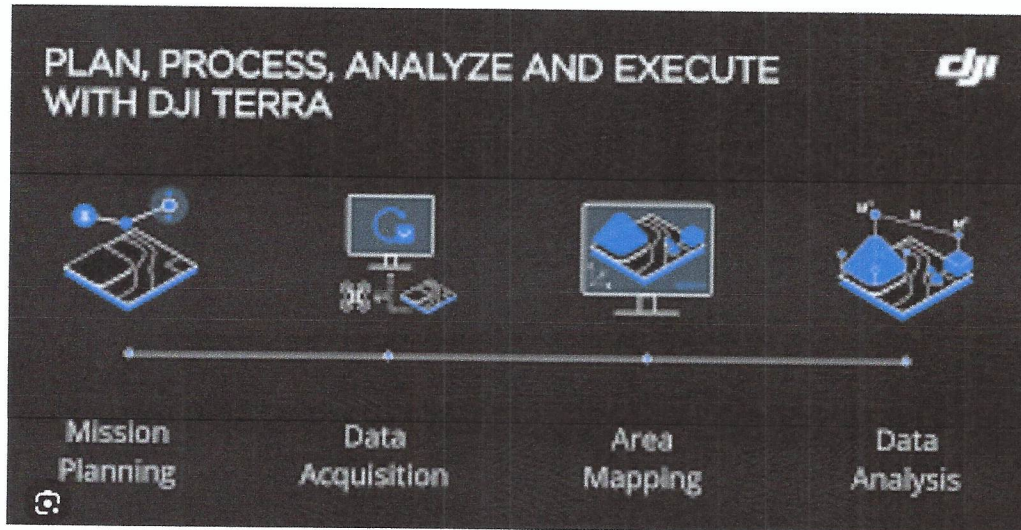


Fig #. \_\_\_\_\_

### Objetivos General

El objetivo principal de esta tesis es implementar un sistema integral de agricultura de precisión en la viña Cono Sur, ubicada en Chimbarongo, Chile, mediante la

combinación de tecnología de drones multispectrales e inteligencia artificial. Este sistema tiene como propósito fundamental mejorar la detección y prevención de problemas en la plantación, tales como plagas y deficiencias de riego, con el fin de optimizar la eficiencia operativa y la toma de decisiones en la agricultura. Además, se busca establecer a la viña como referente en prácticas agrícolas avanzadas y sostenibles, promoviendo la automatización y la optimización de recursos para un manejo más eficaz y rentable de los cultivos. Esto ayudará al ingeniero agrónomo a tomar decisiones informadas y precisas sobre el tratamiento de las plantas, mejorando así la salud y productividad del viñedo.

### **Objetivos Específicos**

1. Realizar un análisis exhaustivo de la agricultura de precisión en el contexto de la viña Cono Sur, identificando los principales desafíos y oportunidades para la implementación de tecnología de drones y inteligencia artificial.
2. Investigar y comprender el funcionamiento de los drones multispectrales en la captura de imágenes de los viñedos, incluyendo la configuración de los sensores y las técnicas de vuelo necesarias para obtener datos precisos y completos.
3. Explorar los procesos de reconstrucción de imágenes a partir de las fotografías tomadas por los drones, utilizando software especializado para generar mapas detallados del estado de la plantación en términos de salud de las plantas, distribución de la vegetación y otras variables relevantes.
4. Desarrollar y aplicar algoritmos específicos para el análisis de las imágenes obtenidas, con el objetivo de calcular índices agronómicos clave como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y otros indicadores relevantes para la salud y el crecimiento de las plantas.

### **Conclusión**

En resumen, esta tesis ha explorado la integración de drones e inteligencia artificial (IA) en la agricultura de precisión, centrándose en su aplicación en el sector vitivinícola, específicamente en Viña Cono Sur, Chile. El estudio ha

revelado el gran potencial de estas tecnologías avanzadas para revolucionar las prácticas de gestión de cultivos y abordar los desafíos enfrentados por los viñedos.

A través de un análisis exhaustivo, se hizo evidente que los métodos tradicionales de detección de enfermedades y gestión del agua en los viñedos, como las imágenes satelitales y las opiniones de expertos, suelen ser insuficientes para una intervención oportuna. La extensa extensión de los viñedos agrava aún más estos desafíos, lo que conduce a ineficiencias en la utilización de recursos y una gestión subóptima de los cultivos.

Al proponer la integración de drones equipados con sensores multiespectrales y algoritmos de IA, esta tesis ofrece una solución prometedora a estos desafíos. La combinación de la tecnología de drones y la IA permite el monitoreo preciso de los cultivos, la detección temprana de enfermedades, estrategias de intervención dirigidas y la optimización de la utilización de recursos. Estos avances no solo mejoran la sostenibilidad y rentabilidad de los viñedos, sino que también abren el camino para prácticas agrícolas mejoradas y un crecimiento sostenible en la industria vitivinícola.

El análisis exhaustivo realizado en este estudio ha proporcionado conocimientos valiosos sobre las implicaciones prácticas y los beneficios de integrar drones e IA en la gestión de viñedos. Esto servirá como apoyo al ingeniero agrónomo para identificar las zonas problemáticas en la plantación, donde posteriormente podrá definir los problemas específicos que enfrentan las plantas. Los hallazgos contribuyen al cuerpo de conocimientos en agricultura de precisión y ofrecen un modelo replicable que puede beneficiar a los viñedos no solo en Chile, sino también a nivel global.

En resumen, la integración de drones e IA en la agricultura de precisión representa un enfoque transformador para la gestión de cultivos, ofreciendo a viñedos como Viña Cono Sur la oportunidad de mejorar sus operaciones, aumentar su sostenibilidad y lograr un mayor éxito en la dinámica y competitiva industria del vino.