



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL EN COMPUTACIÓN**

Sistema de Trazabilidad Vitivinícola Basado en IoT

MIGUEL FRANCISCO JORQUERA JAQUE

Profesor Guía: RICARDO ENRIQUE PÉREZ GUZMÁN

Memoria para optar al título de
Ingeniero Civil en Computación

Curicó – Chile
Abril, 2021

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su encargado Biblioteca Campus Curicó certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Two circular official stamps and handwritten signatures in blue ink. The left stamp is from the 'DIRECCIÓN SISTEMA DE BIBLIOTECAS' of the 'UNIVERSIDAD DE TALCA'. The right stamp is from the 'SISTEMA DE BIBLIOTECAS CAMPUS CURICO' of the 'UNIVERSIDAD DE TALCA'.

Curicó, 2022

Dedicado a ...

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por aceptar y apoyar las decisiones en cada una de las etapas de mi vida, con el objetivo de desempeñarme y adquirir conocimiento durante todos estos años.

Agradecer a mis amigos, por conocer nuevos horizontes y compartir experiencias inolvidables. Con mención especial a Andrés, César y Francisco.

A mis compañeros de universidad que estuvieron durante estos cinco años y medio, realizando trabajos, estudiando y compartiendo. Porque gracias a ellos mis recuerdos de la universidad serán memorables. Con mención especial a José, Franco, Javier, Gonzalo, Ignacio y Ariel.

A mi profesor guía Ricardo Pérez, por orientarme y aconsejarme en cada etapa del desarrollo de este proyecto.

A la familia Villar por ser una fuente de inspiración para llevar a cabo este proyecto. Rescatando tradiciones familiares como es la vendimia, logrando pasar de generación en generación esta actividad característica de la región del Maule.

TABLA DE CONTENIDOS

	página
Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
Tabla de Contenidos	III
Índice de Figuras	VII
Índice de Tablas	IX
Resumen	XI
1. Introducción	13
1.1. Descripción General	13
1.2. Motivación	14
1.3. Conceptos Básicos del Proyecto	15
1.4. Contexto del Proyecto	16
1.5. Definición del Problema	17
1.6. Objetivos	18
1.6.1. Objetivo General	18
1.6.2. Objetivos Específicos	18
1.7. Alcances	19
2. Marco Teórico	21
2.1. Trazabilidad en el Área de Alimentos	21
2.2. Trabajo Relacionado	21
2.2.1. Guías de Aplicación de Estándares GS1	22
2.2.2. Ericsson	22
2.2.3. IBM Food Trust	22
2.2.4. My Story	22
2.2.5. Ventaja y Desventaja del Trabajo Relacionado	23
2.3. Metodología de Desarrollo	24

2.3.1.	Metodología de Desarrollo PXP (Personal eXtreme Programming)	24
2.4.	Metodología de Evaluación	26
2.4.1.	Pruebas de Caja Negra	26
2.4.2.	Pruebas de Usabilidad	26
2.5.	Procesos de Captura de Datos	26
2.5.1.	Procesos Estáticos	27
2.5.2.	Procesos Dinámicos	27
2.6.	Definiciones Conceptuales	27
2.6.1.	Tecnologías Inalámbrica	27
2.6.2.	Comunicación Serial	28
2.6.3.	Tecnología Web	28
2.6.4.	Tecnología IoT	28
2.6.5.	Aplicaciones Híbridas	29
2.6.6.	Aplicaciones Nativas	29
2.6.7.	Laravel	30
2.6.8.	Arduino IDE	30
2.6.9.	Ionic	30
2.6.10.	Python	31
2.6.11.	Android Studio	31
2.6.12.	Proteus Design	31
2.6.13.	MySQL	31
2.6.14.	Raspbian	32
2.6.15.	Código QR	32
2.6.16.	Hilos	32
2.7.	Hardware	32
2.7.1.	Arduino	32
2.7.2.	Raspberry Pi	33
2.7.3.	Instancia Google Cloud	33
2.7.4.	Amplificador Celda de Carga HX711	34
2.7.5.	Sensor ultrasónico	34
3.	Marco Metodológico	35
3.1.	Requisitos	35
3.2.	Planificación	36

3.3.	Inicio de Iteración	37
3.4.	Diseño	38
3.4.1.	Arquitectura Física	38
3.4.2.	Arquitectura Lógica	39
3.4.3.	Diagrama de Clases	39
3.4.4.	Diagrama Modelo Relacional	40
3.5.	Implementación	41
3.6.	Pruebas	43
3.6.1.	Pruebas de Caja Negra	43
3.6.2.	Depurador de Código	44
3.6.3.	Pruebas Ad-Hoc	44
3.7.	Retroalimentación	44
4.	Implementación	45
4.1.	Concepción del Proyecto	45
4.2.	Implementación de la Solución	46
4.2.1.	Iteración 1	46
4.2.2.	Iteración 2	48
4.2.3.	Iteración 3	50
4.2.4.	Iteración 4	52
4.2.5.	Iteración 5	58
4.2.6.	Iteración 6	61
5.	Pruebas	65
5.1.	Pruebas de Caja Negra	65
5.1.1.	Pruebas de Caja Negra Aplicación Móvil	65
5.1.2.	Pruebas de Caja Negra Aplicación Web	68
5.2.	Pruebas de Usabilidad	70
5.2.1.	Objetivo de la Evaluación	71
5.2.2.	Instrumentos de Medición	71
5.2.3.	Ejecución de Evaluación	73
5.2.4.	Análisis de la Prueba	74
5.2.5.	Resultados	76

6. Conclusiones	83
6.1. Discusión	83
6.1.1. Tecnología IoT	85
6.1.2. Tecnología Web	85
6.1.3. Tecnología Móvil	86
6.2. Lecciones Aprendidas	86
6.3. Trabajo Futuro	87
Bibliografía	89
Anexos	
A: Pruebas	94
A.1. Pruebas de Caja Negra	94
A.2. Resultados de Pruebas de Usabilidad	99
A.2.1. Formulario Aplicación Movil	99
A.2.2. Formulario Página Web	101
A.2.3. Respuestas Aplicación Móvil	103
A.2.4. Respuestas Aplicación Web	105
B: Interfaces del sistema	106
B.1. Aplicación Web	106
B.1.1. Pantalla de Inicio	106
B.1.2. Pantalla de Visualización de Informes de Carga y Gestión de Código QR	107
B.1.3. Pantalla de Visualización de Informes	110
B.1.4. Pantalla de Visualización de Gráficos	114
B.1.5. Pantalla Gestión de Imágenes por Proceso	115
B.2. Aplicación Móvil	120

ÍNDICE DE FIGURAS

	página
2.1. Fases metodología PXP.	25
2.2. Placa Arduino Uno.	33
3.1. Arquitectura física del sistema.	38
3.2. Arquitectura lógica del sistema.	39
3.3. Diagrama de clases del sistema.	40
3.4. Diagrama modelo relacional base de datos.	41
4.1. Esquema de dispositivos IoT simulados en Proteus.	49
4.2. Emulador puerto serial usando VSP.	50
4.3. Esquema completo de dispositivos IoT en Proteus.	54
4.4. Algoritmo de trazabilidad propuesto.	55
4.5. Plantilla de la página web con el código QR generado.	58
4.6. Pantalla de resumen de procesos.	60
4.7. Pantalla de detalle proceso de almacén.	60
4.8. Visualización de vulnerabilidades capturadas en el servidor web.	63
5.1. Composición total de elementos en funcionalidades aplicación móvil.	77
5.2. Composición total de elementos en apreciación aplicación móvil.	79
5.3. Composición total de elementos en funcionalidades aplicación web.	80
5.4. Composición total de elementos en apreciación aplicación web.	82
B.1. Pantalla de bienvenida página web.	106
B.2. Pantalla de lista de cargas.	107
B.3. Pantalla detalle de carga.	108
B.4. Pantalla impresión de código QR.	109
B.5. Pantalla resumen de informes.	110
B.6. Pantalla de informe de bodega.	111
B.7. Pantalla de informe de almacén.	112
B.8. Pantalla de informe de descarga.	113
B.9. Pantalla de gráfico humedad y temperatura de bodega.	114
B.10. Pantalla de gráfico humedad y temperatura de almacén.	114

B.11. Pantalla de gestión de imágenes por proceso.	115
B.12. Pantalla de visualización de imagen bodega.	116
B.13. Pantalla de visualización de alertas al eliminar imagen.	117
B.14. Pantalla de visualización de alertas al subir imagen.	118
B.15. Pantalla de visualización listas de procesos.	119
B.16. Pantalla de inicio con acerca de.	120
B.17. Pantalla de inicio explica funcionamiento.	120
B.18. Pantalla de cámara para captura de código QR.	121
B.19. Pantalla de inicio ingresar código por teclado.	121
B.20. Pantalla de error de código erróneo.	122
B.21. Pantalla de resumen de procesos.	122
B.22. Pantalla de detalle viña.	123
B.23. Pantalla de detalle predio y tipos de vinos.	123
B.24. Pantalla de detalle predio y locación.	124
B.25. Pantalla de detalle proceso de cosecha.	124
B.26. Pantalla de detalle cosecha humedad.	125
B.27. Pantalla de detalle cosecha temperatura.	125
B.28. Pantalla de detalle proceso de carga.	126
B.29. Pantalla de detalle proceso de descarga.	126
B.30. Pantalla de detalle proceso de bodega.	127

ÍNDICE DE TABLAS

	página
2.1. Plataformas de trazabilidad.	23
2.2. Plataformas con uso de IoT.	24
2.3. Sistema operativos móviles.	29
3.1. Resumen de historias de usuario del proyecto.	36
3.2. Planificación de iteraciones.	37
4.1. Tareas y su descripción asociada a sprint 1.	47
4.2. Tareas asociadas a sprint 2.	48
4.3. Tareas asociadas de historias de usuario sprint 3.	51
4.4. Tareas asociadas a historias de usuario sprint 4.	53
4.5. Tareas asociadas a historias de usuario sprint 5.	59
4.6. Tareas asociadas a sprint 6.	62
5.1. Caja Negra - Lectura Código QR.	66
5.2. Caja Negra - Visualizar Resumen Bodega.	66
5.3. Caja Negra - Visualizar Proceso de Cosecha.	67
5.4. Caja Negra - Subir imagen al sistema web y asociar a proceso.	69
5.5. Caja Negra - Generación y exportación de código QR.	70
5.6. Escala de Likert.	73
5.7. Resultados de frecuencias por afirmaciones en funcionalidades.	77
5.8. Resultados de frecuencias por afirmaciones en apreciación.	78
5.9. Resultados de frecuencias por afirmaciones en funcionalidades aplicación web.	80
5.10. Resultados de frecuencia en apreciación de la aplicación web.	81
A.1. Caja negra - visualizar resumen almacén.	94
A.2. Caja negra - visualizar resumen descarga.	95
A.3. Caja negra - visualizar proceso de carga.	96
A.4. Caja negra - visualizar datos de predio.	97
A.5. Caja negra - visualizar datos de viña.	98
A.6. Resultados datos generales de los usuarios.	103

A.7. Resultados datos sobre funcionalidades aplicación móvil por usuario. . .	103
A.8. Resultados datos sobre la apreciación de la aplicación móvil por usuario. .	103
A.9. Comentarios de la aplicación móvil realizados por usuarios.	104
A.10. Datos generales de los usuarios que realizan la prueba.	105
A.11. Resultados datos sobre funcionalidades aplicación web por usuario. . . .	105
A.12. Resultados datos sobre la apreciación de la aplicación web por usuario. .	105
A.13. Comentarios de la aplicación web realizados por usuarios.	105

RESUMEN

La globalización ha incrementado el interés de los países en la adquisición de productos de calidad que involucran una cantidad significativa de pasos en los procesos de producción. Dando la posibilidad de que industrias de los países en desarrollo quieran exportar productos de calidad, de manera segura. Para lograr este objetivo, se requiere de un sistema de registro que permita corroborar si un producto cumple con los estándares básicos de calidad.

Dentro de Chile y particularmente la región del Maule, la producción de vino es una de la más grande del país. Reconocido en todo el mundo, su elaboración es muy rigurosa y la gran industria del sector vitivinícola es reconocida por el buen tratamiento de las etapas en los procesos productivos.

La trazabilidad permite asegurar la calidad del producto a través del registro de los procesos de producción. Comúnmente el proceso de registro se hace a través de personas en plataformas ofimáticas o manualmente por medio de libros de anotación.

Para asegurar la integridad de la información nace la necesidad de crear un sistema que abarque una infraestructura de dispositivos IoT que permitan la captura de datos y procesamiento de estos de manera autónoma, por medio de un sistema web que permita el almacenamiento y respaldo de los datos. Con la finalidad de que se consulten los datos por medio de dispositivos móviles a través de una aplicación para dicho dispositivo, visualizando cada uno de los procesos involucrados para la elaboración de una botella de vino.

El proyecto es desarrollado bajo la metodología Personal Extreme Programming (PXP) que permite ajustar el desarrollo a un solo programador y se adapta a los cambios de manera progresiva, mientras se desarrolla la aplicación.

También se especifican los diseños lógicos, físicos, diagrama de clases y modelo de datos del sistema, de manera que se pueda entender los objetos y artefactos que interactúan.

Se explica las etapas de desarrollo del proyecto, con las tareas y actividades asociadas en cada una de las iteraciones planificadas. Dando como resultado, un sistema que está construido bajo tres tecnologías que permite asegurar la trazabilidad en los procesos de producción del vino. Abarcando la captura de información por medio de sensores y dispositivos IoT, creación de trazados entre procesos por medio de un controlador centralizado, el respaldo de información y generación de código QR por medio de una plataforma

web. Con la finalización de una aplicación móvil que permite consultar la información de trazabilidad asociada a un código QR en una botella de vino.

Concluyendo finalmente con las metodologías de evaluación aplicadas con sus respectivos resultados.

1. Introducción

1.1. Descripción General

En este documento son descritos los procesos de diseño e implementación de un sistema que permita consultar el detalle de la trazabilidad de una cadena de suministro para el proceso de elaboración del vino a través de una aplicación móvil y web. La trazabilidad consiste en la capacidad de seguir el histórico, la aplicación o localización de un objeto con la finalidad de visualizar el detalle de la información obtenida [7]. Dentro de una organización existe la trazabilidad interna en la cual trabaja con los procesos productivos para la elaboración de un producto, y permite conocer las características de los procesos de producción de las circunstancias o condiciones que ha sido expuesto el producto [12].

En un sistema que trabaja con trazabilidad, debe tener la opción de visualizar datos históricos con la cual se conoce como trazabilidad hacia atrás. Permite conocer los datos de las materias primas de un producto. También existe la posibilidad de ver hacia donde se dirige una cadena a través de una identificación de un producto. La cual se conoce como trazabilidad hacia adelante. Para que un producto sea confiable y seguro hacia los consumidores, se necesita obtener certificaciones con estrictas normas para que el consumidor final tenga la confianza de que su producto ha sido analizado para su posible consumo. Dentro de estas normas se encuentra el estándar mundial de seguridad alimentaria ISO 22000 [15] que especifica los requisitos de seguridad alimentaria establecidos por los clientes. Existe la sección para Sistema de Gestión de Seguridad Alimentaria, que para su desarrollo, implementación y actualización se necesitan los procedimientos y registros de producción. Esta norma está diseñada para su aplicación en cualquier organización que opera dentro de una cadena alimentaria.

La importancia de la industria vitivinícola en Chile es la que proporciona mayor valor agregado. En el artículo “El vino y la identidad de Chile” [25]. Identifica que el vino

es la mayor exportación industrial de Chile. Es decir, que el país tiene la capacidad de tomar la materia prima, procesar toda su cadena de producción y finalmente exportar este producto. Dicha industria que aporta cerca del 0.5 % del PBI del país. Dentro de la región del Maule está el 37.9 % de la producción nacional, posicionándose en la región con mayor concentración de viñas del país [10].

Este proyecto al estar inmerso dentro de la industria vitivinícola abre puertas hacia la industria 4.0 [13], que se refiere a un nuevo modelo de organizaciones y de control de la cadena de valor; a través del ciclo de vida del producto y a lo largo de los sistemas de fabricación, apoyados por las tecnologías de la información y comunicaciones.

Las tecnologías básicas para el desarrollo son las comunicaciones móviles como base de IoT y los servicios de la nube (*Cloud Computing*) para los procesamientos de datos. Además, se trabaja con la seguridad con el uso de protocolos de comunicación que permitan la seguridad de los datos procesados, ya que son de vital importancia en una cadena de producción.

1.2. Motivación

En la actualidad, existe una notable diferencia entre organizaciones que se dedican a la producción de vino. Destacando en general empresas de gran valor y distribución comercial, reconocidas tanto a nivel nacional e internacional. En comparación, a empresas u organizaciones locales como pueden ser cooperativas o familias que por interés propio se dedican a la producción de vino. Para encontrar un espacio en el mercado y ofrecer sus productos.

Dentro de las organizaciones con capital limitado donde se encuentran cooperativas y familias. En la mayoría de los casos los procesos de producción de vino se hacen de manera artesanal. Es decir, no cuentan con un capital humano dedicado exclusivamente al trabajo del viñedo. Para llevar a cabo tareas de mantenimiento o estudios del predio se contrata personal externo. Dentro de las etapas de cosechas, existe un personal que son perteneciente a la cooperativa o familiar que registra los procesos, pero en su mayoría se dedica al registro de datos de los cosecheros para saber cuántos kilogramos han acumulado para su posterior pago. Con respecto a las condiciones climáticas en algunos casos existe nulo registro.

Este proyecto permite a las organizaciones sin mucho capital humano o económico puedan implementar tecnologías IoT para el registro de datos de trazabilidad de forma

autónoma, sin la necesidad de que acciones humanas puedan interferir la información. Además, en el proyecto se desarrolla con tecnologías de código abierto o de libre uso que permite la libre distribución sin la necesidad de necesitar de una suscripción para obtener la licencia para su uso [18].

Para la trazabilidad de vinos se necesita conocer la cadena de abastecimiento que trabaja en la elaboración de este producto. Dentro de la cadena de producción en general se divide en las siguientes áreas:

1. Agricultor de Viñedos
2. Campos o Predio de Viñedos
3. Cosecha de Viñedos
4. Carga de Fruta
5. Descarga de Fruta
6. Almacenamiento y prensado de fruta
7. Almacenamiento en Bodega

Cada una de las áreas mencionadas son las que generalmente se trabajan en las viñas que procesan de forma artesanal el fruto de la uva. Cada área tiene su propio proceso, haciendo complejo el comportamiento de la cadena de abastecimiento. También, se encuentran presente los actores que participan en las áreas donde puede haber problemas de pérdida de datos.

De esta forma, la trazabilidad es un área donde el proceso de información es clave para un buen resultado que se expresa en la confianza con los clientes y en la seguridad de los productos. Por otro lado hace más transparente el proceso de producción, en este caso es el vino.

1.3. Conceptos Básicos del Proyecto

Para comprender el proyecto de la trazabilidad de procesos de elaboración del vino, se debe conocer los procedimientos que se realiza en la cadena de abastecimiento del producto. Entender cuáles son los pasos claves que se requiere para utilizarlo en la trazabilidad, considerando la serie que se aplican en un producto para la seguridad.

