

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA
SANTIAGO - CHILE



**“MIIDO: PLATAFORMA DE GESTIÓN AGRÍCOLA
INTELIGENTE CON RECONOCIMIENTO DE VOZ PARA EL
SECTOR VITIVINÍCOLA”**

VICENTE IGNACIO CARREÑO ESCOBAR

**MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
TELEMÁTICO**

PROFESOR GUÍA: BERIOSKA CONTRERAS VARGAS
PROFESOR CORREFERENTE: PATRICIO OLIVARES RONCAGLIOLO

JULIO - 2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título; Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: MIIDO: PLATAFORMA DE GESTIÓN AGRÍCOLA INTELIGENTE CON RECONOCIMIENTO DE VOZ PARA EL SECTOR VITIVINÍCOLA

Nombre del candidato(a): Vicente Ignacio Carreño Escobar

Carrera / Grado: Ingeniería Civil Telemática

Campus: Santiago San Joaquin ; Departamento: Departamento de Electrónica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Berioska Maureen Contreras Vargas, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

El trabajo **NO** contiene información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.


El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

6 meses; 12 meses; 2 años; 3 años; 5 años; 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 28/07/2025; Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 25/07/2025

; Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

AGRADECIMIENTOS

Durante estos años en la universidad he conocido a demasiadas personas que han hecho mi recorrido más fácil y divertido, gracias a compañeros en la universidad que se convirtieron en amigos, como Nicolás Ruiz, Ignacio Silva, Tomas Campusano, Nicolás Durán, Giovanni Camilo, Abraham Moreno, Diego Garrido, Christian Riquelme, Thomas Soto quien fue mi compañero de PMM y a muchas personas más. También agradezco a personas que nunca pensé que conocería en Valparaíso, como a JP, Camila Norambuena, Ernesto Roca y agradezco a mis amigos en Santiago que siempre han estado conmigo, como Matías Contreras, Daniel Ortiz, Matías Soto, Gustavo Bergmann, Marcos Ruiz, Sebastián Tapia, Vicente Acuña, Diego Barrueto, Yohan Serra, Benjamín, Manimerken, Iván Gigi, Benjamín Momazos, Joao Gatica y a todos mis amigos de Discord. Finalmente, agradezco a las personas que han contribuido a mi formación educacional, la primera parte a los profesores que me han apoyado y han contribuido en mi aprendizaje como Berioska Contreras, Patricio Olivares, Nicolás Torres y Sebastián Contreras, la segunda parte agradezco a mi familia que siempre me apoyó en el hogar, a mi mamá, mi papá, mi hermana, mis abuelos, mis tíos y el Marco. Estoy seguro de que sin todas estas personas no podría estar terminando este proceso tan importante en mi vida.

Resumen

En el sector agrícola chileno, especialmente en entornos vitivinícolas, persisten importantes brechas en la adopción de tecnologías digitales. Muchas labores aún se registran de forma manual mediante cuadernos físicos, lo que genera riesgos de errores en la transcripción y dificulta la trazabilidad de las operaciones. Esta falta de digitalización limita la toma de decisiones informadas y afecta la eficiencia en la gestión de recursos.

Esta investigación presenta el desarrollo e implementación de **MIIDO**, una plataforma digital diseñada para facilitar la recopilación de información agrícola mediante un canal conversacional basado en *WhatsApp* y una interfaz web de análisis operativo. La solución permite que los trabajadores agrícolas reporten tareas, incidencias y actividades mediante mensajes de voz o texto, los cuales son procesados automáticamente por modelos de inteligencia artificial como *Whisper* y *GPT*, y visualizados por los supervisores en tiempo real.

La plataforma fue validada en viñedos de la Región Metropolitana y en un entorno controlado en la Región del Maule, demostrando una reducción de hasta un 97 % en los tiempos de registro de asistencia y una adopción efectiva incluso entre usuarios con baja alfabetización digital. Estos resultados evidencian el potencial de MIIDO para transformar procesos agrícolas tradicionales, centralizar información crítica y fortalecer la trazabilidad operativa en la industria vitivinícola chilena.

Palabras Clave: Inteligencia artificial, Reconocimiento de voz, Agricultura.

Abstract

In the Chilean agricultural sector, especially in wine-growing areas, there are still significant gaps in the adoption of digital technologies. Many tasks are still recorded manually in physical notebooks, which creates risks of transcription errors and makes it difficult to trace operations. This lack of digitization limits informed decision-making and affects the efficiency of resource management.

This research presents the development and deployment of **MIIDO**, a digital platform designed to simplify field data collection through a conversational interface based on *WhatsApp* and a centralized web dashboard. The system enables agricultural workers to report tasks, incidents, and field activities using voice or text messages, which are automatically processed by AI models such as *Whisper* and *GPT*, and then visualized in real time by supervisors.

The platform was validated both in vineyards located in the Metropolitan Region and through a simulated test in the Maule Region. Results showed a 97 % reduction in the time required to register daily attendance, and a high level of usability even among users with limited digital literacy. These findings demonstrate MIIDO's capacity to digitize traditional practices, centralize critical data, and enhance operational traceability in Chile's viticulture industry.

Keywords: Artificial intelligence, Speech recognition, Agriculture.

Glosario

Arquitectura de Microservicios Estilo arquitectónico para sistemas de aplicaciones compuestos por múltiples componentes pequeños (*microservicios*), cada uno implementando una función de negocio específica mediante objetos JSON y protocolos ligeros (HTTP/REST, mensajería asíncrona). Los microservicios operan de forma autónoma, con despliegue independiente en contenedores o máquinas virtuales, y se comunican mediante APIs estandarizadas.

Asistente inteligente (*bot*) Software que simula conversación humana para automatizar tareas en un dominio específico (ej: agricultura).

Faena Agrícola labores o tareas comúnmente realizadas en el ámbito de la agricultura, abarcando diversas actividades relacionadas con los cultivos y producción de alimentos.

Trabajadores permanentes Corresponde a todas aquellas personas trabajadoras que poseían un acuerdo o contrato de trabajo indefinido o a plazo fijo mayor a tres meses consecutivos durante el año agrícola 2020/2021.

WhatsApp Flows Es una herramienta que permite a las empresas diseñar mensajes comerciales interactivos y estructurados, facilitando interacciones enriquecidas y personalizadas para mejorar la comunicación con los clientes.

Whisper Modelo de reconocimiento de voz basado en Transformer, entrenado con 680.000 horas de datos multilingües y multitarea. Destaca por su capacidad de generalización en entornos zero-shot, sin necesidad de ajuste fino. Desarrollado por OpenAI, ofrece transcripción, traducción y detección de voz en múltiples idiomas.

Tabla de Contenido

1	Introducción	1
1.1	Objetivos	3
1.1.1	Objetivo General	3
1.1.2	Objetivos Específicos	3
2	Marco Teórico	4
2.1	Funciones de los trabajadores agrícolas	7
2.2	Ciclo Agrícola y Adopción Tecnológica en Chile	7
2.3	Soluciones Actuales	9
3	Metodología	10
3.1	Muestra de Estudio y Contexto de Validación	11
3.2	Etapas del Diseño Experimental	13
4	Arquitectura de la Plataforma	17
4.1	Diseño de Arquitectura General	20
4.1.1	Requisitos de Ambiente y Tecnologías Utilizadas	21
4.2	Interfaz de Usuario Móvil	22
4.3	Definición de Roles de Acceso	26
5	Resultados	28
5.1	Resultados de las Pruebas de la Plataforma	30
5.2	Interfaces de Usuario	33
5.3	Madurez Tecnológica del Sistema (TRL 5)	35
6	Análisis	36
6.1	Síntesis de principales hallazgos	36
6.2	Discusión	37
7	Conclusiones y Trabajo Futuro	38

Referencias

Anexos

Anexo A Testimonios de usuarios de Miido

Índice de figuras

3.1	Mapa de la Comuna de Paine	11
3.2	Mapa de la Provincia de Curicó	12
4.1	Arquitectura funcional y flujos de datos de la plataforma MIIDO	17
4.2	Vista del Chatbot “Miido Tareas” en <i>WhatsApp</i>	24
5.1	Comparación entre el escenario sin MIIDO y con MIIDO en términos de eficiencia.	29
5.2	Grupo 1: Registro, planificación y tareas (Pruebas 1–5)	31
5.3	Grupo 2: CRUD y visualización operativa (Pruebas 6–10)	31
5.4	Grupo 3: Requisitos técnicos y no funcionales (Pruebas 11–14)	32
5.5	Vista principal del Dashboard	34
5.6	Carta Gantt con visualización temporal de tareas	34
5.7	Gestión de trabajadores agrícolas	35
5.8	Programación de recordatorios recurrentes	35

Índice de tablas

1	Resumen de eventos e interacciones desde la interfaz móvil	25
2	Resumen de resultados según escala cualitativa y cuantitativa	30

1. Introducción

La recolección de datos confiables en terreno es un componente esencial para una agricultura eficiente. Sin embargo, en las faenas agrícolas del sector vitivinícola, este proceso aún depende de métodos manuales. Los supervisores completan formularios físicos, que luego deben ser interpretados y digitalizados en planillas de Excel, generando errores y retrasos que afectan directamente la toma de decisiones. Esta situación no solo compromete la eficiencia operativa, sino que también impacta negativamente en los resultados económicos y ambientales del sector, especialmente cuando se utilizan insumos de alto costo como fertilizantes.

El bajo nivel de adopción tecnológica observado en las visitas a terreno refuerza esta problemática. Muchos trabajadores, especialmente de mayor edad o con bajo nivel de escolaridad, tienen dificultades para utilizar herramientas digitales básicas. Incluso tecnologías ampliamente difundidas, como *WhatsApp*, requieren acompañamiento o la mediación de otros compañeros para ser utilizadas con fines operativos. Esta realidad evidencia una desconexión entre el diseño de soluciones tecnológicas y el contexto real de sus usuarios finales.