Dado que la producción de una botella de vino se crea a partir de una serie de pasos que a la vez participan un considerable número de actores, se estudian cuáles son los pasos dentro de una cadena de abastecimiento, relevantes para el usuario final . Es decir, descartar variables dentro de la cadena de abastecimiento que no son relevantes para un usuario, o que no sea necesario conocer.

Se establece que este proyecto está dado bajo un enfoque de producción en vez de predicción. Por lo que las variables a sostener deben ser las que mejor reflejan las materias primas, y que sean de importancia para el usuario en la elección de este producto. Estableciendo transparencia en los pasos de producción del producto como es el caso en dónde y cuándo fue cosechado o procesado, como también el detalle de las etapas que ha sido procesado. Estos datos deben ser obtenidos a través de dispositivos IoT, con la ayuda de sensores se obtiene los datos de las variables. Usando protocolos de comunicación que permitan el envío de información al servidor web, para finalmente visualizar el ciclo de vida del producto en un dispositivo móvil a través de una aplicación.

1.4. Contexto del Proyecto

Este proyecto establece el seguimiento a los procesos de producción en las etapas iniciales del producto del vino. Con el trabajo de las materias primas que es la fruta de la uva, se hace seguimiento a las características y procesos más importante para que los usuarios tengan una mejor idea acerca del ciclo de vida del producto del vino. A la vez, es enriquecedor para los administradores de viñedo, ya que involucra a los clientes de alguna manera en la elección de sus productos.

Los procesos principales para la captura de información a través de dispositivos IoT va desde características generales de la viña que pertenece a una empresa, el campo donde se encuentra la fruta de la uva, donde se puede obtener las características de la fruta como también el tipo de vino que se extrae en ese campo.

Se sigue con la captura detallada de los procesos principales para el sistema de trazabilidad, como es el caso de la cosecha o vendimia, donde se extrae la fruta de su parra, para ser recolectada, en este proceso se captura las condiciones atmosféricas y la fecha. Se sigue con los procesos de traslados, donde se acumula toda la fruta en ese campo y después es transportada al depósito donde se extrae el líquido. Finalmente, se encuentra la etapa de almacenamiento del líquido en la bodega de la viña para su fermentación, donde es la etapa final en el proceso de producción de la materia prima del vino. En esta etapa se

obtiene el registro del ambiente físico de la bodega.

Como el vino se encuentra en el área de los alimentos, es necesario tener los datos de producción a la disposición de los clientes. Por este motivo, es necesario transparentar los procesos que involucran la cadena de producción para cumplir con las normas que imponen los estándares internacionales en la seguridad de los alimentos. En este caso las normas que se aplican a este producto son:

- ISO 22000

Estándar diseñado para cubrir los procesos realizados en una cadena de suministro, que afectan directa como indirectamente a los productos consumidos [15]. Como objetivo permite la implementación de sistemas para la mitigación de riesgos.

- HACCP

Metodología sistemática y preventiva para abordar peligros biológicos, químicos y físicos presente en alimentos [30]. Permite reconocer puntos críticos durante el proceso de gestión de inocuidad de los alimentos.

- GLOBALG.A.P.

Norma mundial para las Buenas Prácticas Agrícolas(BPA). Permite dar garantía de que los alimentos cumplen con niveles de calidad y seguridad [1]. Debe mantener identificada cada parcela, huerto, sector, invernadero, terreno. En algunos países de Europa y Norte América exigen este certificado.

1.5. Definición del Problema

Los captura de datos para el manejo de los procesos de materias primas en los viñedos, está siendo procesada a través de acciones humanas y registradas en artefactos físicos, como por ejemplo un cuaderno o libro. En este caso pueden haber una alta probabilidad de pérdida de la información, cuando se requiera hacer una consulta.

El problema tiene dos aspectos para su desarrollo. En primer lugar, se deben establecer los medios para la captura de datos de los procesos de elaboración del producto, desde sus etapas iniciales en las materias primas.

Los procesos de captura de datos dinámicos en el viñedo son los procesos de cosecha, carga, transporte y recepción en bodega. Estos registros se caracterizan en el cambio constante de datos, además se registra las características del viñedo y el campo donde está la

fruta que es información estática. La información que involucra procesos de producción debe ser realizadas por medios de dispositivos IoT.

En segundo lugar, se encuentra la funcionalidad de consulta por medio de tecnología móvil a través de un smartphone se realiza la solicitud a través de un código generado en la etapa de producción. La consulta involucra el uso de hardware del dispositivo móvil para la captura del código. Este código por medio de internet se debe realizar la consulta en la cual encontrará el trazado del proceso de producción por medio de un algoritmo de trazabilidad. Como resultado, debe visualizar el ciclo de vida del proceso de producción detallando los datos capturados de los dispositivos en el viñedo.

Este proyecto permite cambiar el modo con que los datos son registrados a comparación como se realiza actualmente, que es a través de intervención humana, con la utilización de una metodología que permita obtener una cadena de producción en el registro de datos a través de los microcontroladores.

El desarrollo de este proyecto permite la utilización de tres tecnologías de software libre, accesible a todos los usuarios para que pueda ser desarrollada en un entorno industrial con un alto grado de producción. Que puede tener un valor agregado a una organización o empresa.

1.6. Objetivos

En el desarrollo de este proyecto tiene como objetivo abordar los siguientes aspectos, descritos a continuación:

1.6.1. Objetivo General

- Aumentar el índice de trazabilidad de los procesos de producción de las materias primas del vino, a través de una aplicación móvil y la interacción de dispositivos IoT que entreguen valor agregado al producto de acuerdo a las normas; ISO 22000, HACCP, GLOBALG.A.P. que aseguran la seguridad de este.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Brindar una herramienta que permita emitir datos desde el ambiente físico a un sistema centralizado.
- Disminuir las latencias de los sistemas de comunicación.

- Incrementar la seguridad y confiabilidad de los datos generados.
- Visualizar un esquema básico de los datos vía web a través de una aplicación móvil.
- Aplicar una metodología de desarrollo de software para la construcción del sistema.
- Aplicar una metodología de evaluación en el sistema para la determinación de la efectividad del correcto funcionamiento del proyecto.

1.7. Alcances

En esta sección se abordarán los alcances de la realización del proyecto, describiendo que se planea abordar y lo que se acotará, ya que se toma el tiempo de realización.

- Los dispositivos IoT con sus sensores son los responsables de registrar datos al sistema. Esto se debe a que este proyecto se quiere evitar la intervención humana en el registro de datos.
- La aplicación móvil es el responsable de la llamada a la consulta del sistema. Por lo que el resultado de esta se debe visualizar en el dispositivo móvil.
- El Sistema web es el responsable de la gestión de los datos para crear la cadena de suministro necesaria la gestión de consultas de trazabilidad. A través de la generación de un código QR que puede ser generado en el sistema web.
- Para la etapa de pruebas y comprobar el correcto funcionamiento en el envío de datos de los sensores, se utilizará software de simulación de microcircuitos para generar datos en ellos y ser enviado al sistema. Debido a la necesidad de evitar gastos en etapas iniciales del proyecto.
- Se espera que el sistema esté en una instancia de un servicio en la nube para la disponibilidad de la API Rest. Esto se debe que la instancia sea accesible sin la necesidad de cambios de puertos o dirección de enlace para la conexión con el servicio web.
- Se descartan datos que puedan ser utilizados para predicción que no tengan relación con la trazabilidad. Debido a que los datos que son utilizados para predicción se debe necesitar de un historial generado anteriormente y en este proyecto no alcanza.

- Durante el registro de datos en el campo, se utilizará un viñedo de producción de vino artesanal de alrededor 2500 metros cuadrados de dimensión para reducir los posibles fallos energía y conexión a internet.

2. Marco Teórico

En este capítulo son presentados los antecedentes recopilados acerca del dominio en el cual se enmarca el proyecto. Iniciando por conceptos relacionados con la trazabilidad y su aplicación, para posteriormente continuar con la descripción de tecnologías y metodología usada en el proyecto.

En esta sección se describen los conceptos asociados al área de conocimiento en donde se desarrolla este proyecto. Describiendo el concepto que se requiere aplicar en el proyecto como es el caso de la trazabilidad.

2.1. Trazabilidad en el Área de Alimentos

El término de trazabilidad en el área de alimentos surge del término cadena de suministro (*supply chain*) que permite la captura de datos en los procesos de producción en un producto en específico.

La trazabilidad permite generar un seguimiento y control en los procesos de almacenamiento, distribución y transformación para garantizar calidad de los alimentos [34]. Actualmente la trazabilidad se ocupa como herramienta para asegurar el estado de los alimentos. Debido a la globalización, cada país tiene restricciones para asegurar la calidad de los alimentos que ingresen a los países. Por este motivo es fundamental poseer un registro de los procesos de elaboración de un producto.

2.2. Trabajo Relacionado

Han existido alternativas para asegurar la calidad de productos como el vino, a continuación, se mencionan algunas relacionadas con este proyecto:

2.2.1. Guías de Aplicación de Estándares GS1

Se implementa la utilización de tecnología como el código de barras, que asegura el seguimiento de los productos [4]. En este caso se participan actores que no están directamente involucrados con el viñedo, como los son los transportistas, embotelladoras, bodegueras y comercio. Para la aplicación de esta propuesta se adapta el Sistema EAN/UPC que es un tipo de identificación única e inequívoca de grupos de artículos comerciales. Este sistema tiene la posibilidad de identificar compañías y sus productos para el intercambio de información con los socios comerciales. En la cadena del producto se debe hacer un rastreo y seguimiento de los productos. Se requiere que todos los actores involucrados con el producto mantengan registros de los números seriales de unidad logística(SSCC), número de identificación de artículos comerciales (GTIN) y números de localización de su origen (GLN).

2.2.2. Ericsson

Permite a los vinicultores reunir información sobre humedad, temperatura del aire y suelo a través de dispositivos IoT enlazados con servicios en la nube de Intel para el procesamiento de los datos [2]. Esta información se utiliza para el desarrollo de análisis predictivos y para el soporte de gestión de recursos y el monitoreo en tiempo real.

2.2.3. IBM Food Trust

Permite registrar una cadena de abastecimiento que a través de una red de colaboradores como, por ejemplo, los productores, procesadores, mayoristas, distribuidores, minoristas que manejan todo el proceso de la cadena de suministros de alimentos [22]. Permite conectarlos a través de una red Blockchain construida por IBM. Permitiendo que los datos estén inmutables en el sistema, ya que gracias al Blockchain permite tener una copia a cada participante. Esta tecnología se aplica generalmente a las grandes industrias que tienen una gran red de actores que procesan los productos.

2.2.4. My Story

Aplicación móvil que permite compartir la historia del producto en una cadena de suministro [16]. A través de un código QR en el producto, permite a los clientes cerrar

brechas de confianza con las marcas. Funciona extrayendo datos desde sistemas ERP (Sistemas de Producción) permitiendo documentar las prácticas en la cadena de suministros de un producto.

2.2.5. Ventaja y Desventaja del Trabajo Relacionado

Se hace la comparación de las alternativas mencionadas dando a conocer las ventajas y desventajas, agrupando en tecnología de trazabilidad Tabla 2.1. y la captura de datos usando dispositivos IoT Tabla 2.2.

Cuadro 2.1: Plataformas de trazabilidad.

Alternativas		
Nombre de aplicación	Ventajas	Desventaja
<ul style="list-style-type: none"> ■ Guías de aplicaciones de estándares GS1 ■ IBM Food Trust ■ My Story 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Registro de la información de una cadena de suministro bajo tecnología estándar como el código de barra y blockchain. ■ Uso de plataforma de todos los actores de la logística y suministro del producto. ■ Uso de tecnología descentralizada como el blockchain que permite la creación de contratos inteligentes permitiendo crear una red de proveedores. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ La tecnología blockchain necesita tener copia de cada registro, por lo que se necesita un gran cantidad de recursos para el almacenamiento y procesamiento de la información. ■ Planes de productos demasiado altos para los pequeños y medianos productores que necesitan crear una cadena de suministros de sus productos. ■ Productos con necesidad de poseer licencia para el uso. No se usa tecnología libre para la modificación.

Cuadro 2.2: Plataformas con uso de IoT.

Alternativas		
Nombre de aplicación	Ventajas	Desventaja
<ul style="list-style-type: none"> ■ Ericsson ■ My Story 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Creación de una red amplia, con uso de distintas tecnologías de comunicación para el envío de datos. ■ Uso de tecnología celular para la conexión con la red. ■ Encriptación de datos para asegurar la confiabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Planes de contratación de estos servicios demasiado elevados, involucra la instalación de los dispositivos y la adquisición de licencia de servicios de terceros. ■ Accesibilidad de contratación de estos productos en Chile aún no está disponible.

Una de las principales ventajas del proyecto que se desarrolla en este informe es en la utilización de tecnología de libre uso. Permitiendo crear una cadena de suministro usando una red centralizada con bajo costo para su implementación.

En lo que se refiere al uso de dispositivos de captura de datos se utiliza tecnología accesible y modificable dando como resultado la creación de una plataforma de bajo costo permitiendo a los productores pequeños o mediano utilizar esta tecnología para asegurar la trazabilidad de los procesos de producción del vino.

2.3. Metodología de Desarrollo

En este apartado se describe la metodología de desarrollo utilizada. Definiendo cada uno de los pasos aplicados hacia el proyecto.

2.3.1. Metodología de Desarrollo PXP (Personal eXtreme Programming)

Metodología de trabajo ágil el cual ajusta la metodología XP en el desarrollo de un solo programador [5]. Esta metodología hace más eficiente la planificación de los proyectos y la calidad del control del producto. Las fases de la programación PXP son ilustradas en la siguiente figura:

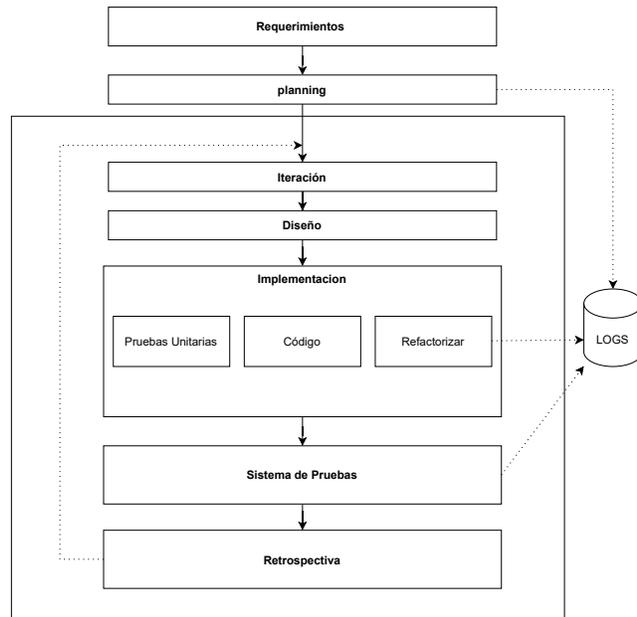


Figura 2.1: Fases metodología PXP.

■ **Requerimientos y Planning**

Es la etapa donde se organizan los recursos que se posee para la implementación del sistema, en este proyecto se utilizan historias de usuarios. Para la estimación de historias se utiliza un tablero kanban para ir monitoreando las historias de usuario.

■ **Iteración y Diseño**

Indica la partida para cada sprint en el proceso de construcción del software. El diseño es donde se abstraen las ideas para la construcción, se utilizan diagramas que ayudan a guiar al programador en la etapa de implementación.

■ **Implementación**

Se implementan todos los objetos definidos previamente en el diseño. Es donde se codifica el software y se prueban funciones a través de depurador de código en los programas seleccionados para verificar la aplicación.

- **Sistema de Pruebas y Retrospectiva**

en la etapa de pruebas se verifica que las funciones implementadas cumplen con el requerimiento inicial. Si se detecta se debe arreglar o recordar. Finalizando con la retrospectiva donde se realiza un análisis para saber si el código implementado cumple con los requerimientos iniciales.

2.4. Metodología de Evaluación

En esta sección se describe la metodología de evaluación aplicada al proyecto. La evaluación es realizada en la instancia final cuando las funciones en el sistema se encuentran en su mayoría implementadas.

2.4.1. Pruebas de Caja Negra

Son pruebas que se enfocan en los requerimientos funcionales del software. Buscan encontrar errores en funciones incorrectas o faltantes, errores de interfaz, errores de estructuras de datos, errores de comportamiento o rendimiento y errores de inicialización y terminación [32].

Se aplican en la etapa final del proyecto dado que en esta etapa las funciones se encuentran implementadas su mayoría.

2.4.2. Pruebas de Usabilidad

Permite evaluar el grado en el cual los usuarios pueden interactuar con la aplicación [32]. Estas pruebas se realizan utilizando a un grupo de usuarios que proporcionan una retroalimentación significativa. Estas pruebas son diseñadas para determinar el grado en el cual la aplicación responde a las necesidades de los usuarios. Para esto se define un conjunto de categorías de pruebas de usabilidad, que va desde la interfaz, funcionamiento, apreciación y comentarios de la aplicación.

2.5. Procesos de Captura de Datos

Los procesos de captura de datos es la forma en cómo los datos son generados desde el dispositivo IoT. Se describen las dos formas de capturas que se aplica en el proyecto y cuáles son sus respectivas diferencias.

2.5.1. Procesos Estáticos

Son datos que sus atributos no cambian a medida que se envían al backend del sistema para su almacenamiento en la base de datos. Estos datos son configurados en el firmware del circuito. Las variables son constantes y no cambian. Para este proyecto los datos estáticos se manejan en las características del viñedo y del predio. Que retorna información descriptiva o informativa.

2.5.2. Procesos Dinámicos

Son proceso donde los datos van cambiando a medida que se envían al servidor. En estos procesos se obtiene características que pueden ir cambiando. En estos procesos están involucrados sensores que captura información variable. Como, por ejemplo, la captura de temperatura, humedad, peso y fecha. En estos tipos de procesos se deben manejar de tal manera que se reconozca la cadena de valor de producción.

2.6. Definiciones Conceptuales

En esta sección se describe brevemente cada una de las tecnologías seleccionadas para el desarrollo del proyecto.

2.6.1. Tecnologías Inalámbrica

Tecnología de comunicación que permite al usuario acceder a internet. Se usan en dispositivos portátiles de comunicación, informáticos y red que los conecta [23]. Es usado en dispositivos como teléfonos inteligentes, tabletas y relojes. Usan tecnologías de comunicación que permitan compartir voz, datos y aplicaciones móviles. Los tipos de redes que se trabajan con esta tecnología son:

1. **Redes Celulares**, son redes de radio que permitan comunicación en grandes áreas geográficas.
2. **Redes 4g**, estándar de servicio celular, utiliza tecnología de conmutación de paquetes.
3. **Wifi**, son ondas de radio que conectan dispositivos a internet a través de enrutadores.

4. **Bluetooth**, tecnología que conecta dispositivos en distancias cortas utilizando ondas de radio de longitud de onda corta.

2.6.2. Comunicación Serial

Protocolo de comunicación entre dispositivos. Es incluido de manera estándar en cualquier dispositivo de computadora [24]. Permite la transmisión de datos en formato ASCII. Utiliza tres líneas de transmisión: Tierra, Transmisor, Receptor. El tipo de comunicación que utiliza es asincrónica por lo que es posible enviar datos por una línea y recibir por otra.

2.6.3. Tecnología Web

Ambiente que permita la ejecución de aplicaciones cliente/servidor o arquitecturas de n capas [11]. El desarrollo en este tipo de ambiente se divide en dos. Uno al lado del cliente que utilizan los lenguajes HTML, JavaScript y CSS. Y el otro al lado del servidor que involucra lenguajes y tecnologías como por ejemplo PHP, ASP, Perl, ColdFusion y Apache.

Para este proyecto, se utiliza la tecnología web para el almacenamiento de datos en la base de datos. A través de la creación de funciones backend para el almacenamiento. Para la creación de estas funciones se debe establecer rutas de acceso a través de una dirección URL.

2.6.4. Tecnología IoT

Red de objetos que llevan sensores integrados, software y otras tecnologías con el fin de conectar e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de internet [29]. Existen múltiples opciones para el desarrollo de esta tecnología. Uno de los proyectos más comunes son los circuitos abiertos Arduino y Raspberry Pi permitiendo la modificación para el desarrollo de soluciones adaptables. Además de la incorporación de la tecnología ARM en estos dispositivos. Aumentando la portabilidad de estos. Gracias a esta tecnología se pueden ejecutar sistemas operativos similares a la de un sistema operativo de escritorio que se ejecutan en una arquitectura x86 y x64, con la ventaja de ocupar menor energía para su ejecución.

2.6.5. Aplicaciones Híbridas

Aplicaciones móviles diseñadas con un lenguaje de programación web, como HTML, CSS o JavaScript a través de un framework que permita adaptar la vista [6]. Son construidas para ser utilizadas o implementadas en distintos sistemas operativos móviles, como iOS, Android o Windows. Se evita la construcción en cada sistema operativo en su lenguaje nativo. Permite obtener funciones nativas a través de plug-ins disponibles en el framework donde se desarrolla. Las funciones nativas que puede ocupar este tipo de aplicaciones son la cámara, lector de huellas, sensores GPS, infrarrojo, etc. La desventaja es la ejecución de estas aplicaciones, ya que son más lentas que las nativas. También en el entorno de desarrollo es más lenta. Ya que para su construcción se debe transformar el lenguaje de programación web al de origen del sistema operativo móvil. Como, por ejemplo, una aplicación híbrida construida para Android se debe transformar el proyecto de la aplicación híbrida en un proyecto para Android Studio en el lenguaje de origen, como puede ser Java o Kotlin. El problema que puede haber es que es difícil modificar el código de fuente convertido a Android Studio. Ya que la estructura del proyecto cambia respecto al proyecto construido en un framework para aplicación híbrida.

2.6.6. Aplicaciones Nativas

Son aplicaciones móviles que se desarrollan en el lenguaje nativo del dispositivo. Cada sistema operativo móvil tiene su propio lenguaje de programación y posee el uso de un entorno de desarrollo propio [33]. En comparación de las aplicaciones nativas, son más rápidas, ya que no se necesita de un plug-in para obtener las funciones nativas como el GPS, Bluetooth, Cámara, etc.

Actualmente existen dos sistemas operativos móviles que se destacan en el mercado que son Android de Google y iOS de Apple. Actualmente dominan con el 86% y 14% del mercado respectivamente [35].

Cuadro 2.3: Sistema operativos móviles.

Aplicaciones Nativas		
Sistema Operativo	Lenguaje Nativo	IDE
Android	Java o Kotlin	Android Studio
iOS	Objetive C o Swift	Xcode
Windows Phone	C# o Visual Basic	Visual Studio
HarmonyOS	Java, C, C++	Huawei DevEco Studio

2.6.7. Laravel

Framework para el trabajo con el lenguaje de programación PHP que facilita el trabajo con el almacenamiento y petición de datos desde la base de datos [21]. Es ideal para la creación de rutas de acceso a través de los métodos POST y GET, que facilita la comunicación de datos entre la arquitectura IoT y el BackEnd del sistema de trazabilidad.

También permite la creación de rutas que se pueda obtener peticiones para la visualización de los datos en el dispositivo móvil. Este framework facilita en el trabajo de pruebas automatizadas, que verifican el perfecto funcionamiento de las funciones.

2.6.8. Arduino IDE

Entorno de Desarrollo encargado de la programación de placas de tipo hardware abierto [3]. Tienen funciones que permiten controlar la placa a través del uso de funciones, lectura de sensores o realizar operaciones matemáticas. Los programas que se escriben en este entorno de desarrollo son llamados *sketch*, que se compone de dos funciones. La primera es *setup()* donde se inicializan las variables y operaciones, se ejecuta una sola vez. Y *loop()* que hace un bucle infinito, donde principalmente se ocupa en la lectura de datos que proporcionan los sensores o en la comunicación de estos.

2.6.9. Ionic

Framework para el desarrollo de aplicaciones móviles híbridas [31]. Soporta el desarrollo de aplicaciones multiplataformas, como por ejemplo los sistemas operativos móviles más populares actualmente como lo es iOS y Android. A través de lenguajes para el desarrollo web como lo es JavaScript, TypeScript, HTML5, CSS3.

Los usuarios pueden subir las aplicaciones en las tiendas de los sistemas operativos móviles mencionados anteriormente.

Las principales ventajas es el trabajo con Angular JS, como también el trabajo con funciones nativas de los dispositivos con Android y iOS por medio de los entornos de desarrollo para dispositivos móviles como Apache Cordova o Capacitor [38]. Por último, la documentación ofrecida es completa y está constantemente actualiza por la comunidad Ionic.

2.6.10. Python

Lenguaje de programación orientado a objeto, interpretado [28]. Este lenguaje se utiliza principalmente para la recepción de datos de los dispositivos Arduino a través de la comunicación por puerto Serial. Los datos son adquiridos por el uso de la librería *pyserial*. También se utiliza para el envío de datos hacia el servidor centralizado a través del uso de la librería *requests*.

Este lenguaje dentro del proyecto se utiliza para el trabajo con la simulación de dispositivos IoT y también es un lenguaje nativo en dispositivos IoT como es el caso de Raspberry Pi.

2.6.11. Android Studio

Es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de apps para Android [37]. Permite la ejecución del código de fuente de la aplicación tanto en un dispositivo real como en una simulación. Para este proyecto se utilizan para el despliegue de la aplicación en Ionic y ver los posibles errores en la ejecución de algunas funciones. Permite instalar y ejecutar las aplicaciones en cualquier dispositivo Android.

2.6.12. Proteus Design

Es un simulador de circuitos electrónicos que se puede cargar programas de microcontroladores y simular su funcionamiento [14]. Tiene una extensa librería para la prueba de sensores. Dentro del proyecto, tiene como objetivo la simulación de ambientes físicos, como puede ser la temperatura y humedad. Como también, la simulación de conexiones para el envío de datos.

2.6.13. MySql

Sistema gestos de base de datos, se utiliza MySQL, es un sistema de base de datos relacional de código abierto utilizando el lenguaje SQL, que es un lenguaje de consultas estructuradas para el modelo de datos. Mediante este lenguaje permite administrar, mantener o recuperar información a través de consultas en la base de datos.

2.6.14. Raspbian

Sistema operativo oficial para dispositivos Raspberry Pi. Basado en el sistema operativo Debian de Linux [19]. Viene instalado con el software necesario para un usuario común y corriente. Es un sistema altamente configurable y adaptable a las necesidades de los usuarios.

2.6.15. Código QR

Código de barras bidimensional que permite el almacenamiento de datos codificados. Su lectura se realiza a través de smartphone por medio de la cámara que poseen estos dispositivos.

2.6.16. Hilos

Actividad independiente secuencial bajo en un contexto de un proceso [27]. Permite la ejecución paralela de una función en el controlador para lectura de datos desde los sensores en Arduino. Es decir, obtiene información desde los sensores de forma paralela y el almacenamiento al servidor independientemente evitando problemas de cuello de botella con la información capturada desde el controlador.

2.7. Hardware

En esta sección se definen los componentes hardware utilizado para realizar el desarrollo. Dada a la contingencia actual de pandemia, algunos elementos se simulan en programas.

2.7.1. Arduino

Plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembras [17]. Permitiendo establecer conexiones entre el microcontrolador y los sensores permitiendo programar funciones que permitan el manejo de decisiones dentro del proceso. Estos microcontroladores ejecutan los programas en el lenguaje Arduino, es similar a C o C++. Establece dos funciones que permiten su correcto funcionamiento que son *void()* , permite configurar variables al inicializar la ejecución y *loop()* que realiza la lectura y escritura de variables

como también la ejecución de funciones. Estas placas permiten la ejecución de interrupciones que son programas que rompen el flujo de ejecución algo similar a los hilos de un programa. En la Figura 2.2 se ilustra la placa Arduino a utilizar. Es el modelo Uno que permite usar los pines para la lectura de sensores compatible.

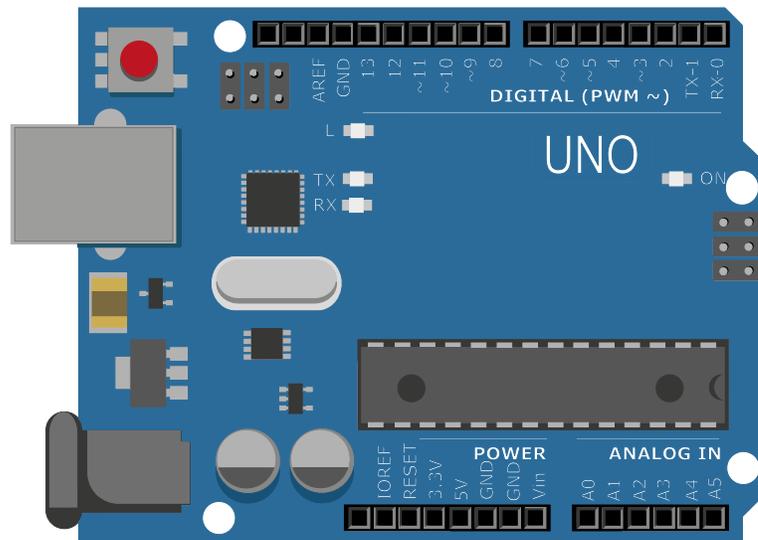


Figura 2.2: Placa Arduino Uno.

2.7.2. Raspberry Pi

Ordenador de placa reducida de bajo costo. Usa una arquitectura ARM que permite la ejecución de sistemas operativos. Permite la ejecución de programas y el soporte de periféricos como el mouse, teclado y monitor. Posee una serie de pines hembras que permite la conexión de sensores. Además, posee conexión Ethernet y en algunos modelos tiene conexión inalámbrica incluida. El almacenamiento puede cambiar debido a la utilización de memoria microSD que se utiliza como disco duro.

2.7.3. Instancia Google Cloud

Instancia en la nube de Google Cloud que permite la ejecución de sistemas operativos en un entorno que contempla disponibilidad de conexión. Esta instancia se ocupa para la ejecución del servidor web y la base de datos. Posee la adquisición de una dirección IP

estática que permite la consulta de la API del sistema web, fundamental para la ejecución de este sistema.

2.7.4. Amplificador Celda de Carga HX711

Sensor que permite transformar la lectura de los cambios de resistencia que tiene una celda de carga [36]. Permite detectar el peso de un objeto con la construcción de un circuito, posee dos salidas que transfiere dato y una señal de reloj para realizar la conversión.

2.7.5. Sensor ultrasónico

Sensor que usa un sonar¹ para determinar la distancia de un objeto a través del uso de ondas de sonido de alta frecuencia [8]. Posee dos entradas que permite emitir una salida de eco del sensor y una entrada de disparo cuando este rebota.

¹SONAR (Sound Navigation And Ringing, navegación por sonido) es una técnica que usa la propagación del sonido a través del agua. Los dispositivos sonar mide el tiempo que tarda la onda de sonido en bajar.

3. Marco Metodológico

En este capítulo describe en detalle las etapas de los procesos de la metodología usada para este proyecto. Especificando en general, los ajustes que son implementados dentro de la metodología durante el transcurso del proyecto. Como se mencionó en el capítulo anterior, el desarrollo de este proyecto se utiliza la metodología ágil Personal Extreme Programming (PXP). Donde se realizan ajustes en la elaboración de las etapas para que sea adecuada en el tiempo establecido en el desarrollo.

3.1. Requisitos

La metodología PXP en la etapa de requisitos, se establece una generación de un documento de requisitos. El cual describe el comportamiento y servicio del sistema que se desarrolla. Pueden ser; funcionalidades que se implementarán, datos que se debe almacenar, restricciones, etc. En resumen, definen las interacciones entre el usuario y el sistema, como también interacciones dentro del sistema.

Esta metodología ágil permite establecer requisitos a través de historias de usuario, que son pequeñas historias que permitan describir una funcionalidad del sistema en un contexto informal y flexible, que está abierta a cambios. Cabe destacar que, al no tener una especificación detallada en el análisis, se pueden describir historias breves que permiten ir a medida que avance el proyecto, agregar funcionalidades o tareas a cada una de las historias generadas.

A continuación, se presenta las historias de usuarios en la siguiente Tabla 3.1.

Cuadro 3.1: Resumen de historias de usuario del proyecto.

Código	Historias de usuario
HU1	Como administrador, quiero registrar características del viñedo para el almacenamiento de datos de origen del producto.
HU2	Como administrador, quiero conocer datos del campo donde es cosechada la fruta de la uva para visualizar características del vino.
HU3	Como administrador, quiero conocer datos de la carga de fruta recolectada para su almacenamiento en un servidor.
HU4	Como administrador, quiero conocer datos de la descarga de recolección de fruta para su almacenamiento.
HU5	Como administrador, quiero detectar un fenómeno físico en la cosecha a través de sensores para su almacenamiento en un servidor.
HU6	Como administrador, quiero hacer seguimiento del traslado de la fruta dentro del huerto para el registro de checkpoints.
HU7	Como administrador, quiero detectar un fenómeno físico en la bodega para su almacenamiento en un servidor.
HU8	Como administrador, necesito generar código QR para consultar los registros de los procesos.
HU9	Como administrador, necesito subir imágenes de los procesos para su visualización en la aplicación móvil y su gestión en el sistema web.
HU10	Como administrador, necesito crear una conexión entre dispositivos IoT para la correcta comunicación de datos.
HU11	Como administrador, necesito establecer conexión entre dispositivo IoT y Servidor para el respaldo de los datos.
HU12	Como cliente, necesito escanear código QR en dispositivo móvil para la consulta del ciclo de vida del producto.

3.2. Planificación

En esta fase se determina el framework a utilizar, tecnología, investigación bibliográfica, etc. Dado que este proyecto está dividido en tres capas que utilizan tecnologías diferentes y que deben estar conectadas entre sí.

Se determinaron seis iteraciones que permiten el desarrollo de este proyecto donde en las primeras dos iteraciones se utilizan para el diseño y estudio de tecnologías a utilizar. Desde la iteración tres se empieza con el desarrollo de las historias de usuarios.

La planificación de estas iteraciones es presentada en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2: Planificación de iteraciones.

Sprint	Fecha de Realización
1	07 de octubre - 4 de noviembre, 2020
2	05 de noviembre - 25 de noviembre, 2020
3	26 de noviembre - 30 de diciembre, 2020
4	16 de marzo - 30 de marzo, 2021
5	30 de marzo - 9 de mayo, 2021
6	10 de mayo - 25 de mayo, 2021

3.3. Inicio de Iteración

En esta etapa se implementa las configuraciones pertinentes para el correcto funcionamiento de la aplicación como el desarrollo de las historias de usuario desarrolladas en cada iteración y las funcionalidades relacionadas con cada historia seleccionada. Para ser implementadas a lo largo del periodo.

Para llevar un control de las iteraciones se utilizó un tablero para desarrollo ágil en el cual permite monitorear el avance del proyecto. En este caso se utiliza la plataforma CliCkup¹ que es utilizada para la planificación de historias de usuario. Permitiendo agregar funcionalidades y tareas a cada historia e ir monitoreando el desarrollo de las historias mencionadas anteriormente en el Cuadro 3.1. Las tareas son ubicadas, dependiendo de su estado en diferentes fases, correspondientes *Haciendo*, *Revisar*, *Completo*.

Se describen las tareas realizadas en las siguientes Tablas [4.1 - 4.6] de sprint que se trabaja a lo largo del proyecto. Incluye tareas en los diseños, configuración, documentación e historias de usuarios.

Estas tareas definidas son generadas a partir de que las historias de usuarios, configuraciones y diseño. Por lo que debe responder en las tres tecnologías en que se desarrolla el proyecto. Es decir, que por cada historia específicamente donde se trabajan en los procesos de producción se debe aplicar en IoT, web y móvil. Por este motivo se crean sub-tareas que permiten dividir el trabajo de la historia de usuario, en comparación de agregar más historias.

¹Software que permite la planificación de tareas, disponibles en la plataforma web, ios, android

3.4. Diseño

En esta etapa se define el diseño del sistema, el cual es el resultado de múltiples variaciones que ha tenido el sistema a lo largo de su desarrollo y análisis. Dando como resultado los siguientes apartados.

3.4.1. Arquitectura Física

Ilustra la comunicación entre las diferentes tecnologías que da soporte al sistema. Correspondiente al modelo Cliente-Servidor, adaptando el uso de tecnologías como IoT para la captura y enviar los datos al servidor. Mientras que el dispositivo móvil es utilizado para la lectura de estos datos modelados en la plataforma web.

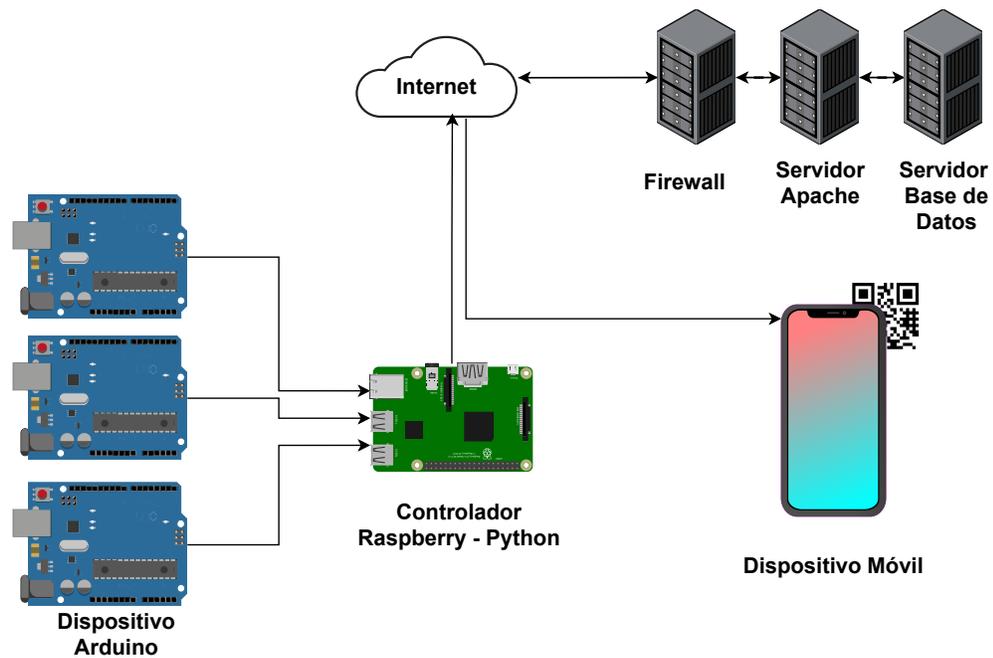


Figura 3.1: Arquitectura física del sistema.