Frente a este escenario, una de las decisiones metodológicas clave en el desarrollo del sistema fue utilizar *WhatsApp* como canal principal de interacción. Esta elección se sustentó en observaciones empíricas recogidas durante las visitas a terreno, donde se constató que muchos adultos y adultos mayores en zonas rurales utilizan esta aplicación como medio de comunicación cotidiano, incluso cuando no dominan otras tecnologías. Si bien no se aplicó una encuesta cuantitativa formal, se planteó la siguiente hipótesis orientadora del diseño:

“El uso de WhatsApp como herramienta digital accesible aumentará la adopción tecnológica entre trabajadores con baja alfabetización digital, transformando la recopilación de información desde formularios físicos

hacia un sistema digital centralizado.”

Este supuesto se validó parcialmente al observar cómo algunos trabajadores permanentes interactuaban con el asistente inteligente (*bot*) sin necesidad de capacitación previa. Aunque también se registraron casos en que fue necesario el apoyo del equipo, la experiencia indicó que las herramientas ya conocidas por los usuarios pueden ser clave para cerrar la brecha digital rural.

En definitiva, surge la necesidad de implementar soluciones digitales accesibles, que respondan a las capacidades tecnológicas reales de los trabajadores del campo. Solo mediante el desarrollo de herramientas simples, adaptadas y acompañadas de un proceso de adopción progresiva, será posible avanzar hacia una agricultura más eficiente, sustentable e informada. Sin una recolección de datos adecuada al contexto, cualquier esfuerzo de modernización tecnológica estará limitado desde su origen.

En este mismo contexto, abordar la brecha de alfabetización digital resulta clave no solo para reducir la exclusión tecnológica, sino también para mejorar la eficiencia en el uso de insumos agrícolas. La implementación de tecnologías como la agricultura de precisión, que dependen del acceso a conectividad y herramientas digitales, permitiría maximizar el uso de fertilizantes de manera más eficiente, basándose en un análisis previo y reduciendo tanto el desperdicio como su impacto ambiental. Sin embargo, la baja adopción de estas tecnologías en zonas rurales chilenas refleja un problema estructural de conectividad y formación digital, que limita la capacidad de los agricultores para tomar decisiones informadas en terreno [1].

El presente estudio se llevó a cabo en dos ubicaciones: el Fundo Santa Eugenia, en Paine (Región Metropolitana), y Agrícola Manantiales, en Curicó (Región del Maule), ambas dedicadas al cultivo de vides. Durante la validación del sistema participaron activamente tres jefes de cuadrilla, encargados de labores como poda y fertilización, quienes utilizaron la plataforma para asignar tareas y reportar avances mediante su

interacción con el sistema. Los trabajadores temporeros, aunque no accedieron directamente a la solución digital, ejecutaron las actividades organizadas por los supervisores, conformando así la dinámica operativa sobre la cual se evaluó la herramienta.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

- Transformar la recopilación de información en viñedos mediante herramientas digitales accesibles, facilitando su adopción por trabajadores con baja alfabetización digital.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Identificar las principales dificultades que enfrentan los trabajadores agrícolas en el proceso actual de recolección de datos.
- Desarrollar y adaptar la lógica de servicios de la aplicación para responder a los nuevos requerimientos funcionales surgidos durante el proceso de validación con usuarios.
- Diseñar e implementar nuevas funcionalidades en la interfaz de usuario de la plataforma, enfocadas en la experiencia del usuario y la organización eficiente de la información.
- Evaluar el impacto de la implementación de la plataforma en la eficiencia y precisión del proceso de recopilación de datos en viñedos.

2. Marco Teórico

Este capítulo presenta el contexto de la digitalización agrícola en América del Sur, las características de la fuerza laboral rural en Chile, el ciclo productivo vitivinícola y las soluciones tecnológicas actualmente disponibles en el mercado chileno. Estos aspectos permiten comprender los principales desafíos y oportunidades asociados a la implementación de herramientas digitales en la agricultura nacional.

A pesar del avance de tecnologías como la agricultura de precisión y el Internet de las Cosas (IoT), la digitalización en el sector agrícola sigue siendo desigual y fragmentada a nivel global. Según [2], esta disparidad se manifiesta en el control corporativo de las tecnologías, la falta de interoperabilidad entre sistemas y brechas persistentes en infraestructura digital que afectan especialmente a zonas rurales. En regiones con menor acceso a infraestructura tecnológica, estas desigualdades limitan la eficiencia en tareas críticas como la fertilización y el riego [3]. Estudios realizados en países sudamericanos como Brasil, Argentina, Uruguay y Chile han identificado barreras adicionales como altos costos, conectividad insuficiente y capacitación técnica limitada [4] que reflejan patrones globales donde la adopción tecnológica favorece principalmente a grandes explotaciones agrícolas industrializadas [2].

En la agricultura chilena existen diversos desafíos. Entre los más importantes se encuentra el cambio climático, la brecha digital rural, la adopción tecnológica, entre otros, según lo señala Cáceres [5]. A pesar de que en Chile existe una creciente oferta de diversas soluciones tecnológicas al sector agrícola, sus niveles de penetración son bajos, fundamentalmente debido a que las personas dedicadas al rubro agrícola usualmente no cuentan con acceso a internet o no están familiarizadas con las tecnologías digitales actuales [6]. Según [4], Chile presenta una adopción significativamente menor que otros países sudamericanos en tecnologías agrícolas digitales avanzadas: mientras el 89 % de los agricultores brasileños utiliza sistemas de GPS y el 80 % de los argentinos emplea sensores remotos, en Chile estas tecnologías alcanzan solo al 30 % de los viñedos y

CAPÍTULO 2 : MARCO TEÓRICO

al 15 % de los cultivos extensivos (trigo, maíz). Además, solo el 5 % del área agrícola nacional emplea técnicas de agricultura de precisión, frente al 56 % en Uruguay para mapeo de suelos y el 47 % en Brasil para aplicación variable de insumos [4].

Además, el estudio identifica factores como la baja conectividad rural (46.8 % de cobertura de internet en zonas agrícolas, frente al 85 % de penetración de smartphones), la resistencia al cambio entre agricultores de mayor edad (el 26 % desconoce los beneficios de estas tecnologías) y el predominio de aplicaciones básicas, usadas por el 95 % de los agricultores para consultar precios de mercado o clima. Estas son clasificadas como herramientas descriptivas o diagnósticas, en contraste con la menor adopción de tecnologías más complejas como IoT, drones o plataformas de prescripción [4].

Por otro lado, para entender esta baja adopción tecnológica en el contexto de resistencia al cambio, debemos conocer a las personas que trabajan en el campo, es decir, a los trabajadores agrícolas. Según registros del VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal de la temporada agrícola de 2020-2021, el 93,1 % de los 2.036.045 trabajadores agrícolas eran temporales, es decir, 1.904.726 son trabajadores temporales y el restante 131.319 son Trabajadores permanentes. Si extendemos esta información, el 66 % de los trabajadores agrícolas corresponde a hombres y el 34 % corresponde a mujeres; de las mujeres, el 97 % trabaja con contrato temporal. Hay que notar que el trabajo agrícola hace referencia a las labores de campo que consideran las actividades productivas agrícolas primarias [7].

En cuanto a la composición etaria, la mayoría de los trabajadores temporeros se concentra entre los 25 y 44 años, representando cerca del 60 % del total, lo que indica una fuerza laboral relativamente joven y activa [8]. En relación con su lugar de residencia, si bien gran parte vive en zonas rurales, también se observa una proporción relevante de trabajadores que habita en áreas urbanas y se traslada diariamente al campo de cultivo, especialmente en regiones con fuerte presencia agroindustrial como O'Higgins y Maule. Además, en términos de nivel educacional, una mayoría ha completado única-

CAPÍTULO 2 : MARCO TEÓRICO

mente la educación básica, mientras que una parte menor cuenta con educación media, y solo una fracción muy reducida posee estudios superiores. Esta realidad dificulta significativamente la apropiación y uso efectivo de herramientas digitales, reforzando la necesidad de soluciones tecnológicas accesibles y adaptadas al contexto del sector. Estos datos proporcionan una visión inicial del perfil socioeconómico de quienes se ven directamente afectados por la brecha digital rural y la limitada adopción tecnológica.

En faenas donde la fertilización se realiza de forma manual, especialmente por trabajadores permanentes o temporeros con escaso apoyo tecnológico, el desperdicio de fertilizantes es otro ejemplo claro de cómo la brecha digital y la limitada adopción tecnológica afectan al sector agrícola. Diversos estudios han advertido que una proporción importante del nitrógeno aplicado mediante fertilizantes no es absorbida eficientemente por los cultivos, lo que se traduce en pérdidas económicas y potenciales impactos ambientales, como la contaminación de aguas subterráneas y emisiones de gases de efecto invernadero [9]. Este problema suele originarse en errores humanos y en la falta de información precisa al momento de tomar decisiones en terreno. La dependencia de procesos manuales, como el uso de planillas y formularios físicos que son completados de forma manuscrita y en el campo de cultivo, no solo compromete la integridad de los datos, sino que también incrementa la probabilidad de errores en el traspaso de información al formato digital. Como consecuencia, las planificaciones se elaboran con datos poco confiables, muchas veces basadas en suposiciones, lo que amplía la brecha entre lo que realmente sucede en el campo y lo que percibe el supervisor.

Es importante destacar que esta problemática está principalmente asociada a la aplicación manual de fertilizantes, realizada sin apoyo tecnológico avanzado. En contraste, la agricultura de precisión utiliza tecnologías como sensores y sistemas automatizados para distribuir los insumos de manera más homogénea y eficiente, reduciendo significativamente las pérdidas. Sin embargo, en el contexto chileno, la adopción de estas tecnologías es aún limitada, lo que explica la persistencia de estos problemas en la

práctica diaria.