3.4.2. Arquitectura Lógica

Para la arquitectura lógica del sistema utiliza el patrón Modelo-Vista-Controlador permitiendo más independencia de los módulos. En la siguiente Figura 39 3.2 se ilustra la interacción de los módulos con un alto nivel de abstracción. Se adapta las tres diferentes tecnologías utilizadas en este proyecto para crear un sistema único e integrado. Que dé cumplimiento con el patrón de diseño seleccionado. Ya que, se debe destacar que se está trabajando en un patrón general que incluye patrones independientes que otorgan las tecnologías de desarrollo. Como es el caso de Ionic Angular y Laravel que ofrece un patrón de diseño modelo vista controlador por defecto.

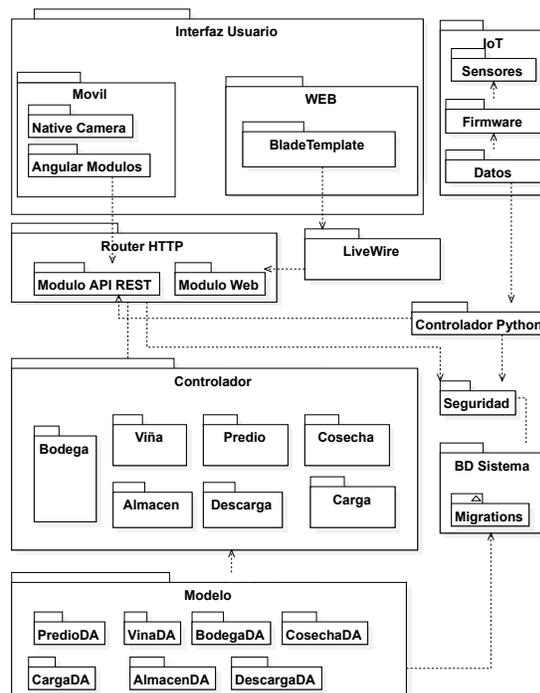


Figura 3.2: Arquitectura lógica del sistema.

3.4.3. Diagrama de Clases

Se define el diseño de diagrama de clases para establecer los componentes de los módulos. En dicho diagrama se omite las clases de menor importancia que con creadas por la tecnología desarrollada como también interfaces que se crean con respecto al front

que se ocupa en widgets, complementos, interfaces y métodos, para poder entender la visualización. Se ilustra en la siguiente Figura 3.3

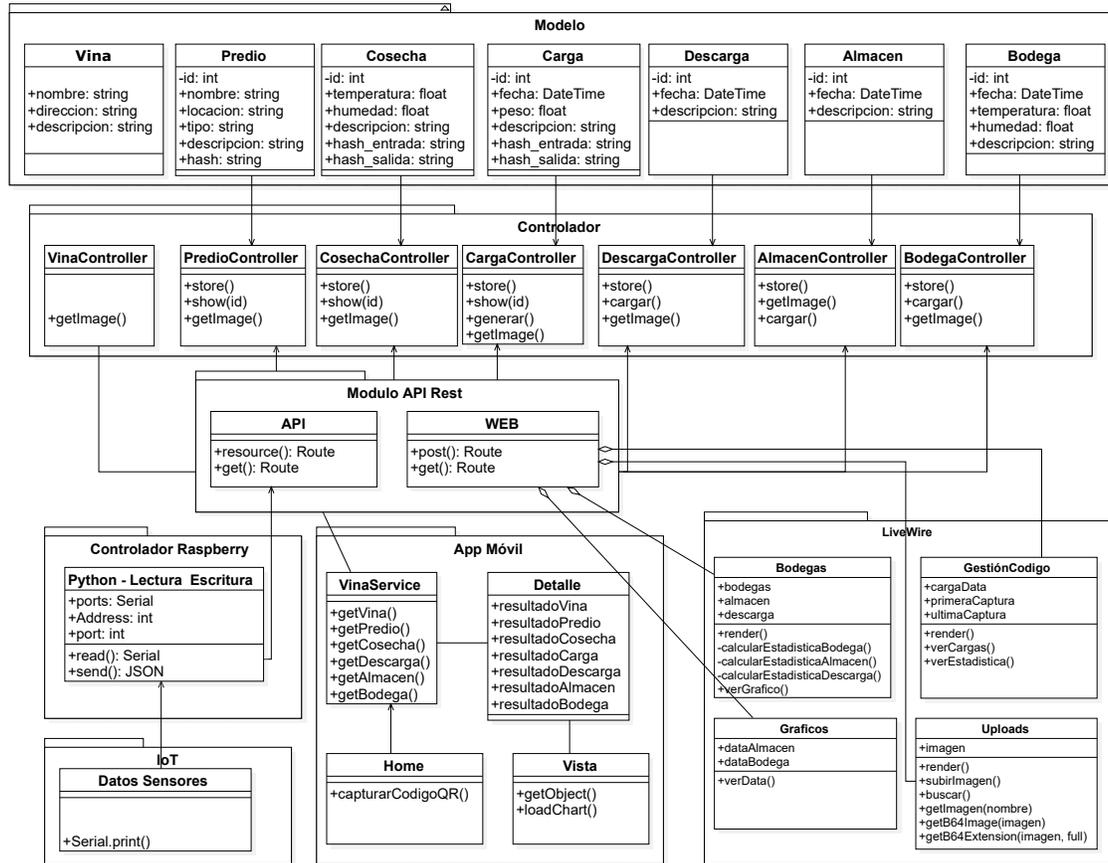


Figura 3.3: Diagrama de clases del sistema.

3.4.4. Diagrama Modelo Relacional

Se define el diseño de diagrama modelo relacional de la base de datos, se especifica los atributos y tipos que se almacenan en cada tabla en el sistema. Este diagrama ayuda a entender que datos son admitidos en el sistema como también ayuda a entender manejar los objetos que se extraen de las tablas. Se ilustra en la Figura 3.4

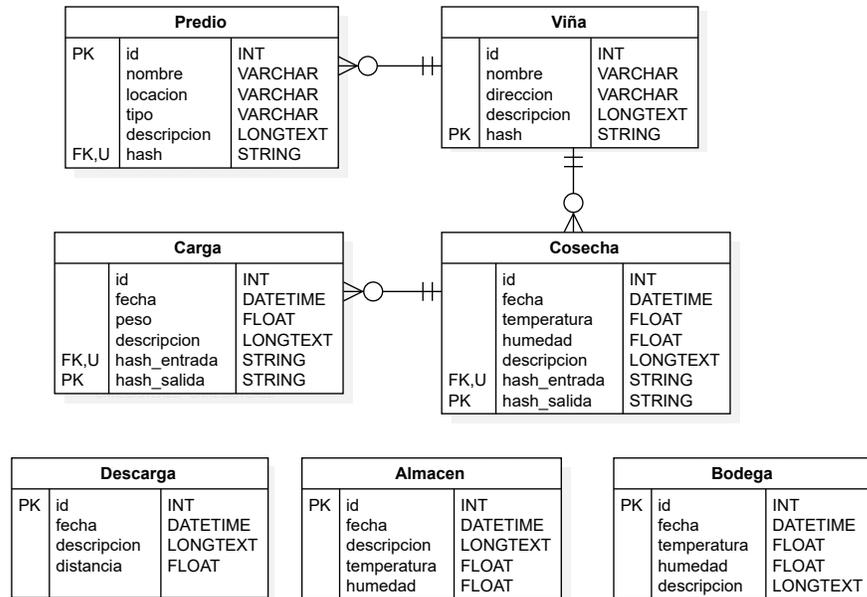


Figura 3.4: Diagrama modelo relacional base de datos.

3.5. Implementación

El desarrollo de cada iteración se contempla una estructura con una serie de pasos. En primer lugar, se verifica que estén completas tareas de la iteración anterior. La estructura de este proyecto posee tres tecnologías diferentes las cuales se describen a continuación:

- Física** Es la parte del sistema donde se trabaja con dispositivos IoT en particular dispositivos Arduino. Permitiendo programarlos para que los datos obtenidos en estos dispositivos sean enviados por medio de una conexión serial a un controlador Python que permite simular el dispositivo Raspberry, por lo que en este controlador se debe generar una cadena de valor que permite enlazar procesos para la consulta desde la API. Estos datos son enviados por medio de funciones http a la API para su almacenamiento en la base de datos del sistema web.
- Lógica** Es la parte del sistema donde se trabaja con el sistema web desarrollado

en Laravel y la base de datos. Esto se realiza a través de una API generada en el sistema web donde se ejecutan funciones que permiten consultar el estado de los procesos por medio de rutas que son enviadas en formato JSON al sistema móvil. Como también existe una página web asociada que permite la generación de códigos QR, visualizar información de los procesos capturados por los dispositivos IoT por medio de interfaces dinámicas implementadas en Laravel llamada Livewire que permite el trabajo con uno o más modelos agrupados en una sola vista para el usuario y la opción de subir imágenes asociadas a cada uno de los procesos. También permite la migración de las tablas asociadas a un servidor MySQL que facilita la implementación del sistema en una máquina virtual o equipo físico.

- **Visual** Es la parte que se desarrolla la aplicación móvil y web, en donde se consulta al backend los datos asociados a un código QR capturado en el dispositivo móvil. Esto se hace por medio de servicios de enrutamiento en el dispositivo móvil donde se consulta en la API cada uno de los procesos. Desde el sistema web, permite la visualización de los datos por cada proceso de producción en forma de resumen por medio de gráficos y tablas que sean de interés general. Como también en la generación de códigos QR e impresión de estos.

Al momento de implementar se empieza con la parte lógica, creando las funciones necesarias para que los datos puedan almacenar o llamar. En esta etapa se utiliza el framework Laravel que permite el fácil manejo con llamadas a la base de datos. También permite la migración desde el mismo framework. Se agrega, que se construye una página web que permita la gestión de códigos QR. Hasta el momento se está ejecutando desde un servidor local, ya que por problemas de conexión se establece una red local como sistema de ejecución. A futuro se espera montar el framework en una instancia en la nube.

En segundo lugar, se construye el firmware en Arduino Studio que permite la codificación del dispositivo Arduino. En esta fase se generan los datos necesarios que son enviados al servidor. Actualmente se está trabajando con un sistema de simulación de estas placas, por lo que limita la utilización de funciones HTTP. Se reemplaza por la comunicación de interfaz Serial² con un programa Python que permite utilizar librerías de comunicación HTTP y Serial. Se obtiene los datos generados en el Arduino para ser enviados al backend del sistema. Al momento de captura hay procesos que permite el trabajo en paralelo por

²interfaz física de comunicación en serie en la cual se transfiere información enviando o recibiendo un bit

lo que se debe utilizar librerías de hilos para en este caso en Python.

Por último, se sigue con la construcción de la aplicación móvil, para esto se utiliza Ionic que permite la construcción de la aplicación móvil en las plataformas Android y iOS. Permite la utilización de plug-in para la utilización de funciones nativas como en este caso de la cámara. Además, que la construcción se realiza bajo el framework Angular JS que permite separar elementos visuales, lógicos y servicios. Haciendo la programación más comprensible. Para las pruebas se utiliza el navegador Chrome, ya que Ionic al utilizar lenguajes de programación web permite la ejecución en los navegadores, pero con la diferencia que no se pueden ocupar funciones nativas. En el caso que se requiera ocupar estas funciones. Ionic da la posibilidad de construir el proyecto a un proyecto en Android Studio, permitiendo realizar las pruebas por este IDE por medio de un dispositivo compatible con Android.

3.6. Pruebas

En esta etapa describe los métodos usados para aplicar en las etapas de pruebas de la metodología usada. Que permite visualizar las salidas esperadas, ver errores o faltas de respuestas que se requieren para desarrollar los requisitos del sistema.

3.6.1. Pruebas de Caja Negra

Este tipo de pruebas permiten ver el correcto funcionamiento del software. Tiene una estrecha relación con los requerimientos del sistema, ya que se debe cumplir que estos requerimientos implementados deban ser ejecutados y probados para encontrar algún error o ver si las funciones están incompletas.

Estas pruebas necesitan de una entrada y de ser necesario de alguna condición. Para este proyecto las entradas serán ejecutadas desde la aplicación móvil y su salida será visualizada desde la misma aplicación pero con una respuesta desde el servidor web por medio de la API implementada.

Esta prueba es realizada en el último sprint, ya que el sistema en esta instancia se encuentra en su funcionamiento a pleno. Por lo que se opta por la implementación de este tipo de prueba en la última etapa.

3.6.2. Depurador de Código

Permite visualizar las salidas por medio de terminal o herramientas de depuración de código como es el caso de Google Chrome DevTools que permite imprimir por consola del navegador funciones o ver errores del sistema. Esto se aplica en el desarrollo de la aplicación móvil.

Para el caso de la aplicación web en Laravel se utiliza la herramienta Postman³ que permite visualizar el estado de las funciones HTTP para el caso de almacenar o retornar información de funciones en este framework.

Para el caso de los dispositivos IoT se utiliza los terminales virtuales de la aplicación de simulación Proteus. Permite visualizar los datos capturados por los dispositivos Arduino para corroborar los datos. También en el controlador Python se utiliza la consola de depuración incluida en SublimeText.

3.6.3. Pruebas Ad-Hoc

Este tipo de prueba depende de la habilidad, intuición y experiencia del programador [9]. Permite diseñar, ejecutar y modificar de forma dinámica. En este proyecto se está trabajando con diferentes tecnologías a la vez y la realización de pruebas debe permitir encontrar fallas fácilmente o ejecutar funciones correctamente. El instrumento ocupado para registrar este tipo de pruebas es el bloc de notas y cuaderno personal.

Este tipo de pruebas es aplicable a la programación de firmware para registro de datos por medio de los sensores utilizados en los dispositivos IoT. Como también, en el desarrollo del controlador Python para verificar la correcta lectura de datos desde los dispositivos IoT, por medio de la comunicación utilizando la conexión serial.

3.7. Retroalimentación

Transcurrida una iteración se realiza una revisión junto al *stakeholder* del sistema, en este caso el profesor guía Ricardo Pérez, quien entrega una retroalimentación y señalará los problemas que está presentando el sistema. Serán evaluadas las tareas a través de un prototipo funcional que permita ir viendo los detalles de las funciones tanto en la aplicación móvil como en el sistema web.

³Aplicación de escritorio que permite consultar el estado de las consultas en una petición HTTP

4. Implementación del Sistema de Trazabilidad

En este capítulo describe la implementación de la solución. Adaptando el diseño y la arquitectura a la implementación en código de la propuesta. Se toma la planificación estimada del proyecto y se construye un tablero *kanban* que permite la definición de hitos en un tiempo específico para el desarrollo de cada una de las iteraciones asociadas. Permitiendo adoptar la metodología ágil para su construcción.

Las tareas descritas en la planificación en cada una de las iteraciones son implementadas y probadas al término de estas. Permitiendo ver que las funciones, historias de usuario y sus respectivas tareas es cumplida.

4.1. Concepción del Proyecto

El proyecto surge como resultado de la necesidad de registrar los datos obtenidos desde un viñedo para poder transparentar los procesos de producción. Esto tiene como finalidad de poder establecer confianza con el consumidor al momento de obtener una botella de vino en su mano. A través de una aplicación móvil consultar los datos obtenidos por medio de un código QR.

El código anterior se genera en un sistema web simple que permite ver un resumen de los procesos de producción impidiendo al usuario editar datos, ya que estos se obtiene desde dispositivos IoT conectados a un controlador en donde es generado un código de trazabilidad que permite obtener la relación de los procesos. Con la finalidad de que el controlador envía la información por medio de funciones HTTP hacia el servidor web donde es almacenada en la base de datos.

Resumido a lo anterior, una de las finalidades de este proyecto es crear un sistema de registro autónomo evitando acciones humanas para la manipulación o alteración de los datos y por medio de sensores ejecutar funciones en los dispositivos firmware para su registro en la base de datos del sistema web.

4.2. Implementación de la Solución

Conociendo los antecedentes descritos, se procede con la realización del prototipo del proyecto. En este apartado se describe la implementación de las iteraciones conocidas en el Marco Teórico. Destacando las tareas relevantes que se trabajaron en cada iteración que va desde su diseño e investigación de las tecnologías hasta su desarrollo y pruebas.

Las tareas que son añadidas en la descripción de las iteraciones van desde conceptos como investigación, diseño, implementación de historias de usuario, describiendo las tareas asociadas a cada una. En resumen, en esta sección describe los avances realizados en cada una de las etapas propuestas.

4.2.1. Iteración 1

En la iteración uno, en primera instancia se realiza una investigación de las tecnologías a utilizar para el desarrollo del proyecto. Como son tres tecnologías diferentes se debe elegir cada una de estas tecnologías considerando la comunicación entre ellas. Para ello se investiga el soporte que existe para su posterior construcción en el entorno de trabajo que se aplica.

Se diseña los diagramas de arquitecturas (Figuras 3.1 - 3.2), de clases (Figura 3.3) y entidad relación para el modelo de datos (Figura 3.4).

Inicio de Iteración

Durante esta fase son seleccionadas las tareas a realizar durante la iteración. Destacado en el Cuadro 4.1. Para esta iteración es estudiada el entorno de desarrollo donde se requiere implementar la solución. Describiendo las tecnologías que mejor se adaptan para este caso, en las tres tecnologías involucradas.

Cuadro 4.1: Tareas y su descripción asociada a sprint 1.

Sprint 1	
Tarea	Descripción
Tecnología de desarrollo plataforma web	Desarrollo sistema web usando Laravel, contiene la facilidad de trabajar con ORM para la comunicación con la base de datos.
Tecnología de desarrollo plataforma móvil	Desarrollo sistema móvil usando Ionic, tiene soporte en multiplataforma permitiendo ocupar operaciones nativas a través del plugin Capacitor.
Tecnología de desarrollo plataforma IoT	Simulación de dispositivos Arduino utilizando Proteus, permite la simulación de múltiples dispositivos cargando el código utilizando Arduino Studio.
Comunicación de datos para envío de datos	Desarrollar un controlador que simula la placa Raspberry usando como lenguaje Python, ya que da soporte a los diferentes tipos de comunicación que brinda el sistema.
Diseño de arquitectura física	Visualizar el esquema físico del proyecto. Diagrama presente en la Figura 3.1.
Diseño de arquitectura lógica	Visualiza el proyecto en componentes generales. Diagrama presente en la Figura 3.2.
Diseño de diagrama entidad relación	Visualiza el modelo de datos que se realiza el proyecto. Especialmente a la hora de las migraciones. Diagrama presente en la Figura 3.4.
Diseño de diagrama de clases	Visualiza el comportamiento de los objetos presente en el proyecto. Diagrama presente en la Figura 3.3.

Resultados

Una vez concluida la iteración, al tratarse en este caso de diseño e investigación. Se revisa dichos diagramas con el profesor Ricardo Pérez que toma el rol de *stakeholder* para mejorar dando su opinión. Observando los pro y contras de cada una de las tecnologías a utilizar y se define las limitaciones posibles que pueden involucrar uno o más errores en el sistema.

En el caso de los diseños, se analiza la representación de estos para su mejora como es el caso de añadir más funcionalidades o atributos a objetos para mejorar la correlación que pueda existir en estos durante la etapa de implementación.

4.2.2. Iteración 2

El desarrollo de la iteración dos se centra en el desarrollo de un bosquejo para la aplicación móvil para poder ver el diseño de los resultados en el dispositivo móvil. También es diseñado y se establece los circuitos de Arduino en que se trabajaran como también sus sensores que obtiene la información y su conexión para su comunicación. Esto se realiza ocupando el simulador Proteus con la característica de importar librerías para la simulación de circuitos Arduino y sensores.

Para este caso se estableció esta modalidad debido a la situación actual de confinamiento por la pandemia, en reemplazo del ambiente físico real en terreno.

Inicio de Iteración

Se implementa las siguientes tareas asociadas a esta iteración, destacando el uso de las tecnologías a utilizar definidas en la iteración 1 (Tabla 4.1). Utilizando ejemplos de pruebas para ver la generación de datos a través de sensores leídos por Arduino y registro de datos en el controlador Python a través de conexión Serial. Se detalla las tareas en el siguiente Cuadro 4.2.

Cuadro 4.2: Tareas asociadas a sprint 2.

Sprint 2	
Tarea	Detalle
Diseñar	Diseño de mockup aplicación móvil.
	Diseño diagrama de sensores para simulación.
Implementar	Repositorio Aplicación móvil, web, IoT.
	Configuración de puertos y sistema operativo para comunicación.
	Lecturas de sensores para dispositivos IoT.
	Migración de Base de Datos.

Resultados

Como resultados del cuadro 4.2 se destaca la implementación de firmware en el simulador Proteus. Dentro del programa permite importar y simular circuitos Arduino con sensores conectados. En la Figura 4.1 se visualiza el esquema básico utilizado, donde se puede visualizar que el módulo de datos estático incluye los datos de la viña y el predio. El módulo de cosecha tiene conectado un sensor de temperatura y humedad que permite

simular el ambiente físico de la cosecha. Finalmente, el módulo de bodega permite simular al igual que la cosecha la temperatura y humedad.

Se opta con separar cada uno de los procesos de elaboración del vino por módulos de dispositivos Arduino a excepción de algunos que se ocupa un módulo por dos procesos para ahorrar conexiones. Todos los dispositivos en el esquema están conectados a un puerto de conexión serial COM. Este tipo de conexión permite que los datos intercambiados entre los dispositivos IoT y el controlador Python se transfieran rápidamente, permitiendo centralizar la información.

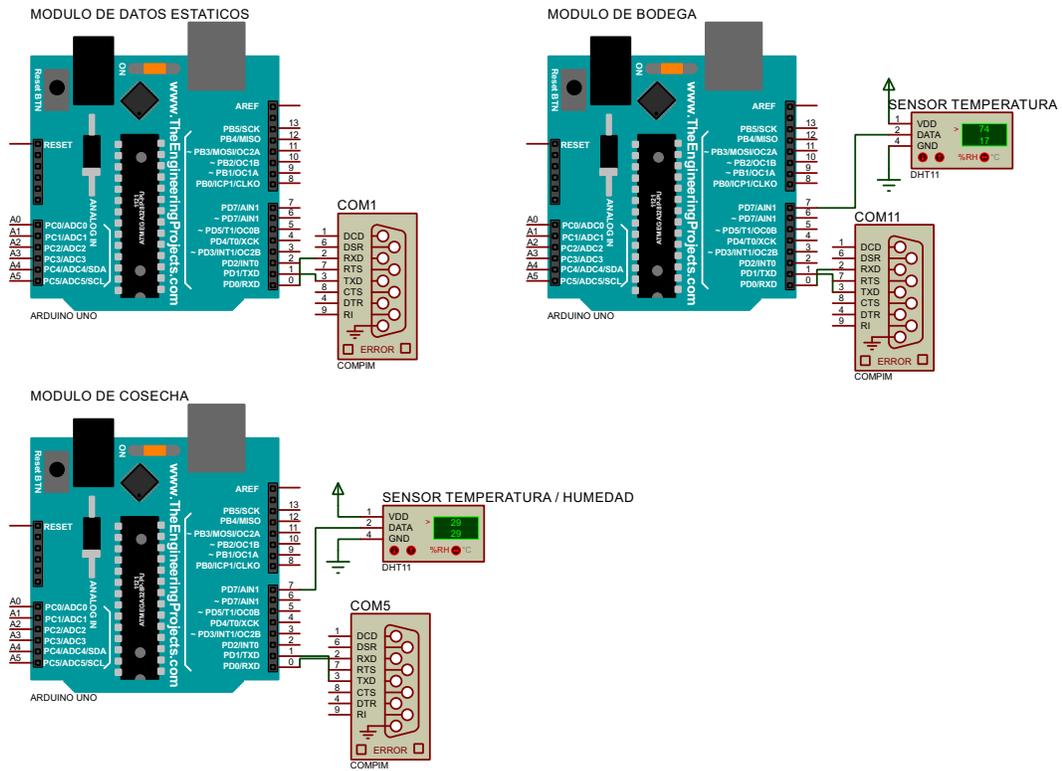


Figura 4.1: Esquema de dispositivos IoT simulados en Proteus.

A la vez se implementa los pares de conexión serial que se ocuparan para la captura de datos en el controlador como se muestra en la Figura 4.2. Permite el envío de datos desde los dispositivos Arduino simulados en Proteus al controlador Python que está escuchando para su envío al sistema web por medio de protocolo HTTP, usando la librería *request* que permite el uso de funciones para este protocolo.

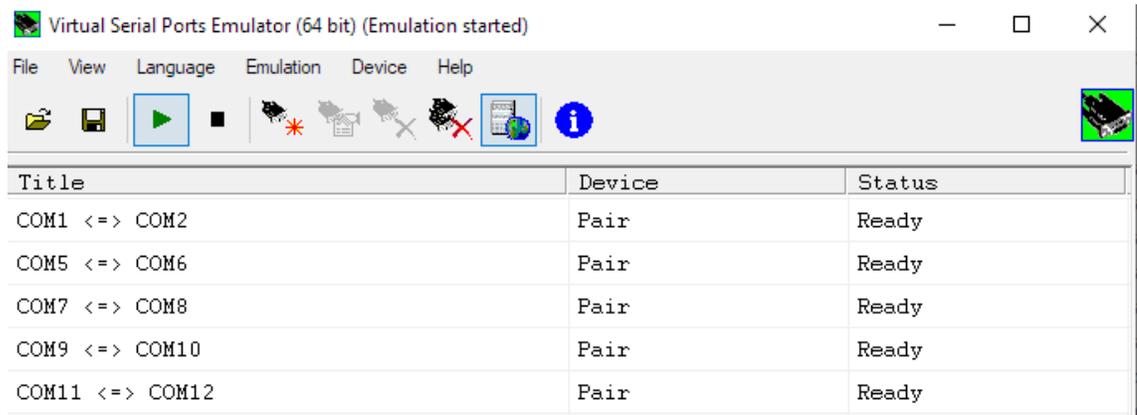


Figura 4.2: Emulador puerto serial usando VSP.

4.2.3. Iteración 3

En la iteración tres se empieza con la implementación del sistema, con el objetivo de poder visualizar registros capturados por los circuitos IoT en la aplicación móvil. Se considera tener implementado una gran parte del sistema web y la aplicación móvil.

Desde la parte de la captura de datos se debe tener implementado el controlador en Python para la lectura de datos usando la librería Serial e implementado funcionalidades HTTP para el envío de datos al servidor.

Inicio de Iteración

Se implementa las siguientes historias de usuarios, desarrolladas bajo las tres tecnologías de desarrollo. Se destaca para el caso de la aplicación móvil el uso de funciones nativas como es el caso de la cámara. En el sistema web la generación de código QR para la lectura desde dispositivos y en la parte del controlador el diseño de algoritmo de trazabilidad. Se detalla las tareas en el siguiente Cuadro 4.3

Cuadro 4.3: Tareas asociadas de historias de usuario sprint 3.

Sprint 3	
Historia de usuario	Tareas Asociadas
HU01	Generar código aleatorio Hash.
	Función para el almacenamiento de viñedo backend API.
	Función para llamada de datos viñedo backend.
	Función llamada API en Dispositivo Móvil.
	Función para la consulta de viñedo en página web.
HU02	Copia código aleatorio Hash.
	Función para el almacenamiento de predio backend.
	Función para llamada de datos predio backend.
	Función llamada API en Dispositivo Móvil.
	Función para la consulta de predio en página web.
HU05	Capturas de datos de temperatura y humedad (IoT).
	Enviar datos a servidor por método requests.
	Generar código aleatorio para identificar el proceso de cosecha.
HU08	Importar librería para la generación de código QR en el sistema web.
	Implementar ruta para acceder función de generación de código.
	Convertir código hash a código QR en el sistema web.
	Implementar función para imprimir código QR desde sistema web.
HU12	Importar plug-in lector código QR a Ionic.
	Crear función que use la cámara como lector de código.
	Asociar código capturado a llamada a la API para visualización de datos.

Resultados

Como se detalla en el Cuadro 4.3 se puede observar se implementan las funciones que puedan leer, como es el caso de la generación de código QR en el sistema web y la lectura de estos con la cámara.

En la **HU01** y **HU02** se trabaja con los datos de viñedos y predio, para su captura utilizando un dispositivo Arduino, registro a la aplicación web y visualización en la aplicación móvil. Ya que estos procesos la información que se maneja es estática, es decir, no cambia los datos a medida que el tiempo transcurra. Es ejecutada en los pasos iniciales del sistema, al ejecutar la simulación estos datos son capturados solo una vez para ser almacenados al servidor.

En **HU05** se trabaja con datos dinámicos, es decir, la información de algunas variables como es el caso de la temperatura y humedad cambia a medida que transcurre el tiempo. Por el mismo motivo este proceso recibe un código generado en la viña llamado *hash* que

es único y aleatorio generado en el controlador Python. Este código es almacenado, ya que será transformado a código QR en el sistema web y consultado con la cámara del dispositivo móvil.

En **HU12** y **HU08** se trabaja con plug-ins y librerías que permiten la lectura y generación de códigos QR. Para el caso del sistema web se toma una cadena de texto, en este caso el código hash y se transforma a un código QR que permite desde un dispositivo móvil la lectura y visualizar los datos del modelo, como es el caso datos de cosecha, predio y viña.

4.2.4. Iteración 4

En esta iteración se mejora aspectos como es el algoritmo de trazabilidad usado, estableciendo límites en algunos procesos. Ya que existe el inconveniente de que en locaciones como, por ejemplo bodega, almacén y descarga el detalle en específico se pierde, ya que se acumula la fruta de cada carga.

Inicio de Iteración

La iteración contempla correcciones de errores de código realizado el año 2020. Se mejora la forma en que los datos son almacenados en la plataforma usando conceptos de programación paralela como los hilos. Aplica una mejor lectura de estos como es el caso de la utilización del algoritmo de trazabilidad propuesto. Que permite consultar la trazabilidad de los procesos de producción usando una base de datos relacional.

En la siguiente Tabla 4.4 explica las historias de usuarios que son implementadas con sus respectivas tareas.

Cuadro 4.4: Tareas asociadas a historias de usuario sprint 4.

Sprint 4	
Historia de usuario	Tareas Asociadas
HU03	Generar un código hash dependiendo del estado anterior.
	Implementar firmware para la lectura de peso por carga asociada.
	Implementar función de lectura de controlador para lectura y envío de datos a API.
	Implementar función para almacenamiento y lectura de datos API.
	Implementar vista web para seleccionar carga y generar código QR.
	Implementar función app móvil para la visualización de datos de carga.
HU10	Crear conexión Serial desde Arduino y Python.
	Creación de hilos en Python para registros en paralelos.
HU11	Crear función request en Python para envío de datos a servidor.
	Establecer límites de tiempo de comunicación para peticiones http en el controlador.

Resultados

Una de las mejoras significativas en lo que respecta con IoT es la implementación completa de los circuitos Arduino junto a sus respectivos sensores utilizados para la captura de datos, además se encuentran conectados con el controlador Python por medio de comunicación serial.

Representados en el Figura 4.3 que ilustra el esquema completo diseñado con el simulador Proteus. Se detalla que los circuitos implementados representan todos los procesos propuestos para que puedan ser leídos desde la aplicación web y móvil.

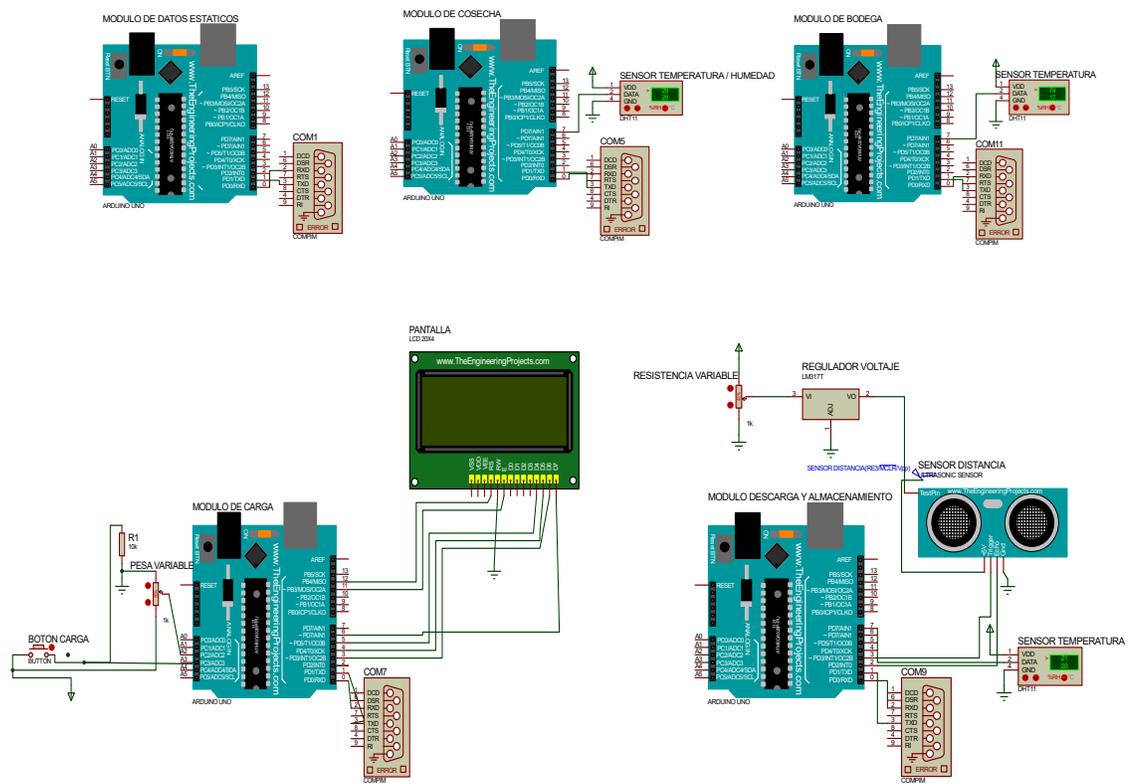


Figura 4.3: Esquema completo de dispositivos IoT en Proteus.

Otro resultado destacable para esta iteración son la mejora del algoritmo de trazabilidad que se considera en la Figura 4.4. Permite aplicar esta técnica usando el controlador Python que tiene comunicación directa con el sistema web implementado y es accesible por una dirección IP pública.

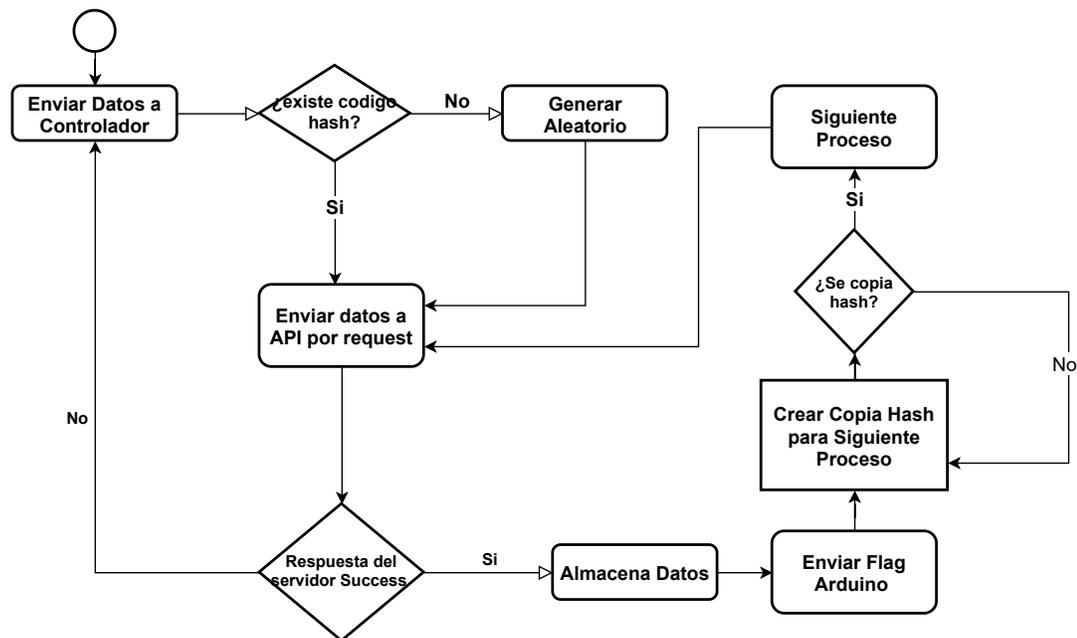


Figura 4.4: Algoritmo de trazabilidad propuesto.

En la Figura 4.4, se visualiza desde la ejecución la captura del código hash para hacer el trazado en los procesos. Cuando se ejecuta la simulación de los circuitos el controlador se encuentra escuchando siempre hasta que el dispositivo envía datos por medio de un puerto serial. Esta cadena se descompone en el controlador para crear un objeto. El primer proceso en leer es el de la viña, cuando el controlador lo recibe e identifica que es una viña, genera un código hash único.

El controlador por medio de serial le envía una señal al dispositivo Arduino para que no envíe datos relacionados con información de la viña y empiece ahora a enviar información del predio. Como son datos estáticos no hace falta cambiar el hash para el predio.

En el controlador Python crea el objeto en referencia al predio y es enviado por medio de funciones HTTP a la API montada en el servidor web. Si la respuesta tiene un valor 200, Es que ha sido enviado con éxito, el controlador deja de escuchar este módulo de datos estáticos y cambia al de cosecha y carga que es un tipo de captura dinámico.

Uso de hilos

Para el caso de ciertos procesos como es el de bodega, carga, almacén y descarga se utilizan procesos en paralelo para su lectura. Ya que la fruta en estos procesos se acumula por lo que se pierde el detalle de lo cosechado. Para esto es bueno utilizar hilos para aplicar programación paralela.

Se debe tener en consideración que cada proceso es capturado por cada dispositivo Arduino. Para el caso de almacén y descarga se utiliza solo un dispositivo, ya que para diferenciar si es una descarga o almacén depende del sensor ultrasónico que puede definir la distancia. Si el sensor de proximidad detecta si existe un carro, se activa el proceso de descarga capturando la distancia de estacionamiento del carro, si no existe, comienza con la captura de proceso de almacén donde se registra las condiciones de humedad y temperatura de este.