2.1. Funciones de los trabajadores agrícolas

Las funciones laborales en la agricultura frutícola presentan similitudes con la vitivinicultura, especialmente en etapas como la poda, la fertilización y la supervisión. En este tipo de faenas, se diferencia entre trabajadores permanentes y temporales. Los primeros se vinculan a tareas de gestión intrapredial, como la planificación de actividades y la coordinación de recursos, mientras que los segundos se enfocan en labores operativas en terreno, como la cosecha y la aplicación manual de insumos [10].

Según [11], el 56 % de los trabajadores temporeros participa en la cosecha de fruta fresca y un 18 % en actividades de embalaje, concentrando la mayor demanda estacional de mano de obra. Además, se estima que durante los meses de noviembre a febrero, coincidentes con la temporada alta en la fruticultura de exportación, el sector requiere más de 10 millones de jornadas-hombre solo en diciembre [12]. En contraste, los trabajadores permanentes suelen vincularse a tareas de gestión intrapredial, incluyendo la planificación de faenas, la coordinación de recursos y la aplicación de fertilizantes fuera del período de cosecha intensiva.

Dado que la solución tecnológica propuesta se implementó en contextos de viñedos, se consideraron pertinentes los datos generales sobre fruticultura, en tanto reflejan dinámicas laborales y estructuras operativas análogas.

2.2. Ciclo Agrícola y Adopción Tecnológica en Chile

El ciclo agrícola en la viticultura abarca desde la preparación del terreno hasta la post-cosecha, incluyendo poda, crecimiento vegetativo y cosecha. Cada una de estas fases requiere decisiones técnicas basadas en condiciones climáticas, la calidad del suelo, la fenología del cultivo y los recursos disponibles. Tecnologías digitales como senso-

CAPÍTULO 2 : MARCO TEÓRICO

res, drones y sistemas GPS han demostrado mejorar la eficiencia y reducir pérdidas en viñedos en países como Italia, España y Estados Unidos [13].

El ciclo agrícola en Chile enfrenta desafíos críticos en cada una de sus etapas debido a la baja adopción de tecnologías digitales. Según [4], solo el 5 % del área agrícola nacional emplea técnicas de agricultura de precisión, una cifra significativamente menor al 56 % registrado en Uruguay para mapeo de suelos y al 47 % de Brasil en aplicación variable de insumos. Durante la planificación y siembra, la escasa implementación de herramientas como GPS (utilizado por solo el 30 % de los viñedos) y sensores de suelo limita la optimización de recursos, lo que se traduce en un mayor desperdicio de fertilizantes y semillas. En la etapa de crecimiento del cultivo, la baja penetración de drones y sensores IoT (presentes en menos del 15 % de cultivos extensivos) impide un monitoreo eficiente de plagas y estrés hídrico, exacerbando los riesgos climáticos. En la cosecha, la limitada adopción de sistemas automatizados y monitores de rendimiento (yield monitors), presentes en apenas el 5 % del área nacional, reduce la precisión de la recolección y afecta tanto la calidad como el rendimiento. Finalmente, en la post-cosecha, la ausencia de plataformas digitales para trazabilidad y logística dificulta una comercialización competitiva, pese a que el 95 % de los agricultores utiliza aplicaciones básicas para consultar clima y precios de mercado [4].

Esta brecha tecnológica se vincula con problemas estructurales: baja conectividad rural (46.8 %), alta temporalidad laboral (93.1 %) y bajos niveles de escolaridad formal (solo el 34 % con educación media) [4], [8]. Superar estos desafíos requiere estrategias de capacitación y herramientas digitales adaptadas al perfil del trabajador agrícola chileno.

2.3. Soluciones Actuales

En los últimos años, han surgido diversas plataformas diseñadas para modernizar las operaciones agrícolas y responder a los desafíos relacionados con la trazabilidad, el control de costos y la eficiencia en la gestión de recursos. Soluciones como CompuAgro, Agrapp y AgroInventario han sido implementadas para facilitar una toma de decisiones más informada y una mayor automatización de procesos en el campo.

A continuación, se describen las principales plataformas disponibles en el mercado chileno y latinoamericano:

- **CompuAgro:** Software de gestión agrícola que permite calcular costos directos y totales a nivel de predio o cuartel, facilitando la toma de decisiones estratégicas. Incluye además un sistema de packing para el control de producción en tiempo real, con información actualizada minuto a minuto [14].
- **Agrapp:** Plataforma digital que ofrece herramientas como monitoreo de cultivos en tiempo real mediante sensores y drones, además de un software de gestión integral para actividades desde la siembra hasta la cosecha. También proporciona asesorías técnicas basadas en análisis de datos [15].
- **AgroInventario:** Sistema automatizado para la gestión de inventarios de productos químicos y fertilizantes en tiempo real. Utiliza pesaje y códigos QR para actualizar automáticamente el stock, evitando registros manuales. Además, entrega alertas de caducidad, historial de compras y salidas, optimizando el uso de bodegas y reduciendo costos [16].

Estas herramientas representan enfoques complementarios que buscan enfrentar los principales desafíos del sector agrícola nacional, desde el manejo eficiente de insumos hasta la mejora en la trazabilidad y planificación productiva.

3. Metodología

La presente investigación adoptó un enfoque experimental aplicando un desarrollo iterativo, que permitió diseñar, implementar y validar una solución digital orientada a mejorar la recopilación de información en viñedos, particularmente en contextos de baja alfabetización digital. La hipótesis que guía este enfoque establece que el uso de WhatsApp como herramienta accesible puede aumentar la adopción tecnológica y reemplazar el sistema actual de formularios físicos por un sistema digital centralizado.

Para operacionalizar esta hipótesis, se definieron cuatro fases metodológicas alineadas con los objetivos específicos del estudio. Cada fase resolvió un componente clave del problema mediante ciclos iterativos de diseño, desarrollo, validación y mejora continua.

CAPÍTULO 3 : METODOLOGÍA

En Agrícola Manantiales, ubicada entre Curicó y Romeral, se realizaron observaciones remotas y una actividad específica para fomentar la adopción del sistema, obteniendo retroalimentación valiosa sobre su uso en condiciones operativas reales.

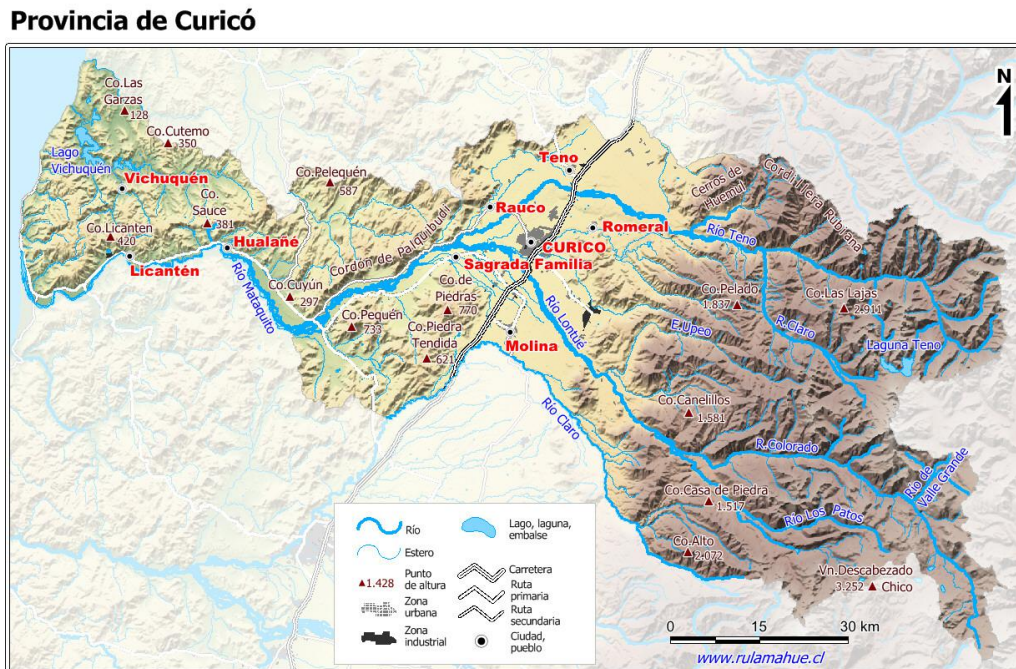


Figura 3.2: Mapa de la Provincia de Curicó

Curicó, ubicada en la Región del Maule, es una de las zonas vitivinícolas más tradicionales y reconocidas de Chile. Presenta un clima mediterráneo moderado, con veranos calurosos, noches frías y húmedas, e inviernos marcados por lluvias que alcanzan en promedio los 720 mm anuales. Estas condiciones climáticas, junto con suelos planos, ricos en minerales y bien drenados, favorecen el cultivo de una amplia variedad de cepas. En particular, el Valle de Curicó concentra la mayor superficie de cepas blancas del país y alberga más de 18.000 hectáreas de viñedos, siendo las más cultivadas en orden decreciente Cabernet Sauvignon, Sauvignon Blanc, Merlot y Chardonnay. Además, su similitud climática con valles como Mendoza (Argentina) y el Valle Central de California (Estados Unidos) lo convierte en un entorno representativo para la validación de tecnologías agrícolas en escenarios de producción intensiva [17].

3.2. Etapas del Diseño Experimental

El desarrollo de la solución MIIDO siguió estas cuatro fases, las cuales se ejecutaron progresivamente desde la detección del problema hasta su validación en terreno. A lo largo del proceso, se incorporaron criterios técnicos como accesibilidad, escalabilidad, seguridad y adaptabilidad, esenciales para su adopción en entornos rurales.