Los hilos se ejecutan al iniciar el controlador Python. A medida que los demás procesos dependen de un código hash de seguimiento, en estos procesos no necesitan, ya que el detalle en estos procesos se pierde a lo que se refiere con el manejo de la fruta. Sin embargo, en los procesos de descarga y carga sí se utiliza código hash. Para este caso se debe utilizar una estructura que permita almacenar estos códigos, por lo que se utiliza un *array* donde almacenas los diez primeros hash generados por la cosecha. Al ser un Array en Python se puede acceder globalmente por lo que el *array* puede estar almacenando hash en la secuencia mientras cuando se ejecuta una carga este trae el último dato de la lista almacenada. El proceso es resumido en el siguiente Algoritmo 1 donde se describe el procedimiento para la ejecución de los hilos.

Algorithm 1 Uso de hilos para la captura paralela.

lista de valores *hash***procedure** EJECUCIÓN DE HILOSguardar datos *bodega***if** existe peso en carga **then**extrae *hash* de *lista* y agrega a *carga*guardar *carga***end if****if** existe carro **then**guardar datos *descarga***else**guardar datos *almacen***end if****end procedure****procedure** EJECUCIÓN NORMALagrega *hash* en *lista***end procedure**

Generación de Código

Para generar el código QR que permite transformar el código hash que representa la trazabilidad de los procesos se implementa una plantilla en el sistema web. Permite al usuario seleccionar un elemento de la lista de carga para que genere el código a partir de este proceso.

En la Figura 4.5 se presenta la plantilla que visualiza el código QR generado a partir de la lista de detalle de carga. Este código se puede exportar a un archivo PDF o se puede imprimir directamente utilizando el explorador de internet.

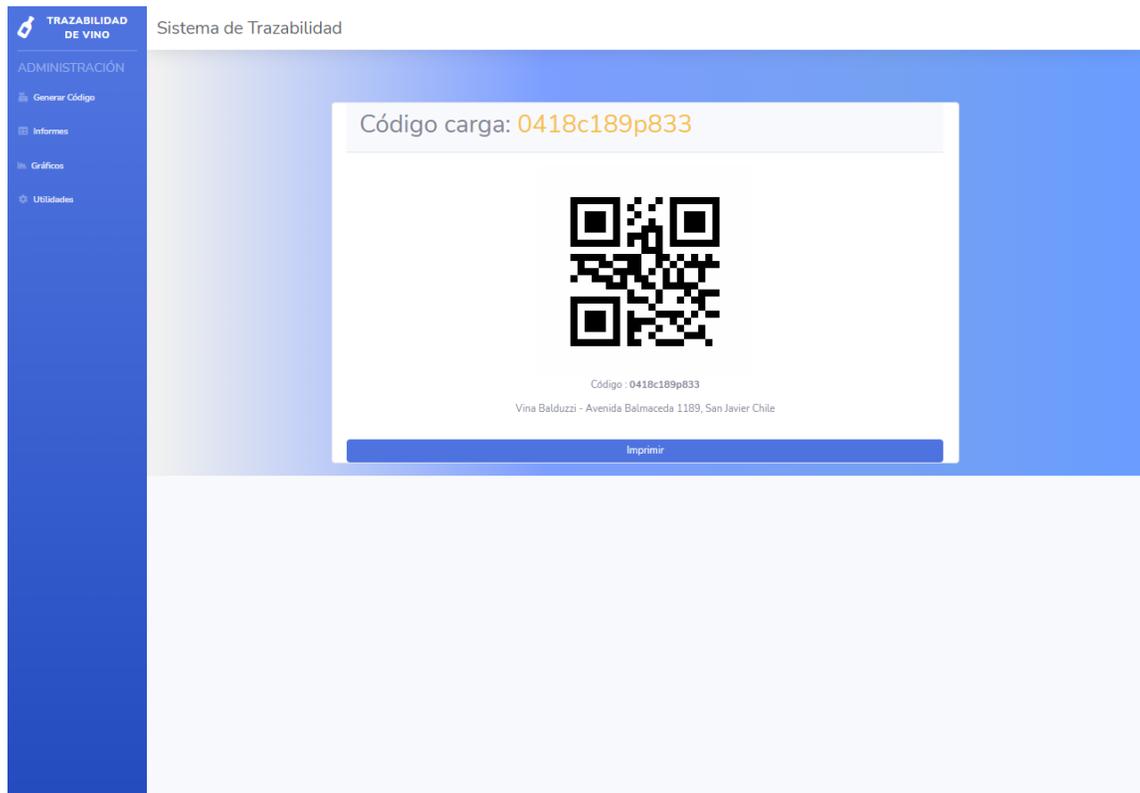


Figura 4.5: Plantilla de la página web con el código QR generado.

4.2.5. Iteración 5

En esta iteración se trabaja en el sistema web y móvil, se añade vistas resúmenes para que el administrador pueda ver los registros capturados por los dispositivos IoT en los procesos de *carga*, *descarga*, *almacén* y *bodega*. Es añadido un gráfico resumen para *almacén* y *bodega*.

Es implementada la funcionalidad que permite la gestión de imágenes, permitiendo a los administradores subir una imagen por cada proceso del ciclo de vida del proceso de producción de vino.

Inicio de Iteración

En este apartado se implementan las capturas de los últimos procesos que son los de *bodega*, *descarga* y *almacén*. Los dos últimos se utiliza un solo dispositivo Arduino para su captura. Como estos procesos son capturados paralelamente, no dependen de la

utilización de *hash*. Ya que en estos procesos la fruta es acumulada por lo que se hace un resumen de las capturas.

En el caso de *bodega* y *almacén* se debe implementar en la API una función que cree un *dataset*¹ de las características de estas tablas de la base de datos. Por medio de funciones estadísticas se crea un *dataset* que permite resumir de mejor manera los procesos mencionados. Los *dataset* permite facilitar el trabajo con algunos elementos que permiten al usuario entender de mejor manera los datos como son los gráficos. Para este caso se implementa en la plataforma móvil y web.

Las historias de usuario desarrolladas en esta iteración están descritas en la Tabla 4.5.

Cuadro 4.5: Tareas asociadas a historias de usuario sprint 5.

Sprint 5	
Historias de usuario	Tareas Asociadas
HU04	Lectura de sensor en firmware de proximidad para descarga.
	Implementar función para lectura y escritura de descarga controlador Python.
	Implementar función para escritura y lectura API.
	Obtener datos de descarga y visualizar en la plataforma web.
HU06	Crear gráfico resumen y obtener estadísticas de descarga en la plataforma móvil y web.
	Lectura sensor de proximidad para firmware para captura datos de ambiente físico de almacén.
	Implementar función de lectura y escritura para almacén de fruta en controlador Python.
	Implementar función de escritura y lectura API.
	Obtener datos de condiciones físicas de almacén y visualizar plataforma web.
HU07	Crear gráfico resumen y de datos estadísticos de almacén para visualizar en plataforma móvil y web.
	Lectura de sensores de temperatura y humedad en el firmware de bodega.
	Implementar función de lectura y escritura de datos de bodega en API.
	Obtener datos de condiciones físicas de bodega y visualizar plataforma web.
HU09	Crear gráfico resumen y de estadísticas de bodega para visualizar plataforma móvil y web.
	Implementar vista para la gestión de imágenes en el sistema web.
	Establecer límite y formato de imágenes que se suben a la plataforma web.
	Convertir imágenes a base64 para su almacenamiento.
	Implementar rutas de acceso para lectura de imágenes en API.
	Implementar función para llamadas de imágenes en aplicación móvil.

¹Término asociado a *Big Data*. Conjunto de datos tabulados donde cada columna representa un variable y la fila el dato capturado de la variable en la base de datos.

Resultados

Los resultados de esta iteración es la de resumir los procesos tanto en la página web como en la aplicación móvil. El añadir gráficos permite al usuario ya sea este administrador o cliente verificar que la información de los procesos se visualice de forma transparente los datos capturados por los dispositivos IoT.

En la Figura 4.6 se visualiza los procesos capturados por los dispositivos IoT desde la aplicación móvil. Se realiza ocupando la cámara del dispositivo móvil para la captura del código QR. En primera instancia se visualiza en modo de tarjetas cada proceso describiendo solo algunos aspectos para crear un resumen.

Además se ilustra en la Figura 4.7 el proceso de Almacén, donde se observa las condiciones en la que ha estado dicho proceso desde el tiempo de captura y una imagen referencial de este proceso.



Figura 4.6: Pantalla de resumen de procesos.



Figura 4.7: Pantalla de detalle proceso de almacén.

Otro aspecto a destacar es sobre las imágenes que el administrador puede subir a la plataforma para que los usuarios de dispositivos móviles puedan apreciar y conocer la

viña en la cual se está consultando.

Para subir imágenes se utiliza la codificación en *base 64* que permite transformar la imagen de formato *PNG*, *JPG*, *JPEG* a una imagen embebida² que permite aumentar el rendimiento por parte del servidor, ya que la imagen se codifica a código ASCII permitiendo evitar sobrecarga en el servidor al momento de consultar la imagen. Esto se debe que comúnmente las imágenes tienen una ruta de acceso en el servidor, por lo que afecta el rendimiento del servidor cuando se hace una petición. En comparación a una imagen embebida que permite enviar la imagen codificada como texto en el JSON de respuesta. En el caso de la aplicación móvil la imagen se añade en la fuente del elemento, por lo que no es necesario decodificar manualmente la imagen. A comparación que comúnmente se realiza, que se añade la dirección de la imagen en el servidor por lo que existe una doble consulta hacia la API. Al tratarse que el servidor web se encuentra en una instancia pública y todas las consultas de los dispositivos apuntan al servidor, con esta técnica reduce el tiempo de las peticiones. Ahorrando significativamente el tiempo de respuestas a los que se refiere la carga de imágenes, disminuyendo los retardos de petición.

4.2.6. Iteración 6

En esta iteración se encarga de desplegar la plataforma web y móvil. La primera se crea una máquina virtual con la configuración adecuada para que pueda ser accedida desde cualquier parte y en cualquier red conectada a internet. La segunda se utiliza un móvil de prueba con Android con conexión a internet.

Esta iteración se debe ver los puntos débiles de la plataforma y corregir los errores que aparecen para mejorar el rendimiento especialmente en el almacenamiento de información. También se realizan las pruebas de caja negra y pruebas de usabilidad.

Inicio de Iteración

La iteración contempla tareas como de implementar y revisar las pruebas para el caso del despliegue de la aplicación, como también la corrección de errores que pueden ser desde el código del proyecto hasta problemas con firewall o configuraciones de instalación en la máquina virtual. También se realizan las pruebas de caja negra para ver el correcto funcionamiento de las funciones implementadas en el sistema móvil y web.

²Imagen codificada disponible para incrustar en un elemento de la vista

Cuadro 4.6: Tareas asociadas a sprint 6.

Sprint 6	
Tarea	Detalle
Implementar	Despliegue de aplicación móvil.
	Despliegue de aplicación web.
	Pruebas de caja negra.
	Pruebas de usabilidad.
Revisión	Revisión y corrección de errores.
	Resultados de pruebas de usabilidad.
	Finalización documento de memoria.

Resultados

Los resultados obtenidos en esta iteración corresponden al despliegue de la aplicación en una máquina virtual. Donde se verifica el correcto funcionamiento de la aplicación. Es verificado que los datos obtenidos por medio de dispositivos IoT estén visibles.

Por otra parte, se ejecuta la aplicación desarrollada en dispositivos Android para verificar el correcto funcionamiento, se prueba las consultas de lecturas de códigos QR por medio de la cámara de los dispositivos. También se verifica el correcto funcionamiento de las llamadas a la API Rest construida en el sistema web.

Una vez implementado el despliegue tanto web como móvil, se procede con la elaboración de las pruebas de caja negra y de usabilidad.

Despliegue Web

Es utilizada una máquina virtual Ubuntu 18 ofrecida por Google Cloud. En esta máquina se deben instalar los programas para su funcionamiento, en este caso se utiliza el servidor apache. Se clona el proyecto de la página web por medio de git y se establecen los parámetros para que la aplicación sea vista a través de internet por medio de una IP estática ofrecida por Google Cloud.

Se instala y configura el servidor MySQL que estará alojado en la misma máquina. Debido a que el proyecto web está en Laravel se instalan las dependencias necesarias para su funcionamiento. Una vez que toda la configuración está completa se migra el esquema de la base de datos que está construida dentro del proyecto Laravel a MySQL. Con este paso se puede visualizar la aplicación web en la dirección ofrecida por Google Cloud.

También es verificadas las rutas construidas, que están asociadas a funciones en la

aplicación web. Como también las rutas construidas de la API Rest que es consumida por los múltiples dispositivos Android que ejecutan la aplicación móvil. El trabajo para la configuración de esta instancia es por medio de consola a través del puerto 22 habilitados para el protocolo SSH que permite el acceso remoto a un servidor.

Para aspectos de seguridad se hace *hardening* para asegurar el servidor montado. En este caso se restringen todos los puertos TCP/IP excepto el puerto 80 que es del protocolo HTTP. El puerto 22 viene por defecto y no puede ser accedido por cualquier usuario exceptuando a aquellos que posean privilegios dentro de Google Cloud. Para este caso la única persona que puede ingresar es el desarrollador de este proyecto. Con estos pasos se asegura la confiabilidad de los datos en el sistema web. Para la verificación de estos aspectos se hacen pruebas de vulnerabilidades con software como *nmap* y *OWASP ZAP* que permiten escanear un servidor web para visualizar los puertos abiertos e indicar los tipos de vulnerabilidades que puede recibir el servidor al estar expuesto en internet.

En la figura 4.8 se hace un escaneo de las vulnerabilidades que se puede aplicar al servidor web. El resultado arroja que no existen vulnerabilidades graves que impliquen un riesgo a los datos del servidor web.

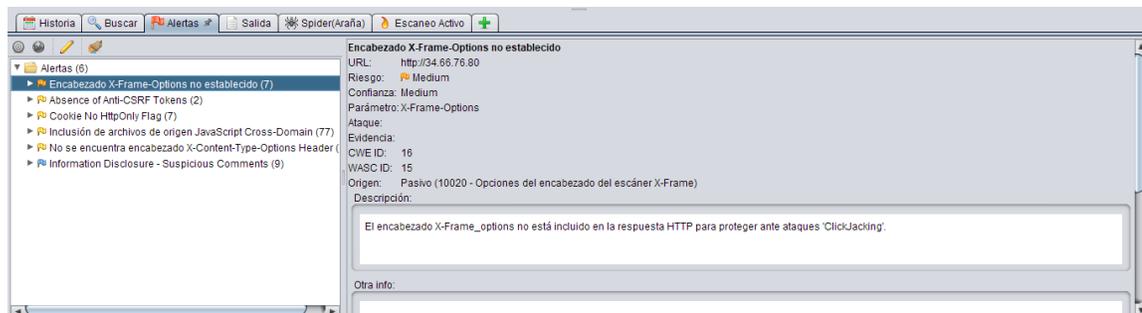


Figura 4.8: Visualización de vulnerabilidades capturadas en el servidor web.

Despliegue Aplicación Móvil

Es ejecutado el código bajo el SDK Ionic y se exporta a un proyecto Android utilizando el IDE Android Studio. Para la exportación del proyecto Ionic CLI permite convertir por medio de comandos la aplicación que originalmente está construida con el framework Angular a un proyecto nativo en Android.

Cabe recordar que el framework Angular dentro de Ionic permite construir la aplicación híbrida, es decir crea una aplicación web adaptada a un dispositivo móvil. Para las

funciones nativas del dispositivo móvil como es el caso del uso de cámara se utiliza la herramienta del framework Capacitor³ que es incluida en Ionic CLI para importar funciones nativas al proyecto.

Dentro de Android Studio se modifica aspectos como logo y pantalla de inicio de la aplicación. Es importante asegurar los permisos que posee android para el manejo de peticiones HTTP. Para estas modificaciones se trabaja en el archivo principal del proyecto escrito en XML. Al ser un proyecto de Android este trabaja con lenguajes de programación Java y Kotlin, pero al tratarse de una exportación de un kit de desarrollo no es necesario modificar archivos en los lenguajes anteriormente mencionados. Solamente es modificado archivos escritos en XML que representa la configuración y vista de un proyecto Android.

Para realizar la ejecución de este proyecto se realiza por medio de un dispositivo Android activado en modo desarrollador para verificar si existen errores de lectura por medio de la terminal ofrecida por Android Studio. En lo que respecta al uso masivo en varios dispositivos, se construye el proyecto con el resultado de un archivo compilado con la extensión APK para que pueda ser instalado en cualquier dispositivo habilitando la opción de ejecución de terceros.

³Framework construido por la comunidad Ionic para utilización de funciones nativas en los sistemas operativos iOS y Android utilizando el lenguaje JavaScript

5. Pruebas

En este capítulo se describe la aplicación de la metodología que evalúa el prototipo obtenido en el desarrollo. La meta de esta sección es verificar el cumplimiento de los requerimientos de usuario.

Para la realización de estas pruebas es deseable el despliegue del sistema en un servidor accesible y dedicado exclusivamente a su alojamiento del sistema. Para esto se utiliza los servicios de Google Cloud para configurar dependencias, sistema operativo y puertos TCP/IP.

En lo que tiene que ver con los datos generados por dispositivos IoT se utiliza el equipo de desarrollo, ya que cuenta con el simulador de estos circuitos como también de la ejecución del controlador Python. Esta es una medida que se tomó para remediar en parte que: producto a la pandemia del COVID-19 las pruebas no se pudieron hacer en terreno.

5.1. Pruebas de Caja Negra

Para la realización de esta prueba se verifica exhaustivamente cada historia de usuario descrita en la Tabla 3.1 con la finalidad de proveer al usuario un sistema que cumpla todos los requerimientos. En este apartado se visualizan las pruebas de caja negra más significativa. Las otras se encuentran en el apartado de Anexos.

5.1.1. Pruebas de Caja Negra Aplicación Móvil

Se define como entrada de las pruebas las acciones implementadas en la aplicación móvil. Estas funciones consultan lo que se requiere en el sistema web y devuelve a la

vista del dispositivo móvil la salida obtenida de acuerdo a la funcionalidad que se está verificando.

En el Cuadro 5.1 se muestra los resultados de la prueba de lectura código QR, donde se verifica que efectivamente se cargan los procesos de producción de vino asociado a ese código QR.

Cuadro 5.1: Caja Negra - Lectura Código QR.

Código:	T001	
Descripción:	Cargar datos de los procesos de producción de vino.	
Entradas	Salida esperada	Salida obtenida
<ul style="list-style-type: none"> ■ Código QR capturado por cámara. ■ Código en un campo de texto escrito por el usuario. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lista de los procesos de producción capturados por dispositivos IoT. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lista resumen de cada uno de los procesos de producción.
Comentarios:	En caso de error, se visualiza un mensaje de error con el código capturado por la cámara.	

El Cuadro 5.2 muestra el resumen de la bodega. Se destaca que cuando esta funcionalidad se realiza exitosamente se genera un gráfico de temperatura y humedad.

Cuadro 5.2: Caja Negra - Visualizar Resumen Bodega.