Fase 1: Diagnóstico del problema

Esta fase aborda el *objetivo específico 1*, centrado en identificar las principales dificultades del sistema tradicional de recopilación de información en viñedos. A través de visitas a terreno y entrevistas con usuarios, se caracterizó el uso de formularios físicos y su posterior digitalización, evidenciando problemas de trazabilidad, errores y descoordinación que sustentan la necesidad de una solución digital accesible, tal como plantea la hipótesis.

En particular, se identificó una pérdida de eficiencia en el uso de fertilizantes, directamente relacionada con la falta de sincronización entre lo planificado y lo que ocurre en terreno. En ausencia de registros digitales oportunos y precisos, los supervisores debían basarse en suposiciones o información incompleta, lo que derivaba en decisiones no óptimas, como la aplicación innecesaria o tardía de insumos. Este escenario refleja las limitaciones del sistema manual, sin apoyo de tecnologías digitales ni prácticas asociadas a la agricultura de precisión.

Fase 2: Diseño inicial de la solución

En esta fase se abordaron los *objetivos específicos 2 y 3*, mediante la conceptualización de una herramienta digital centrada en la accesibilidad y la familiaridad tecnológica. Se definió WhatsApp como canal principal de interacción y se desarrolló una plataforma web complementaria para supervisores, asegurando trazabilidad, interoperabilidad y facilidad de uso, en línea con lo propuesto por la hipótesis. Desde esta fase se establecieron criterios no funcionales clave: la plataforma debía ser accesible desde múltiples

dispositivos (teléfonos, tablets, computadores) y compatible con los navegadores más utilizados, de modo que pudiera operar en contextos con limitaciones tecnológicas. Asimismo, se definió que los datos del sistema se almacenaran de manera centralizada y respaldados de manera automática y de acceso restringido, asegurando la trazabilidad de las labores agrícolas y la privacidad de los usuarios.

Fase 3: Implementación de funcionalidades

Esta fase se orientó a materializar los componentes funcionales de la solución, alineados con los *objetivos específicos 2 y 3*. Se integraron herramientas como tableros de tareas, alertas, historiales y flujos automatizados. Además, se diseñó una lógica de servicios de la aplicación (*backend*) escalable, orientada a la gestión jerárquica de procesos y tareas, implementada sobre una arquitectura que favorece el crecimiento horizontal del sistema. Esta decisión buscó garantizar que, frente a un aumento sostenido de usuarios o volumen de datos, el rendimiento del sistema no se viera comprometido. Además, se adoptó la infraestructura de servicios en la nube para habilitar el acceso remoto, lo que permite el acceso remoto desde distintos fondos sin necesidad de instalaciones locales, facilitando así su despliegue a mayor escala.

Desde el punto de vista de la interacción con el usuario, se integró el servicio de identificación y procesamiento de voz humana, utilizando el modelo **Whisper**, desarrollado por OpenAI. Esta funcionalidad fue incorporada con el objetivo de reducir las barreras de entrada tecnológica para operadores con baja alfabetización digital, permitiendo que reportaran tareas o incidencias mediante mensajes de voz enviados a través de *WhatsApp*. Estos mensajes son procesados automáticamente y almacenados como registros estructurados. A nivel de seguridad, todo el tráfico entre usuarios y servidores fue cifrado mediante el protocolo HTTPS, y se implementó un sistema de control de acceso a través de sesiones de usuarios autenticados por tokens (*JWT*), para garantizar que solo usuarios autorizados pudieran acceder a las funcionalidades sensibles del sistema.

Fase 4: Validación en terreno y prueba de simulación de fallas

Finalmente, esta fase aborda el *objetivo específico 4*, al evaluar empíricamente el desempeño de la plataforma mediante pruebas en entornos reales y simulaciones controladas. La observación directa del uso, entrevistas breves y ejercicios prácticos permitieron obtener insumos que serán utilizados en la sección de Resultados para validar (o refutar) la hipótesis planteada.

La validación del sistema se realizó en entornos operativos reales mediante observaciones directas del uso de la plataforma por parte de supervisores y operadores agrícolas. Esta etapa incluyó dos acciones complementarias: una validación en faenas reales, llevada a cabo en el Fundo Santa Eugenia (Paine), y una **prueba de simulación de fallas** en la empresa Agrícola Manantiales (Curicó), diseñada como un instrumento evaluativo bajo condiciones controladas.

La **prueba de simulación de fallas**, realizada en formato tipo *gymkhana*, consistió en una actividad estructurada por estaciones. Cada estación representó un escenario agrícola real que los usuarios enfrentan en su labor diaria: creación de tareas y recordatorios, registro de actividades de riego y fertilización, gestión de inventario y actualización de registros de empleados. Los participantes ya registrados previamente mediante el bot de WhatsApp debían utilizar la plataforma MIIDO para resolver las problemáticas planteadas de manera individual.

Durante la prueba, se observaron directamente las interacciones de los usuarios con el sistema, registrando sus dificultades, errores o sugerencias. Además, al finalizar el ejercicio, se aplicaron entrevistas breves como parte del proceso de validación, centradas en la experiencia de uso de la herramienta.

Esta actividad tuvo por objetivo evaluar la usabilidad del sistema con usuarios reales y diversos perfiles tecnológicos, identificar oportunidades de mejora y medir indirectamente la curva de aprendizaje. Los datos recolectados en esta fase se destinaron al

CAPÍTULO 3 : METODOLOGÍA

análisis posterior, con foco en ajustes potenciales a la interfaz y los flujos de interacción.

Además, en esta fase se integró el modelo **GPT** de OpenAI para interpretar lenguaje natural y clasificar automáticamente tareas o incidencias reportadas por los usuarios. Esta funcionalidad fue incluida en las actividades del simulacro para evaluar su desempeño en contextos reales.

Esta fase tuvo como objetivo validar la funcionalidad de la plataforma bajo condiciones reales y simuladas, considerando criterios de accesibilidad, estabilidad y alineación con las necesidades del sector agrícola.

Los hallazgos obtenidos mediante estas técnicas cualitativas especialmente la observación directa y las entrevistas fueron posteriormente analizados y utilizados en la sección de Resultados (Sección 5) para evidenciar el impacto práctico de la plataforma en condiciones reales y simuladas.

Flujos de datos

1. El operador reporta una actividad al asistente inteligente (*bot*).
2. El servicio de Python & OpenAI procesa el contenido con inteligencia artificial y lo convierte en datos estructurados.
3. El *backend* de Python almacena los datos estructurados en la base de datos centralizada.
4. El dashboard permite al supervisor visualizar o modificar información del Dashboard MIIDO.
5. Dependiendo de la acción del supervisor el dashboard envía peticiones HTTP al backend de Node.js.
6. Modifica a la base de datos en base a las peticiones de backend de Node.js
7. El backend de Node.js también coordina recordatorios, enviando notificaciones periódicas al operador según las configuraciones establecidas.
8. Flecha que simboliza la validación del sistema completo mediante pruebas en terreno.

Relación con las fases metodológicas

Cada componente responde a una o varias necesidades identificadas en el ciclo metodológico:

- El asistente inteligente (*bot*) surge en la fase 2 “**Diseño inicial de la solución**” en base a la hipótesis.
- El *backend Python* con Whisper y OpenAi responde a la fase 3 “**Implementación de funcionalidades**”.
- La separación de responsabilidades entre los backends y la interfaz se consolidó durante el “**Diseño inicial de la solución**”.
- El sistema completo fue validado durante la fase 4 “**Validación en terreno y prueba de simulación de fallas**”, observando su utilidad en la gestión diaria de tareas agrícolas.

4.1. Diseño de Arquitectura General

El sistema se compone de cinco módulos principales basándose en una Arquitectura de Microservicios, los cuales interactúan de manera coordinada para digitalizar el flujo de tareas agrícolas, reducir errores en la recolección de datos y facilitar la toma de decisiones.

- **asistente inteligente (*bot*) WhatsApp “Miido Tareas”**

Constituye el punto de entrada del sistema. Recibe información enviada por los trabajadores en terreno, a través de mensajes de voz, texto o imágenes. Su elección está directamente relacionada con el diagnóstico de baja alfabetización digital, ya que WhatsApp representa una plataforma accesible, conocida y de alta penetración.

- **Backend Python & OpenAI**

Procesa los mensajes recibidos usando modelos como *Whisper* (transcripción de audio) y *GPT* (interpretación de texto). Este módulo interpreta si el contenido corresponde a una tarea, incidencia o cierre, y estructura la información para su posterior almacenamiento.

- **Backend Node.js**

Administra la lógica central de la plataforma, orquesta tareas CRON, gestiona autenticaciones y sirve como puente entre la base de datos y los clientes (dashboard y servicios). Además, coordina la creación de recordatorios automáticos y mantiene sincronía entre los distintos módulos.

- **Base de Datos (MariaDB)**

Permite la persistencia de datos estructurados como tareas, incidencias, usuarios, cuarteles y recordatorios. Su diseño relacional garantiza integridad, consultas eficientes y escalabilidad, factores críticos en el despliegue futuro del sistema.

- **Dashboard MIIDO**

Aplicación web desarrollada en *React.js* que permite al supervisor visualizar, administrar y planificar las actividades del campo. Integra funcionalidades como carta Gantt, recordatorios, CRUD de usuarios y tareas, y exportación de reportes. Este módulo representa el centro de análisis y control operativo.

4.1.1. Requisitos de Ambiente y Tecnologías Utilizadas

Esta arquitectura fue implementada sobre un entorno tecnológico consolidado, pensado para asegurar escalabilidad, facilidad de integración y operación remota.

Lenguajes y Frameworks

- **Backend Node.js:** Utiliza Express.js y arquitectura MVC, lo que permite separar responsabilidades y escalar servicios.
- **Backend Python:** Procesamiento de voz y lenguaje natural con OpenAI, uso de Whisper y GPT.
- **Frontend:** Desarrollado con React.js, para ofrecer una interfaz fluida, dinámica y modular.
- **Base de datos:** MariaDB, base relacional robusta y optimizada para múltiples tipos de consulta.

Infraestructura y entorno de desarrollo

- **Despliegue en la nube:** Soporte para ejecución remota y simultánea desde distintas ubicaciones.
- **Control de versiones:** GitHub, con ramas separadas por funcionalidad.
- **Entorno local:** Desarrollo con Visual Studio Code, pruebas de API con Insomnia, y gestión de base de datos con phpMyAdmin y XAMPP.

Esta consolidación tecnológica permite al sistema MIIDO operar de forma confiable, segura y accesible, minimizando barreras de entrada y facilitando su escalamiento a nuevos contextos agrícolas.

4.2. Interfaz de Usuario Móvil

La plataforma MIIDO es una interfaz conversacional implementada sobre la aplicación de mensajería *WhatsApp*, aprovechando la familiaridad y alta adopción de esta herramienta en entornos agrícolas. Esta decisión responde directamente a las necesidades detectadas durante el diagnóstico inicial, especialmente la baja alfabetización digital y las limitaciones de conectividad en zonas rurales.

La experiencia de usuario está basada en el uso de *WhatsApp Flows*, que permite estructurar interacciones mediante formularios, comandos y respuestas automatizadas. Esto facilita tareas como registrar actividades, consultar pendientes, recibir recordatorios o reportar incidencias, todo sin salir de la aplicación de mensajería.

Las funcionalidades están diseñadas para integrarse de forma fluida en la rutina de los trabajadores, permitiendo el uso de:

- **Mensajes de voz**, que son transcritos automáticamente mediante el modelo *Whisper*.
- **Mensajes de texto** y comandos, como `/mis_tareas`.
- **Imágenes** y datos adjuntos, útiles para reportar incidencias.
- **Flujos interactivos**, como el registro inicial o la asignación de tareas.

Para ilustrar el diseño conversacional de la interfaz móvil, a continuación se presentan ejemplos reales de mensajes generados por el **Chatbot “Miido Tareas”** a través de *WhatsApp*. Estas interacciones fueron extraídas de pruebas reales en terreno y demuestran cómo el sistema acompaña, guía y registra la actividad de los operadores agrícolas.

CAPÍTULO 4 : ARQUITECTURA DE LA PLATAFORMA

Listing 1: Diálogos reales entre el Chatbot y los usuarios

Recordatorios automaticos

Hola nombre_usuario. Buen dia. Recuerda hoy subir la informacion de las labores que hagas en el campo.

Powered by Miido.

Gracias por registrar tus labores hoy. Eres parte importante de la digitalizacion de la industria agro. Si te falto algo, por favor registralo antes del fin de tu jornada. Que tengas buena tarde.

Powered by Miido.

Nueva tarea asignada:

Hola nombre_usuario! Tienes una nueva tarea asignada: Fertilizar cuartel 5. A darle con todo!

Hola nombre_usuario. No olvides este recordatorio importante:

Titulo: Documentacion.

Estamos aqui para que nada se te pase por alto.

Powered by Miido.

Comando de consulta:

Comando: /mis_tareas

Respuesta:

Titulo: Terminar la poda del cuartel 7

Fecha: 2024-09-25

Descripcion:

Estado: Comenzada

Registro de incidencia:

Se ha subido el registro Incidencia: Se cayo un burro en el sector 5.

Ubicacion: Sector 5

Colaborador: nombre_usuario

Registro: Incidencia: Se cayo un burro en el sector 5.

Para mas detalles, revisa nuestro sitio web.

Powered by Miido.

Interaccion guiada:

Deseas incluir una foto y especificar alguna accion como asistencia medica o rescate?

Tambien puedo agregar la ubicacion del sector 5. Que prefieres?

Registro inicial:

Comienza el registro en Miido! Este paso es necesario para que puedas comenzar.

Powered by Miido.

CAPÍTULO 4 : ARQUITECTURA DE LA PLATAFORMA

Esta forma de interacción permite digitalizar los flujos de trabajo sin requerir capacidades adicionales ni descargas de software. WhatsApp actúa como un canal robusto, accesible y suficientemente flexible para la operación agrícola diaria.

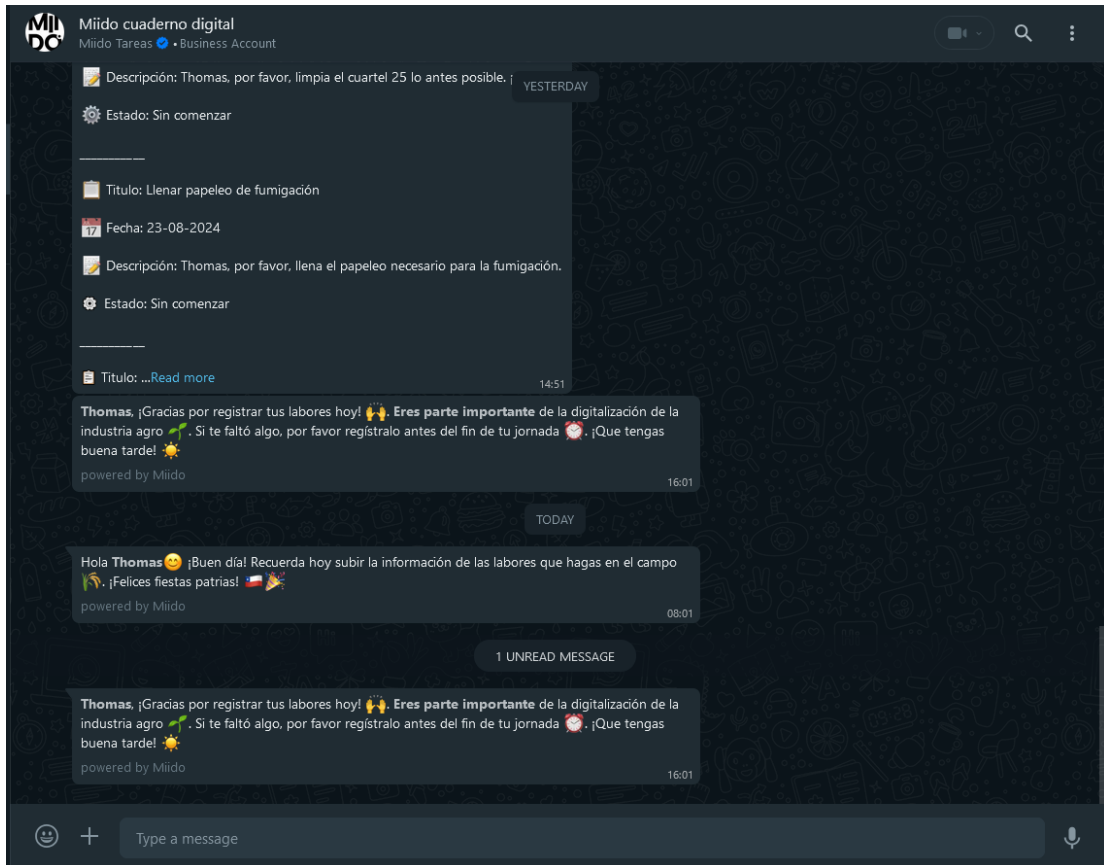


Figura 4.2: Vista del Chatbot “Miido Tareas” en WhatsApp

CAPÍTULO 4 : ARQUITECTURA DE LA PLATAFORMA

A continuación, se resumen los eventos principales del sistema desde el punto de vista de la interfaz móvil y los usuarios involucrados:

Evento	Descripción	Iniciador	Parámetros	Respuesta
Registro inicial	Incorporación al sistema	Supervisor	Texto	Enlace de registro (<i>WhatsApp Flows</i>)
Envío de alertas	Reporte de incidencia	Operador	Mensaje de audio	Confirmación estructurada
Cierre de tarea	Registro de término	Operador	Audio/texto	Confirmación estructurada
Creación de tareas/cuarteles	Planificación agrícola	Supervisor	Atributos de tarea	Confirmación vía bot
Visualización	Consulta de tareas y alertas	Supervisor	Ninguno	Listado detallado

Tabla 1: Resumen de eventos e interacciones desde la interfaz móvil

4.3. Definición de Roles de Acceso

En el desarrollo de la plataforma MIIDO, se definieron dos roles fundamentales: el **supervisor** y el **operador**, cuyas funciones y niveles de interacción con el sistema fueron diseñados en función de las necesidades operativas observadas en faenas agrícolas reales.

El **supervisor** es el actor encargado de gestionar el *dashboard* web, desde donde planifica y administra las labores agrícolas. Tiene acceso a funcionalidades como la creación de cuarteles (con geolocalización interactiva), el registro y gestión de operadores, la asignación de tareas, la planificación de fertilizaciones y la evaluación de incidencias. Su rol implica una visión global del predio agrícola y toma decisiones en tiempo real a partir de los datos recopilados en terreno.

El **operador**, por su parte, ejecuta las tareas asignadas directamente en el campo. Estas labores pueden ser de poda, fertilización, riego, entre otras. Su principal canal de interacción con el sistema es el chatbot *Miido Tareas*, al cual reporta el avance o cierre de actividades mediante mensajes de texto, imágenes o notas de voz. Estos mensajes son procesados automáticamente por un backend en *Python*, que utiliza el modelo *Whisper* para convertir audio en texto estructurado. Esta información se almacena en una base de datos y se muestra posteriormente en la interfaz del supervisor.

La comunicación entre ambos actores se realiza en forma asincrónica y automatizada, permitiendo un flujo continuo de información entre el terreno y el sistema central. Cuando el operador reporta una incidencia, por ejemplo, una fuga en un sistema de riego, esta es notificada automáticamente al supervisor, quien puede visualizarla, asignar una prioridad y planificar su resolución. Asimismo, las tareas planificadas por el supervisor se transforman en notificaciones de *WhatsApp* hacia los operadores, cerrando así el ciclo operativo.