Código:	T002	
Descripción:	Resumen de los datos capturados por dispositivos IoT de la bodega.	
Entradas	Salida esperada	Salida obtenida

<ul style="list-style-type: none"> ■ Selección Tarjeta resumen de Bodega en la ventana de Sistema de Trazabilidad asociado al código obtenido en la ventana de inicio. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Resumen en formato de gráfico del historial de datos de temperatura y humedad de bodega. ■ Imagen de la bodega almacenada en el sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Resumen en formato de gráfico de barra y lineal del historial de datos de temperatura y humedad. ■ Opción de gráfico para visualizar temperatura o humedad, o ambas. ■ Imagen de la bodega almacenada en el sistema.
<p>Comentarios:</p>	<p>En caso de no subir imagen en el sistema web no se visualiza en el dispositivo móvil.</p>	

El Cuadro 5.3 muestra el detalle del ambiente físico en la cosecha de uva. Se destaca que cuando esta funcionalidad se realiza exitosamente se visualiza la temperatura y humedad en que la fruta ha sido cosechada del predio. Además, se visualiza una imagen genérica asociada a este proceso.

Cuadro 5.3: Caja Negra - Visualizar Proceso de Cosecha.

<p>Código:</p>	<p>T006</p>	
<p>Descripción:</p>	<p>Visualización de datos capturados por sensores en el dispositivo IoT en el módulo de cosecha.</p>	
<p>Entradas</p>	<p>Salida esperada</p>	<p>Salida obtenida</p>

<ul style="list-style-type: none"> ■ Selección tarjeta resumen de Cosecha en la ventana de Sistema de Trazabilidad asociado al código obtenido en la ventana de inicio. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Visualización de la fecha de captura del dispositivo de sensores de temperatura y humedad. ■ Visualización de temperatura y humedad en el momento de captura cosecha. ■ Imagen de Cosecha. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Visualización fecha en formato DD/MM/YYYY de la captura de los datos de cosecha. ■ Visualización del valor de humedad y temperatura. Con una imagen que permite verificar las condiciones que fueron capturados los datos. ■ Imagen genérica de la cosecha.
<p>Comentarios:</p>	<p>En caso de no subir imagen de cosecha en el sistema web. Se visualiza una imagen genérica del proceso de carga en la aplicación móvil.</p>	

5.1.2. Pruebas de Caja Negra Aplicación Web

Para realizar estas pruebas en el sistema web, se considera aquellas funciones dentro de la aplicación web que permita obtener un dato de entrada. Para este caso las entradas es considerado un archivo y una función a través de manipulación de elementos dentro de la aplicación web.

El Cuadro 5.4 muestra la opción de asociar una imagen a un proceso para que pueda ser visualizado en la aplicación móvil. Se destaca que cuando esta funcionalidad se realiza exitosamente se visualiza la imagen cargada desde el equipo en el sistema web. Además, al momento de cargar la imagen en el sistema se visualiza junto a un botón de eliminar.

Cuadro 5.4: Caja Negra - Subir imagen al sistema web y asociar a proceso.

Código:	T009	
Descripción:	Subida de imagen al sistema web asociada a un proceso.	
Entradas	Salida esperada	Salida obtenida
<ul style="list-style-type: none"> ■ Imagen multimedia en formato <i>.JPG</i> o <i>.PNG</i>. ■ Proceso seleccionado de la lista desplegable del formulario. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Visualización de imagen en el formulario. ■ Mensaje de notificación de imagen subida. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Imagen visualizada en el formulario. ■ Notificación imagen disponible para subir al sistema. ■ Visualización de botón eliminar imagen.
Comentarios:	En caso de que se suba la imagen pero sin haber seleccionado proceso, mostrará mensaje de advertencia y la imagen no se sube al sistema.	

El Cuadro 5.5 muestra el procedimiento para generar un código QR asociado a un detalle de carga. Se destaca que cuando esta funcionalidad se realiza exitosamente se visualiza el código de trazabilidad generado en formato QR y texto. Además, visualiza información básica de la viña junto con un botón para imprimir dicho código desde el equipo por medio del explorador de internet.

Cuadro 5.5: Caja Negra - Generación y exportación de código QR.

Código:	T010	
Descripción:	Generación de código QR asociado a un detalle de carga, con la posibilidad de exportación.	
Entradas	Salida esperada	Salida obtenida
<ul style="list-style-type: none"> ■ Selección de detalle de carga. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ventana visualizando el código QR. ■ Código de trazabilidad generado en formato texto. ■ Opción de imprimir código. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ventana visualizando el código QR. ■ Código de trazabilidad generado. ■ Información básica de la viña. ■ Botón de imprimir código.
Comentarios:	Al imprimir el código se visualiza la ventana de impresión por defecto del explorador web.	

5.2. Pruebas de Usabilidad

Esta prueba permite evaluar el grado de satisfacción del usuario al momento de utilizar la aplicación. Para la realización de esta prueba se selecciona a usuarios, se establecen los objetivos de la realización de la prueba, se detalla el instrumento de medición para la evaluación que permite generar desde una afirmación cualitativa a cuantitativa que sirva para medir en mejor medida la evaluación. Además, se menciona la ejecución de la evaluación, es decir, como es operado el sistema bajo qué condiciones se encuentra el servidor que se aplica las consultas y el protocolo que existe para poder realizar dicha prueba.

5.2.1. Objetivo de la Evaluación

Para el diseño de objetivo de la evaluación de este proyecto, es tomado como base el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto en conjunto con las historias de usuarios definidas en el Cuadro 3.1. Las historias de usuarios definidas tienen como fin satisfacer el objetivo general.

Basándose en lo mencionado anteriormente, los objetivos determinados para la realización de la prueba de usabilidad se encuentran indicados a continuación.

- Realizar la instalación de la aplicación en múltiples dispositivos con el sistema operativo Android.
- Evaluar las funcionalidades asociadas con la captura de código por medio de código QR y campo de texto.
- Evaluar las funcionalidades de visualización de información obtenida desde la API construida en el sistema web.
- Acceder a la aplicación web desde un explorador de internet.
- Evaluar las funcionalidades en el entorno web.
- Recoger información sobre el funcionamiento y la apreciación de las características implementadas.

5.2.2. Instrumentos de Medición

Para llevar a cabo la prueba de usabilidad se utiliza la plataforma de formulario ofrecida por Google Forms. En ella se diseña un conjunto de preguntas que evalúa la funcionalidad y apreciación de la aplicación. La distribución del formulario se encuentra dividida en cuatro secciones, estructurada de la siguiente manera.

- **Sección 1:** Datos generales de los usuarios, tales como género, edad, ocupación, relación con los procesos de producción de vino y el tipo de red que utiliza el dispositivo al realizar la prueba.
- **Sección 2:** Datos sobre las funcionalidades de la aplicación, tales como:
 - Funcionalidad de captura de código usando cámara.

- Funcionalidad de carga de datos usando el campo de texto.
- Funcionalidad de la aplicación en mantenerse activa al minimizar la aplicación.
- Funcionalidad de visualizar detalle de viña y predio.
- Funcionalidad de visualizar detalle de carga y cosecha.
- Funcionalidad de visualizar detalle de descarga, bodega y almacén.
- Funcionalidad de manipular gráfico en procesos de descarga, bodega y almacén.

■ **Sección 3:** Apreciación general de la aplicación. Se consulta por los siguientes ítems:

- Facilidad de uso de la aplicación.
- Utilidad de la aplicación.

■ **Sección 4:** Comentarios sobre la aplicación.

En el caso del formulario de la aplicación web la distribución es la siguiente:

■ **Sección 1:** Datos generales de los usuarios, tales como género, edad, ocupación, relación con los procesos de producción de vino.

■ **Sección 2:** Datos sobre las funcionalidades de la aplicación, tales como:

- Funcionalidad de visualizar informes de cargas, descarga, bodega y almacén.
- Funcionalidad de exportación de informes de bodega, almacén y descarga.
- Funcionalidad de la aplicación en mantenerse activa al minimizar la aplicación.
- Funcionalidad de generación de código QR.
- Funcionalidad de gestionar imágenes por proceso.

■ **Sección 3:** Apreciación general de la aplicación web. Se consulta por los siguientes ítems:

- Facilidad de uso de la aplicación.
- Utilidad de la aplicación.

■ **Sección 4:** Comentarios sobre la aplicación.

Las secciones correspondientes a la evaluación de la aplicación, como es el caso de las secciones números dos y tres son evaluadas mediante la escala de Likert. La cual se utiliza para cuestionar el nivel de acuerdo y desacuerdo con respecto a una afirmación, con el objetivo de medir el grado de conformidad del encuestado [26]. La escala está compuesta por cinco niveles de satisfacción, como se muestra en Cuadro 5.6.

Cuadro 5.6: Escala de Likert.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni en desacuerdo ni de acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
--------------------------	---------------	--------------------------------	------------	-----------------------

Con estas opciones, el usuario que evalúa la aplicación y la página web señala el nivel de satisfacción de cada una de las afirmaciones a consultar.

5.2.3. Ejecución de Evaluación

Las personas seleccionadas para realizar las pruebas de la aplicación móvil son un total de siete usuarios, las cuales tienen edades entre 21 y 27 años familiarizados con el sistema operativo Android. Además, se debe tener en cuenta que los usuarios seleccionados tienen información acerca de instalar aplicaciones móviles de terceros, ya que no es posible subir la aplicación por Google Play por la falta de suscripción a esta plataforma.

Se destaca que, al momento de realizar la evaluación, los usuarios están usando para conectarse a internet la red Wifi y celular a través de datos móviles.

En el caso de la aplicación web los usuarios seleccionados tienen que cumplir el rol de administrador de la aplicación web. El rango etario de estas personas está entre los 25 y 35 años de edad. Para la realización de esta prueba es enviado un link de la dirección IP donde está en ejecución la aplicación web.

Protocolo de Evaluación

La prueba es planificada para ser realizada en un periodo de una semana, en la cual se entrega el link del formulario que incluye un acceso directo a una carpeta de Google Drive donde tiene almacenada la aplicación móvil en un archivo APK ejecutable a partir desde la versión cinco de Android, teniendo en cuenta tener activado la ejecución de aplicación de terceros.

También dentro de la carpeta se encuentran una serie de documento en formato PDF que contiene el código QR y el código en formato de texto para que el usuario pueda

probar la aplicación con las dos opciones posibles para realizar la consulta de trazabilidad del sistema.

Tareas de Aplicación Móvil

Las tareas que deben ser realizadas por los usuarios al momento de realizar la prueba son las siguientes:

- Captura de código QR con la cámara del dispositivo móvil.
- Ingresar código en formato de texto en la aplicación.
- Navegar por los resultados del detalle de los procesos.
- Seleccionar cada uno de los procesos de la ventana de resultado y verificar que se cumplan las afirmaciones descritas en el formulario.
- Cambiar los tipos de gráficos que aparecen en los procesos.
- Verificar sobre el funcionamiento en segundo plano de la aplicación para los casos de minimizar la aplicación.

Tareas de Aplicación Web

Para el caso de la aplicación web, la cantidad de tareas realizadas es menor que la aplicación móvil. Las tareas que deben cumplir estas personas son las siguientes:

- Visualización de informes capturados por dispositivos IoT.
- Exportación de informes en formatos .PDF, .CSV y .XLSX.
- Generación de códigos QR.
- Gestión de imágenes por proceso.

5.2.4. Análisis de la Prueba

Una vez finalizado el periodo de pruebas realizadas por los usuarios, se analiza los resultados obtenidos durante la fase de pruebas. Para el análisis y medir los resultados se utiliza la escala de Likert, la cual permite medir la opinión de un individuo y el grado de acuerdo o desacuerdo de las preguntas implementadas [20].

Para la realización de esta prueba el tipo de escala de Likert ocupada es el de satisfacción, ya que permite medir la frecuencia en que un usuario realiza la actividad, la dificultad y el grado de importancia que le da el usuario al momento de utilizar la aplicación.

En lo que tiene que ver con la medición de las respuestas realizadas por los usuarios, se asigna los siguientes puntajes por respuesta:

- Totalmente en desacuerdo (Valor: 1)
- En desacuerdo (Valor: 2)
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo (Valor: 3)
- De acuerdo (Valor: 4)
- Totalmente de acuerdo (Valor: 5)

Una vez que se recopilan las opiniones de los encuestados, se crea una tabla de resultados que permite obtener el puntaje de satisfacción.

Calcular los Puntajes

En este apartado se explica cómo medir los resultados, la herramienta de trabajo que se ocupa es Google Forms y se exporta los resultados a una hoja de cálculo ocupando Google Sheets.

Al realizar la tabla resumida con los usuarios y sus valores de las respuestas, se aplica los siguientes puntos:

- Realizar sumatoria de los valores de las respuestas por cada usuario para conocer el grado de aceptación.
- Calcular la frecuencia obtenida de cada afirmación.
- Agrupar la frecuencia de las afirmaciones.
- Aplicar porcentaje a cada afirmación para conocer el grado de satisfacción del total de usuarios participantes.

Este proceso se aplica al medir los datos sobre la aplicación en lo que respecta a la funcionalidad y apreciación de esta. Todo este proceso se ilustra en la Sección de Resultados.

5.2.5. Resultados

En este apartado se ilustra los resultados ocupando la escala de Likert de las encuestas realizando tanto para la aplicación móvil y web.

Los resultados a continuación corresponden a las secciones dos y tres de la encuesta que corresponden a los datos de las funcionalidades y apreciación respectivamente. El detalle de las preguntas y respuestas individuales por usuario se encuentran en el Anexo.

Para calcular el grado de satisfacción logrado. Se identifica qué grado de satisfacción es el que tiene mayor punto para poder encontrar una conclusión en el caso de los datos de las funcionalidades y apreciaciones de la aplicación móvil y web. La siguiente lista muestra los resultados de una escala de Likert a través del puntaje obtenido.

- Resultados desde 0 % al 25 % implican insatisfacción general.
- Resultados desde 26 % al 50 % implican insatisfacción a ciertas características.
- Resultados desde 51 % al 80 % implican una disposición neutral.
- Resultados desde 81 % al 100 % implican satisfacción.

En resumen, se identifica el mayor puntaje de la tabla de frecuencia y se identifica el porcentaje obtenido a partir del puntaje para describir la conclusión.

Resultado Aplicación Móvil

Los resultados obtenidos en el caso de la aplicación móvil corresponden a una encuesta elaborada hacia siete usuarios que como indica el protocolo deben poseer dispositivo móvil con el sistema operativo Android.

Por parte de los usuarios, son jóvenes en su mayoría estudiantes no están fuertemente familiarizados con los procesos productivos del vino.

Como se requiere obtener un resultado global de estos, la escala de Likert permite agrupar los resultados de cada individuo y elaborar una tabla de frecuencia, que permite obtener el número de personas que respondieron a las cinco posibilidades por afirmación.

Resultado Funcionalidades de la Aplicación Móvil

En el siguiente Cuadro 5.7 indica cuantas personas han respondido a las cinco posibilidades por afirmación acerca de las funcionalidades de la aplicación móvil. Se destaca

que en su mayoría ha respondido que se siente totalmente de acuerdo con cada una de las afirmaciones. Esto quiere decir que la aplicación responde de buena manera a las funcionalidades del sistema de cada uno de los usuarios. Como por ejemplo en la consulta hacia el servidor responden de buena manera y en la visualización de la información en cada uno de los procesos implementados.

Cuadro 5.7: Resultados de frecuencias por afirmaciones en funcionalidades.

Satisfacción/Afirmación	A	B	C	D	E	F	G	H	Total
Totalmente de acuerdo	7	6	7	7	7	7	7	7	55
De acuerdo	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
En desacuerdo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totalmente en desacuerdo	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Para ilustrar de mejor manera. En la Figura 5.1 indica que el grupo de usuarios seleccionados en probar la aplicación tuvo casi en su totalidad un excelente desempeño con las funciones implementadas. Para este estudio corresponde que la aplicación móvil responde satisfactoriamente en todas sus funciones implementadas.

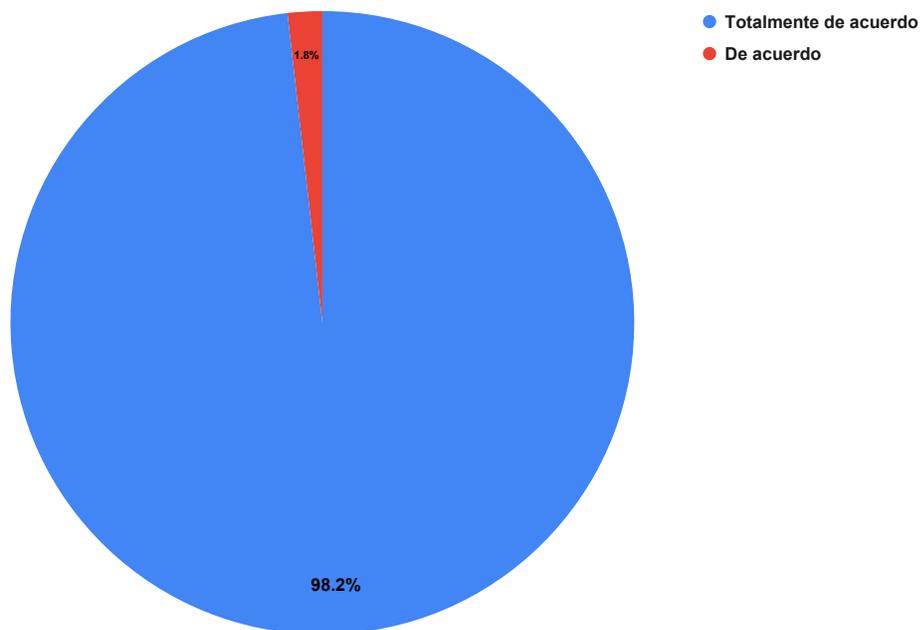


Figura 5.1: Composición total de elementos en funcionalidades aplicación móvil.

Resultado Apreciación de la Aplicación Móvil

En el siguiente Cuadro 5.8 indica cuántas personas le ha parecido la facilidad de uso y utilidad de la aplicación.

Se destaca que no cumple satisfactoriamente en su totalidad en relación con la sección de funcionalidad. Pero tampoco existe una tendencia de opciones negativa, por lo que se puede concluir que existen usuarios que tienden a un mayor grado de exigencia cuando se trata con la apreciación de la interfaz de usuario especialmente al consultar por la capacidad intuitiva de la aplicación.

Aunque se debe destacar que la mayoría de las personas responden de buena manera y entienden de qué se trata la aplicación a primera vista.

Cuadro 5.8: Resultados de frecuencias por afirmaciones en apreciación.

Satisfacción/Afirmación	A	B	C	D	E	Total
Totalmente de acuerdo	4	2	4	3	5	18
De acuerdo	2	3	3	4	1	13
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	1	0	0	0	1	2
En desacuerdo	0	2	0	0	0	2
Totalmente en desacuerdo	0	0	0	0	0	0

Para demostrar, en la Figura 5.2 los resultados no fueron sesgados hacia una opción como fue el caso de las funcionalidades. En la apreciación los resultados fueron distribuidos de tal forma que no hubo sesgo y no se puede concluir fuertemente.

Existe una tendencia en estar de acuerdo y totalmente de acuerdo con la apreciación. Pero existen datos que no están de acuerdo y neutrales de algunas afirmaciones. Por lo que se puede concluir que existe una disposición neutral acerca de la apreciación de la aplicación móvil.