A nivel funcional, el sistema contempla procesos que permiten:

CAPÍTULO 4 : ARQUITECTURA DE LA PLATAFORMA

- Registrar y autenticar supervisores mediante un formulario en *WhatsApp Flows*.
- Crear y georreferenciar cuarteles agrícolas, asociando cultivos y tareas.
- Asignar tareas específicas a operadores, indicando prioridad, tipo de labor y fecha límite.
- Notificar automáticamente a los operadores las tareas asignadas vía chatbot.
- Permitir que los operadores reporten tareas e incidencias mediante notas de voz o texto.
- Visualizar en tiempo real los reportes de campo en el *dashboard* web.
- Gestionar cotizaciones, recursos y planificación por cuartel desde el panel web.

5. Resultados

La presente sección expone los resultados obtenidos tras el despliegue de la plataforma MIIDO en contextos agrícolas reales y simulados. Se evidencia el impacto práctico de la solución en la recolección de datos en terreno, el ahorro de tiempo operativo y la capacidad de los usuarios para adaptarse al sistema en escenarios diversos.

Durante la implementación en el Fundo Santa Eugenia (Paine), se observó una reducción significativa en el tiempo destinado al registro de asistencia, **pasando de aproximadamente 2 horas diarias a menos de 3 minutos** mediante el uso del chatbot **Miido Tareas**. Este resultado confirma una transformación estructural en los procesos de recopilación de información agrícola, dando inicio a la eliminación del uso de cuadernos físicos y facilitando la digitalización inmediata de datos desde el terreno. La solución fue utilizada por usuarios reales sin asistencia técnica, lo que demuestra su usabilidad incluso en contextos de baja alfabetización digital.

En el entorno productivo de Agrícola Manantiales (Curicó), se aplicó una prueba de simulación para evaluar la eficacia de la solución en condiciones controladas. Los resultados obtenidos evidenciaron que los usuarios fueron capaces de resolver las tareas asignadas con autonomía, sin requerir asistencia técnica. Se observó una alta comprensión de los flujos de trabajo y una apropiación efectiva de la plataforma en menos de 15 minutos de interacción.

Además, se identificaron patrones de uso consistentes en la planificación de tareas y el registro de incidencias, lo cual demuestra que las funcionalidades de la plataforma se alinean adecuadamente con las dinámicas del trabajo agrícola. La evaluación cualitativa mostró niveles altos de satisfacción con la interfaz, y las entrevistas post-simulación destacaron la claridad de los mensajes, la utilidad de los recordatorios automáticos y la reducción de errores al eliminar el uso de formularios físicos.

La solución fue evaluada empíricamente bajo dos condiciones: entornos reales de faena

CAPÍTULO 5 : RESULTADOS

y un entorno simulado controlado. En ambos se observaron interacciones funcionales fluidas, uso autónomo del sistema y mejoras en los tiempos de registro, lo que permitió documentar patrones de uso consistentes sin requerir asistencia técnica externa.

La experiencia del usuario fue documentada mediante observación directa y entrevistas breves. Se identificaron interacciones fluidas, aceptación funcional del sistema y reportes sin necesidad de asistencia externa.



Figura 5.1: Comparación entre el escenario sin MIIDO y con MIIDO en términos de eficiencia.

La Figura 5.1 resume los principales indicadores observados durante las pruebas, contrastando el estado previo al uso de MIIDO con los beneficios operativos posteriores. Se destaca una reducción significativa del tiempo requerido para registrar asistencia.

Más allá de la experiencia de uso observada en terreno, también se llevaron a cabo pruebas funcionales que permitieron validar el comportamiento técnico del sistema frente a distintos requerimientos operativos. A continuación, se presenta una síntesis de estas evaluaciones.

5.1. Resultados de las Pruebas de la Plataforma

Estas pruebas corresponden a la fase de validación funcional descrita en la subsección **Etapas del Diseño Experimental**, donde se evaluó el sistema bajo condiciones reales y simuladas mediante una metodología mixta cualitativa–cuantitativa.

El comportamiento técnico y funcional del sistema fue evaluado mediante pruebas controladas y en terreno. A continuación, se presenta una tabla de verificación con los resultados de cada funcionalidad clave.

Realizado: cumplimiento completo (90–100 %)

Parcialmente Realizado: cumplimiento funcional con limitaciones (70–89 %)

Potencialmente Realizado: estructura preparada pero no verificada (50–69 %)

No Aplicable: funcionalidad fuera del alcance definido

Nº	Prueba	Clasificación	Porcentaje (%)
1	Registro inicial	Realizado	100
2	Creación de cuarteles	No Aplicable	0
3	Visualización de cuarteles	No Aplicable	0
4	Cierre de tareas vía audio	Realizado	100
5	Notificación de tareas	Realizado	100
6	Planificación de fertilización	No Aplicable	0
7	CRUD de operadores	Realizado	100
8	Registro de incidencias	Realizado	100
9	Gestión de alertas	Realizado	100
10	Multiplataforma	Realizado	100
11	Seguridad de datos	Parcialmente Realizado	60
12	Despliegue en la nube	Realizado	100
13	Escalabilidad futura	Potencialmente Realizado	70
14	Seguridad de comunicación	Realizado	100

Tabla 2: Resumen de resultados según escala cualitativa y cuantitativa

CAPÍTULO 5 : RESULTADOS

A continuación, se presentan los gráficos tipo radar agrupados por similitud funcional:

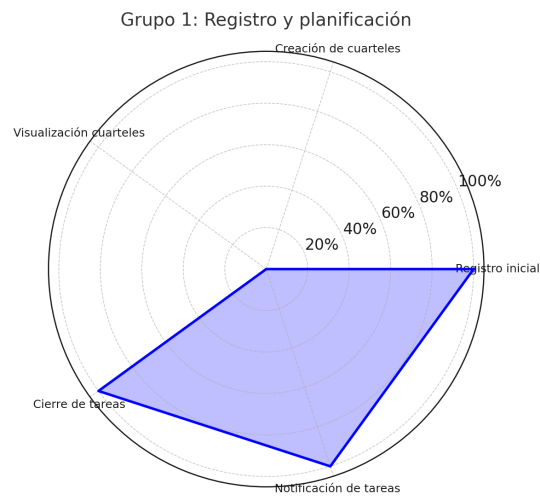


Figura 5.2: Grupo 1: Registro, planificación y tareas (Pruebas 1–5)

La Figura 5.2 muestra el desempeño del sistema en funcionalidades clave relacionadas con la operación diaria en terreno. Todas las funcionalidades de terreno obtuvieron una clasificación de “Realizado”. Este grupo representa el núcleo operativo de la solución, donde el chatbot MIIDO facilita la interacción directa con el trabajador agrícola.

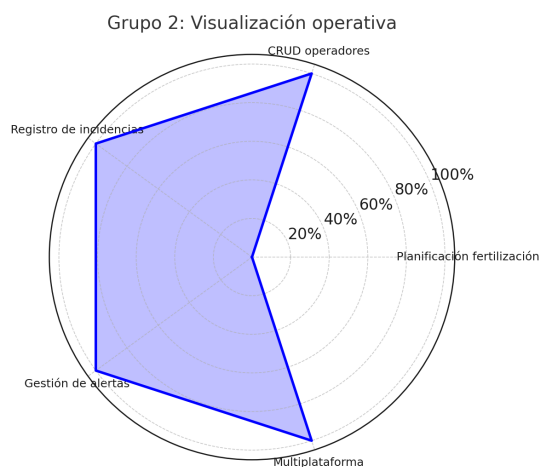


Figura 5.3: Grupo 2: CRUD y visualización operativa (Pruebas 6–10)

CAPÍTULO 5 : RESULTADOS

La Figura 5.3 agrupa funcionalidades administrativas y de visualización. Si bien algunas pruebas no fueron aplicables (por ejemplo, la planificación de fertilización), las funcionalidades evaluadas activamente como el CRUD de operadores y la gestión de alertas fueron clasificadas como “Realizado”. Este grupo refuerza la capacidad de la plataforma para organizar y mantener información estructurada en el entorno web.

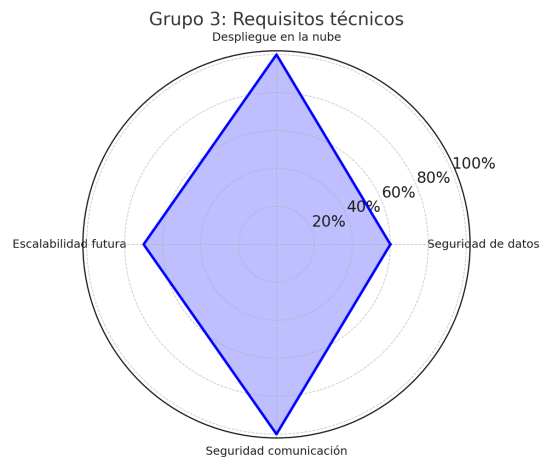


Figura 5.4: Grupo 3: Requisitos técnicos y no funcionales (Pruebas 11–14)

La Figura 5.4 refleja el cumplimiento de criterios técnicos y no funcionales esenciales para la escalabilidad y seguridad del sistema. Se destaca el éxito en la adopción de servicios en la nube, la comunicación segura y el soporte multiplataforma. Sin embargo, áreas como la seguridad de los datos (60 %) y la escalabilidad futura (70 %) muestran oportunidades de mejora.

5.2. Interfaces de Usuario

Las interfaces fueron validadas por supervisores agrícolas durante faenas reales. Cada vista cumple funciones específicas dentro del proceso de gestión operativa.

La vista principal (Figura 5.5) permite organizar procesos y tareas agrícolas dentro de tableros personalizados. Desde aquí se integran las notificaciones del *Chatbot* y se agrupan tareas por estado o tipo de actividad, mejorando la trazabilidad.

La Carta Gantt (Figura 5.6) visualiza la duración y asignación de tareas en una línea temporal mensual, permitiendo al supervisor identificar rápidamente la carga de trabajo por operador y fechas críticas de ejecución. Es el componente más cercano a un indicador medible dentro de la plataforma.

La sección de Empresa (Figura 5.7) permite gestionar trabajadores, visualizar cuántos operadores están asignados a un tablero, y modificar sus datos, funcionando como una base administrativa interna.

Finalmente, la interfaz de Recordatorios (Figura 5.8) facilita la programación de tareas recurrentes, que son notificadas automáticamente a los operadores según su frecuencia configurada, contribuyendo a establecer rutinas de trabajo estructuradas.

CAPÍTULO 5 : RESULTADOS

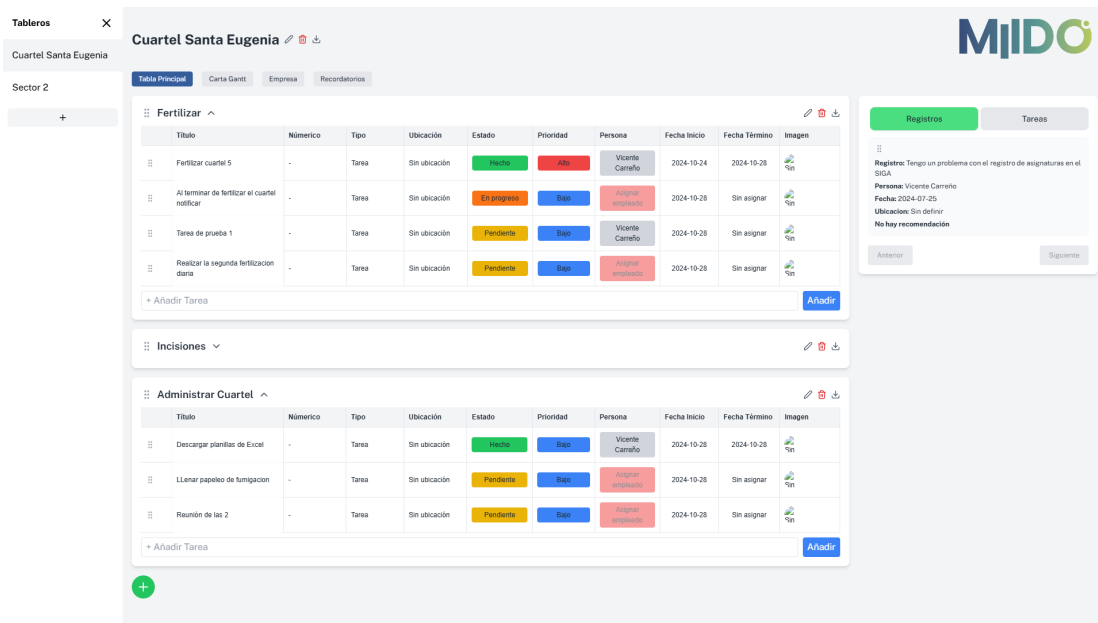


Figura 5.5: Vista principal del Dashboard

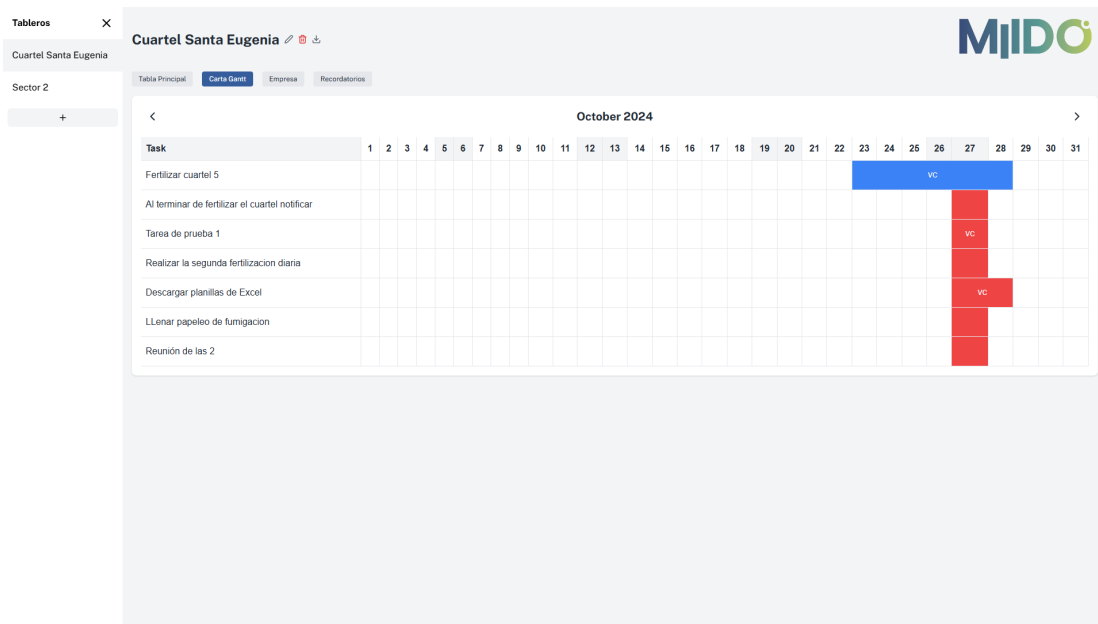


Figura 5.6: Carta Gantt con visualización temporal de tareas

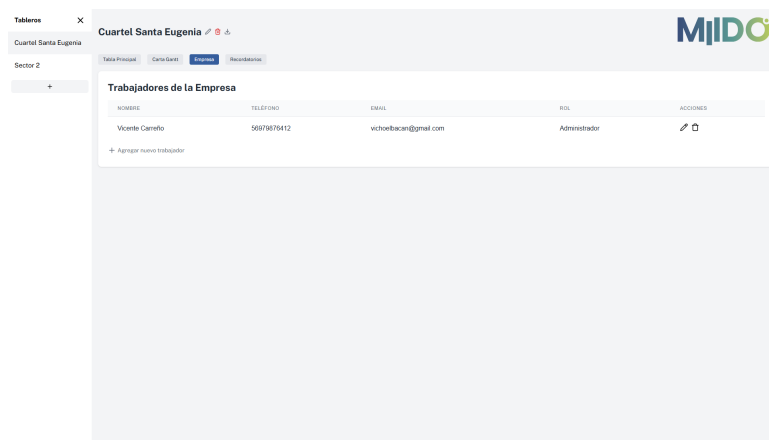


Figura 5.7: Gestión de trabajadores agrícolas

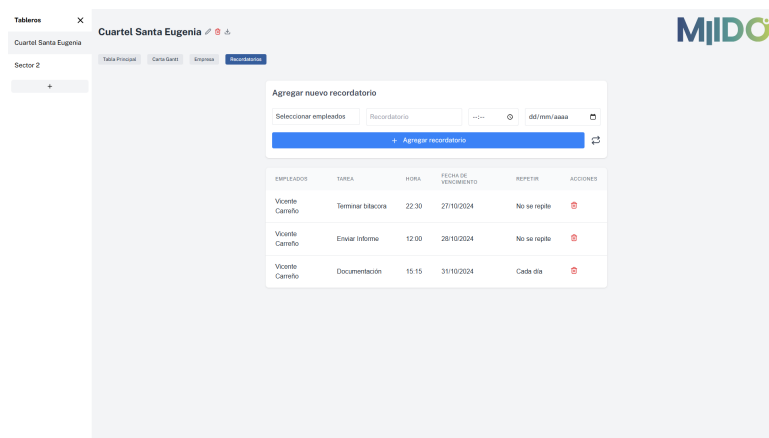


Figura 5.8: Programación de recordatorios recurrentes

5.3. Madurez Tecnológica del Sistema (TRL 5)

Según la escala de Technology Readiness Levels (TRL) utilizada por NASA, el nivel 5 corresponde a una tecnología validada en un entorno relevante, es decir, evaluada en condiciones reales que simulan el uso final del sistema. En este estudio, el sistema MIIDO fue validado en faenas agrícolas operativas, lo que permite clasificarlo en TRL 5. Aún no alcanza una etapa de despliegue completo (TRL 6 o superior), pero los resultados obtenidos en terreno permiten proyectar su adopción en nuevas unidades productivas y su mejora continua mediante retroalimentación directa de los usuarios.

6. Análisis

6.1. Síntesis de principales hallazgos

Durante la validación en terreno, se identificaron múltiples hallazgos relevantes sobre la funcionalidad de la plataforma MIIDO. La funcionalidad de recordatorios fue una de las más valoradas por los supervisores, al compensar omisiones comunes en el registro de actividades por parte de los operadores. La implementación de mensajes automatizados al inicio y término de la jornada fomentó hábitos de registro y evidenció la utilidad de mecanismos proactivos en la adopción tecnológica agrícola.

Se observó que los usuarios con experiencia previa en *WhatsApp* interactuaron con naturalidad mediante mensajes de voz, texto o imágenes, mientras que personas con bajo nivel de alfabetización digital enfrentaron barreras iniciales. Sin embargo, tras un breve acompañamiento, todos lograron utilizar la herramienta. Esto resalta la necesidad de combinar tecnología con estrategias humanas de implementación para lograr una adopción sostenida.

En el plano organizacional, el registro digital permitió mayor trazabilidad de las tareas agrícolas, reduciendo el uso de papel y permitiendo decisiones operativas más informadas. La automatización del registro de asistencia fue un caso emblemático, con una reducción de tiempo superior al 95 %. Estos resultados se alinean con los objetivos de digitalización del agro.

Desde el punto de vista técnico, los resultados cuantitativos mostraron un alto nivel de cumplimiento en funcionalidades esenciales del sistema. Las funcionalidades del Grupo 1 (registro, planificación y tareas) alcanzaron un 100 % de efectividad, demostrando la solidez del chatbot en terreno. El Grupo 2 (CRUD y visualización) también obtuvo resultados completos, aunque algunas funcionalidades no fueron aplicables durante la prueba. En el Grupo 3, orientado a aspectos técnicos y no funcionales, se evidenciaron

oportunidades de mejora: la seguridad de datos obtuvo un 60 %, lo cual indica la necesidad de fortalecer la gestión de credenciales y medidas de cifrado; la escalabilidad futura fue evaluada en 70 %, lo que refleja un diseño prometedor, pero aún no verificado en contextos de mayor carga.

6.2. Discusión

Durante la evaluación, se observaron diferencias en el uso de la plataforma según el perfil del usuario. La principal brecha fue generacional: usuarios mayores tendieron a preferir mensajes de voz, mientras que los más jóvenes utilizaron diversos formatos. Esta diferencia no afectó la funcionalidad del sistema, pero evidenció la importancia de diseñar flujos adaptables a distintos estilos de comunicación.

En términos de equipamiento, los operadores usaron teléfonos Android de gama media o baja, todos compatibles con *WhatsApp*. En zonas con conectividad limitada, se recurrió a WiFi local. Casos de resistencia inicial fueron superados mediante intervenciones contextualizadas, donde se mostró cómo el sistema respondía a problemas reales del trabajo agrícola.

En general, la solución fue bien recibida, pero se reafirma que la tecnología por sí sola no garantiza la adopción. Es indispensable considerar procesos de acompañamiento, formación y ajustes continuos según el entorno operativo. Además, el uso de *WhatsApp* como interfaz facilitó la integración con los hábitos tecnológicos existentes, lo cual es indispensable para reducir la resistencia al cambio.

Estos hallazgos reflejan que el diseño de MIIDO permite adaptarse a distintos perfiles y contextos, pero requiere estrategias complementarias de implementación para lograr una adopción equitativa y sostenida.

7. Conclusiones y Trabajo Futuro

El desarrollo de la plataforma **MIIDO** demostró que es posible digitalizar procesos agrícolas tradicionales mediante herramientas accesibles y centradas en el usuario. La combinación de *WhatsApp* como interfaz conversacional y tecnologías de inteligencia artificial como *Whisper* permitió reemplazar tareas rutinarias en papel, logrando una reducción de hasta un 97 % en el tiempo de carga de asistencia.

La validación en terreno evidenció impactos positivos en la eficiencia operativa, particularmente en la trazabilidad de tareas, la comunicación entre actores y la centralización de datos. Si bien la adopción fue favorable en usuarios con conocimientos digitales básicos, se identificaron barreras en perfiles con menor familiaridad tecnológica. Para ello, estrategias como el envío de recordatorios automáticos y el acompañamiento entre pares resultaron efectivas para mejorar la participación.

A nivel técnico, la plataforma cumplió con los principales requisitos establecidos y fue desplegada en la nube, asegurando escalabilidad, seguridad y disponibilidad. El sistema alcanzó un nivel de madurez funcional que permite proyectar su expansión futura.

Como proyecciones, se sugiere avanzar en funcionalidades originalmente planificadas, como trazabilidad específica de cultivos y recomendaciones inteligentes de fertilización. También, se plantea la necesidad de incorporar métricas de impacto que evidencien el ahorro en tiempo y recursos, fortaleciendo el valor percibido de la herramienta. Finalmente, se propone el diseño de una estrategia sistemática de alfabetización digital rural, que asegure una adopción tecnológica inclusiva y sostenible.

Referencias

- [1] Ministerio de Agricultura de Chile, “Transformación digital en zonas rurales: Gobierno de Chile, ONU y la Unión Europea lanzan innovador proyecto de conectividad.” <https://minagri.gob.cl/noticia/transformacion-digital-en-zonas-rurales-gobierno-de-chile-onu-y-la-union-europea-lanzan-innovador-proyecto-de-conectividad/>, (2024). Consultado en mayo de 2025.
- [2] S. Hackfort, “Patterns of inequalities in digital agriculture: A systematic literature review,” *Sustainability*, vol. 13, no. 22, (2021).
- [3] E. N. Sadjadi and R. Fernández, “Challenges and opportunities of agriculture digitalization in Spain,” *Agronomy*, vol. 13, no. 1, (2023).
- [4] L. A. Puntel, É. L. Bolfe, R. J. M. Melchiori, R. Ortega, G. Tiscornia, A. Roel, F. Scaramuzza, S. Best, A. G. Berger, D. S. S. Hansel, D. P. Durán, and G. R. Balboa, “How digital is agriculture in a subset of countries from South America? Adoption and limitations,” *Crop and Pasture Science*, vol. 74, no. 6, pp. 555 – 572, (2022).
- [5] S. Cáceres, “Agrotech en Chile: la nueva ola tecnológica que está renovando nuestra industria agrícola,” (2024). <https://tierraverde.cl/aprende/agrotech-en-chile-la-nueva-ola-tecnologica-que-esta-renovando-nuestra-industria-agricola>.
- [6] A. Chile, “El futuro de la agricultura digital y la sostenibilidad en Chile,” (2025). Consultado el 24 de febrero de 2025.
- [7] I. N. de Estadísticas de Chile, “Trabajo agrícola a nivel nacional,” (2021). Consultado el 24 de febrero de 2025.

REFERENCIAS

- [8] S. A. Verbanaz, “Caracterización socioeconómica de las temporeras y temporeros en Chile,” (2022). https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/33299/1/Caracterizacion_socioeconomica_de_las_temporeras_y_temporeros_en_Chile.pdf.
- [9] I. de Investigaciones Agropecuarias (INIA), “Método de recomendación de fertilizantes nitrogenados. parte 1: Aproximación teórica,” (2020). Consultado el 1 de mayo de 2025.
- [10] A. Castillo Larrain, *La organización del control en la agroindustria chilena: el caso de los viñedos*, pp. 159–188. Ariadna Ediciones, 10 (2020).
- [11] G. Anríquez, W. Foster, O. Melo, J. P. Subercaseaux, and A. Valdés, *Empleo estacional en la fruticultura en Chile: evidencia, desafíos y políticas*. Santiago, Chile: Fundación para la Innovación Agraria, (2015).
- [12] J. P. Subercaseaux, J. I. Domínguez, O. Melo, E. Araya, R. Díaz, M. F. Contreras, M. P. Espinosa, F. Miranda, C. Montecinos, and C. Rojas, “Estimación y caracterización de la demanda de la mano de obra asociada a la fruticultura de exportación. informe final.” <https://www.odepa.gob.cl>, 12 (2012). Consultado: 24 julio 2025.
- [13] M. Ammoniaci, S.-P. Kartsiotis, R. Perria, and P. Storchi, “State of the art of monitoring technologies and data processing for precision viticulture,” *Agriculture*, vol. 11, no. 3, (2021).
- [14] CEPAL, “Compuagro - plataforma de gestión agrícola,” (2023). <https://agriculturadigital.cepal.org/es/startups/compuagro>.
- [15] CEPAL, “Agrapp - aplicación para gestión de huertos,” (2023). <https://emprenderte.co/startups/startup-agrapp/>.
- [16] CEPAL, “Agroinventario - control de stock agrícola,” (2023). <https://agriculturadigital.cepal.org/es/startups/agroinventario>.

REFERENCIAS

- [17] Catadevino.com, “¿conoces el valle vitivinícola de curicó en chile?” <https://www.catadelvino.com/blog-cata-vino/vinos-de-chile/conoces-el-valle-vitivinicola-de-curico-en-chile>, 2014. Consultado el 14 de julio de 2025.

Anexos

A. Testimonios de usuarios de Miido

“Por el momento bien bueno, bien cómodo, ya no hay que estar escribiendo nada más, las tareas principalmente, en la mañana uno llega y las toma, eso es bueno.”

Guillermo, Jefe de campo en Agrícola Manantiales (Curicó)

“MIIDO se ha convertido en nuestra herramienta más valiosa para dar inteligencia a los datos que se levantan en el día a día de la operación.”

Felipe Sánchez, Gerente General - Fundo Santa Eugenia (Paine)

“Hola, mi nombre es Tatiana Morera de Costa Rica. Un saludo para toda la gente de Miido.”

¿Cómo ha sido la experiencia trabajando con Miido?

Excelente por el concepto de orden que podemos lograr. Un usuario que tenemos todos los días, todos los días estamos con el teléfono en la mano, es lo único que no dejamos en nuestros hogares o nunca olvidamos. Siempre tenemos ese teléfono en la mano y es una forma muy práctica de dejar el papelito, de dejar el lapicero, de tener que estar utilizando la computadora para poder tener cierta información. Sobre todo para nosotros, los usuarios de campo, que nos encanta estar en el campo revisando, y las condiciones de tiempo no nos permiten estar utilizando papel ni computadoras. Toda esta plataforma, y sobre todo los audios, nos ayudan a ordenar muchísimo lo que ya estamos haciendo, pero de una forma muy desordenada.

¿Y qué crees tú que es lo más valioso de usar los audios de WhatsApp?

Que todas las personas podemos involucrarnos. Quitamos esa hebra de “me da miedo escribir algo porque me da miedo escribirlo mal”, “me da pereza escribir”, porque algunas personas... las nuevas generaciones son muy rápidas para escribir en un teléfono, pero las generaciones un poquito más avanzadas somos un poquito más lentos.

CAPÍTULO A : TESTIMONIOS DE USUARIOS DE MIIDO

Entonces con audios nos vemos más familiarizados, nos sentimos un poco más cerca de las demás personas sin necesidad de estar escribiéndolo todo.”

Tatiana Morera, Costa Rica