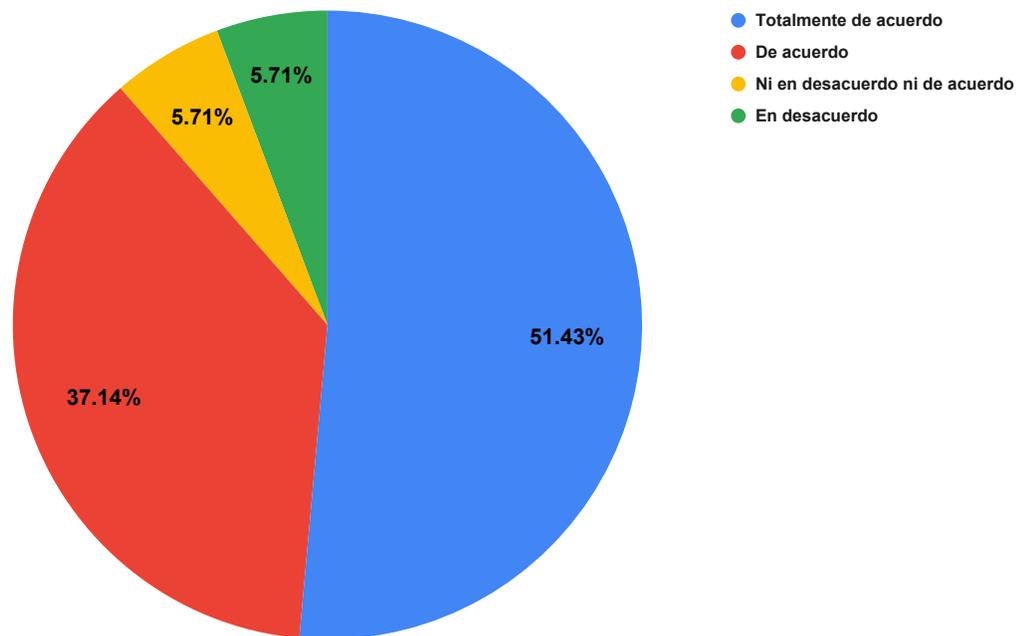


Figura 5.2: Composición total de elementos en apreciación aplicación móvil.

Resultado Aplicación Web

Los resultados obtenidos en el caso de la aplicación web corresponden a una encuesta elaborada a tres personas que posean una experiencia en el ámbito laboral. Específicamente haber tenido una experiencia de administración o manejo de datos a lo largo de su experiencia ya sea en huertos o poseer algún tipo de experiencia en viñedos.

El medio por el cual deben probar la aplicación como indica el protocolo es a través de un explorador desde un computador personal.

Al igual que la encuesta de la aplicación móvil, se requiere obtener un resultado global. Con la ayuda de la escala de Likert permite realizar y estudiar los resultados.

Resultado de Funcionalidades de la Aplicación Web

En el Cuadro 5.9 indica cuántas personas han respondido a las cinco posibilidades acerca del funcionamiento de la aplicación web.

Se destaca que en su mayoría ha respondido positivamente a las funcionalidades implementadas en el sistema. Es decir, que las funciones implementadas funcionan correcta-

mente. Las funcionalidades que se destacan son la generación de código QR e impresión de este. Como también, la gestión de imágenes por proceso.

Cuadro 5.9: Resultados de frecuencias por afirmaciones en funcionalidades aplicación web.

Satisfacción/Afirmación	A	B	C	D	Total
Totalmente de acuerdo	3	3	3	1	10
De acuerdo	0	0	0	2	2
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	0	0	0	0	0
En desacuerdo	0	0	0	0	0
Totalmente en desacuerdo	0	0	0	0	0

Para ilustrar de mejor manera en la Figura 5.3 indica que el grupo de usuarios seleccionados en probar la aplicación tuvo en su mayoría un excelente desempeño con las funcionalidades implementadas. Se puede concluir que la aplicación web responde satisfactoriamente en todas sus funciones implementadas.

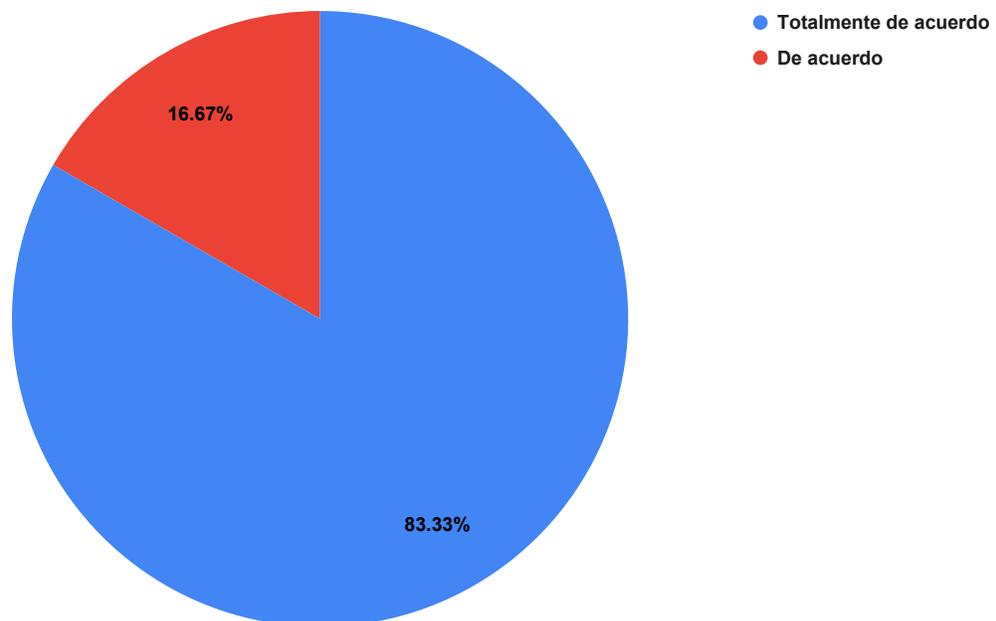


Figura 5.3: Composición total de elementos en funcionalidades aplicación web.

Resultado de Apreciación de la Aplicación Web

En el Cuadro 5.10 indica cuántas personas les ha parecido la facilidad de uso y utilidad de la aplicación.

Se destaca que cumple en buena medida los elementos añadidos en la aplicación. Se puede inferir que los usuarios están de acuerdo en su mayoría con la apreciación de la interfaz de usuario y la distribución de componentes en la página.

Cuadro 5.10: Resultados de frecuencia en apreciación de la aplicación web.

Satisfacción/Afirmación	A	B	C	D	E	Total
Totalmente de acuerdo	2	0	0	0	3	5
De acuerdo	1	3	3	1	0	8
Ni en desacuerdo ni de acuerdo	0	0	0	2	0	2
En desacuerdo	0	0	0	0	0	0
Totalmente en desacuerdo	0	0	0	0	0	0

Para ilustrar, en la Figura 5.4 indica que los resultados fueron orientados hacia opciones positivas y neutrales. Pero al ser el universo que prueba la aplicación web muy disminuida, se puede concluir que existe una disposición neutral de la apreciación de la aplicación web.

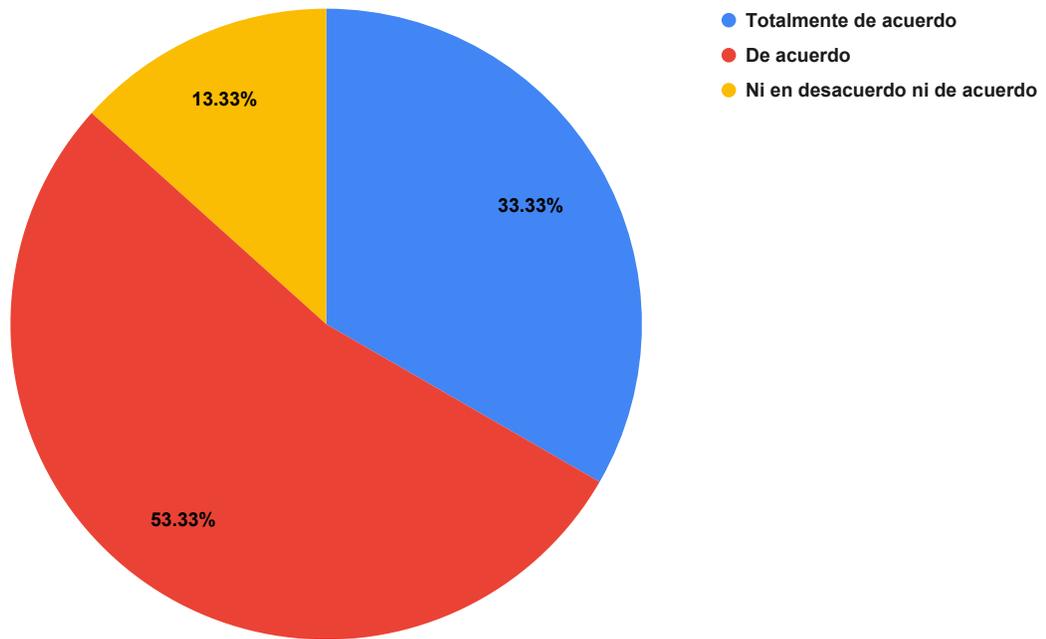


Figura 5.4: Composición total de elementos en apreciación aplicación web.

6. Conclusiones

En este capítulo se describe los resultados obtenidos por la realización de este proyecto. Además, se alude al trabajo futuro que es posible llevar a cabo con la propuesta.

6.1. Discusión

En el presente proyecto de memoria de titulación es diseñado e implementado un sistema integrado que permite visualizar los procesos de producción de elaboración del vino por medio de dispositivos IoT, que permite la captura de los datos. Además, se desarrolla un controlador que crea una cadena de valor permitiendo conocer los datos históricos de los procesos productivos del vino dentro de una viña conocida como trazabilidad. El sistema permite almacenar la información de manera centralizada gracias a un servidor web. Junto a ello, la información se puede visualizar por medio de internet a través de una aplicación web y de una aplicación móvil.

Haciendo uso de patrones de diseño y arquitectura, las cuales cubren las funcionalidades del sistema, es posible la implementación de un modelo escalable e independiente de acuerdo con la tecnología a desarrollar. El prototipo obtenido como resultado del desarrollo es útil para evaluar los objetivos propuestos en el proyecto.

Con respecto a los objetivos planteados como parte de este documento, se afirma que son satisfechos. Para mayor detalle,

- *Brindar una herramienta que permita emitir datos desde el ambiente físico a un sistema centralizado:* Esto es realizado en el Capítulo 3 y 4, donde se define el diseño de la arquitectura y la implementación respectivamente, que abarca las iteraciones para el desarrollo de dispositivos IoT y controlador Python.

- *Disminuir las latencias de los sistemas de comunicación:* Este objetivo es implementado en el Capítulo 4 donde se decide ocupar la tecnología de comunicación serial y centralizar la información en el controlador. También es señalado el uso de codificación de imágenes para que no exista una doble petición para el elemento de imagen en el dispositivo móvil.
- *Incrementar la seguridad y confiabilidad de los datos generados:* Este objetivo es implementado en el Capítulo 4 donde se explica en el despliegue de la aplicación, se implementan técnicas de análisis de seguridad y se refuerzan para que los datos no sean vulnerables.
- *Visualizar un esquema básico de los datos vía web a través de una aplicación móvil:* Este objetivo es diseñado en el Capítulo 3 y 4, donde se explica la forma en que los datos son consultados a través del diseño del sistema.
- *Aplicar una metodología de desarrollo de software para la construcción del sistema:* La descripción de la metodología de desarrollo de software se mencionan en el Capítulo 2, siguiendo con el detalle de la aplicación de la metodología en el Capítulo 3 describiendo los pasos que se aplica la metodología para el desarrollo del sistema.
- *Aplicar una metodología de evaluación en el sistema para la determinación de la efectividad del correcto funcionamiento del proyecto:* La descripción de la metodología de evaluación se detalla en el Capítulo 2. Además, para visualizar como se aplica esta metodología dentro de la implementación es mencionada en los Capítulos 3 y 4. Finalmente, los resultados son ilustrados en el Capítulo 5.

Dado que los objetivos específicos son cumplidos, se puede inferir que el objetivo general el cual ilustra lo siguiente: *Aumentar el índice de trazabilidad de los procesos de producción de las materias primas del vino, a través de una aplicación móvil y la interacción de dispositivos IoT con el sistema web que entreguen valor agregado al producto de acuerdo a las normas; ISO 22000, HACCP, GLOBAL G.A.P. que aseguran la seguridad de este.* Luego de analizar los resultados obtenidos en la evaluación del sistema web y móvil, se puede deducir que se cumple con las características funcionales para lograr el objetivo general propuesto. Al haber una mayoría que está totalmente de acuerdo con las características funcionales que ofrece tanto la aplicación móvil con un 96.2% de aceptación total como la plataforma web que da un 83.33% de aceptación total.

Dado a lo anterior el objetivo general es cumplido, ya que el sistema registra cada una de las etapas de los procesos de producción de la materia prima del vino, abarcando áreas como IoT, plataforma web y móvil. También, explorando las tecnologías de comunicación para disminuir latencias y almacenar la información en una arquitectura centralizada para asegurar la seguridad y confiabilidad de los datos. Todo lo anterior se realiza aplicando una metodología de desarrollo ágil junto a una metodología de evaluación adecuada para el conocimiento de feedback de usuarios y crear refinamiento para futuras versiones.

Respecto al desarrollo realizado, el producto obtenido cuenta con las siguientes funcionalidades de acuerdo a las tres tecnologías implementadas:

6.1.1. Tecnología IoT

- Captura de datos por medio de sensores: permite obtener el valor de los sensores implementados en los múltiples microcontroladores. Además es implementado el envío de información a un controlador que permite almacenar datos en el sistema web.
- Creación de algoritmo de trazabilidad: es la forma en que los procesos plasmados en cada uno de los microcontroladores son relacionados, creando una cadena de valor que permite consultar el trazado de los registros.
- Almacenamiento de datos de los procesos: por medio del controlador se utiliza las funciones para almacenar los datos en un sistema web por medio de una dirección ocupando el protocolo HTTP para realizar dicha tarea.

6.1.2. Tecnología Web

- Generación de código QR: funcionalidad que permite generar un código QR a través del proceso de carga. El código está asociada a una dirección que consulta a la API implementada.
- Visualización de procesos: permite visualizar los datos capturados de los dispositivos IoT, visualizando de manera de informa con la opción de exportar estos informes como también en la visualización en modo de gráfico en el sistema web.
- Gestión de imágenes: funcionalidad que permite asociar imágenes por cada proceso de producción de un viñedo. Permitiendo que las imágenes sean codificadas de tal

manera que se pueda insertar en la consulta de la API.

- Creación de API: permite implementar rutas que están asociadas a funciones cuando se requiera utilizar en otro programa por medio de funciones HTTP.

6.1.3. Tecnología Móvil

- Captura y lectura de código: Funcionalidad que es implementadas por dos opciones. La primera opción es por medio de la captura de un código QR por medio del uso de la cámara del dispositivo y la segunda es realizada por el uso del teclado del dispositivo añadiendo el código de formato texto al campo de texto de la aplicación.
- Visualización de los procesos: Permite consumir la API del sistema web visualizando los resultados asociado al código capturado de los procesos de producción de vino.

Como es ilustrado en el Capítulo 5, la aceptación realizada a través de la prueba de usabilidad usando la escala de Likert tanto para la aplicación web y de la aplicación móvil presentan niveles favorables de aceptación.

Además, de las pruebas de caja negra realizadas a la aplicación web y móvil cumplen favorablemente con la implementación de estas. Destacando que este tipo de pruebas es asociada directamente con las historias de usuarios implementadas. Para concluir, es posible afirmar que el sistema desarrollado satisface los objetivos planteados en la memoria.

6.2. Lecciones Aprendidas

Dado que los productos industriales como es el caso la elaboración del vino, presentan en algunos casos muchos procesos asociados. Además, se agrega que la cantidad de personas involucradas hace más compleja la captura de información porque comprometen la manipulación de datos por medio de acciones humanas. Se trabaja con los procesos donde se tienen un valor agregado al momento de transparentar los datos y democratizar la información. Tratando de aportar de alguna manera a agregar confianza a los consumidores, ya que pueden visualizar los datos de los procesos de elaboración del vino. Esta información es importante en varios aspectos, como son las normativas de ingreso de producto en varios países, ya que es solicitado un registro de los datos de elaboración del producto para que puedan ser importados.

El segundo aspecto destacado, es el desarrollo de este sistema. Ya que es compuesto por tres tecnologías que deben interactuar entre sí. Para esto es sumamente necesario seguir los patrones de diseño de las tecnologías utilizadas, que ayudan a simplificar el desarrollo de funcionalidades. Permite añadir características escalables que a futuro se pueden añadir más funcionalidades.

Con respecto a la metodología de desarrollo ha demostrado que se realiza positivamente, destacando los tiempos de desarrollo que cumplen con el calendario. Para esto es destacada la herramienta de gestión de proyecto utilizada que permite el uso de recordatorios para desarrollar en un tiempo adecuado.

En relación con las metodologías de evaluación usadas en este proyecto se realizan de buena manera, ayudando a visualizar los puntos débiles y fuertes del sistema. Como por ejemplo, las pruebas de cajas negras aplicadas y de usabilidad.

6.3. Trabajo Futuro

El desarrollo de este proyecto en la parte de captura de datos es realizado mediante simulación. Por este motivo es posible pensar en la implementación en un ambiente físico incluyendo más procesos como es el caso del tratamiento de vino que involucraría más acciones de personas. En este sentido es posible que el trabajo en esta área se utilice tecnologías de comunicación que se pueda ocupar en amplios rangos. Se debe abarcar también en el uso de alimentación de energía en terrenos para que los dispositivos funcionen correctamente. En los que corresponde a envío de información se puede ocupar alternativas como son las antenas LoRa que permiten la comunicación entre circuitos a grandes distancias, perfectos para el uso en los predios de las viñas. También el uso de gps en cada uno de los dispositivos Arduino para obtener su ubicación exacta.

Lo que corresponde al sistema web se puede pensar en crear roles de usuarios para que tengan distintas funciones dentro de la aplicación web. Además, en lo que corresponde a seguridad, se puede aumentar agregando cifrado usando un certificado SSL/TLS que permite la encriptación de los datos haciendo que la dirección url tenga habilitado el protocolo HTTPS. Otra características que se puede agregar es la información de los dispositivos móviles que ocupan la aplicación móvil, permitiendo obtener información de los usuarios.

En el sistema móvil se puede implementar el compartir información por redes sociales. También con la implementación de mapas para visualizar geográficamente los sensores

dentro de la viña.

Bibliografía

- [1] International Dynamic Advisors. Protocolo global g.a.p. <https://www.intedya.com/internacional/49/consultoria-protocolo-global-gap.html>, 2014.
- [2] Ericsson Latin America. Ericsson entrega mayor eficiencia a vinicultores a través de tecnología iot. <https://www.ericsson.com/4a8022/assets/content/4d0965ef6ebc4cb3abb8464d81ac7ab7/2015-10-22-myomega-es.pdf>, 2015.
- [3] Descubre Arduino. ¿qué es el lenguaje arduino? explicación de la programación de placas arduino. <https://descubrearduino.com/lenguaje-arduino/>, 2014.
- [4] GS1 Argentina. El valor y los beneficios del sistema de estándar gs1. https://www.gs1.org.ar/documentos/ESTANDARES_GS1_BENEFICIOS.pdf.
- [5] S A Asri, I G A M Sunaya, E Rudiastari, and W Setiawan. Web based information system for job training activities using personal extreme programming(xp). In IOP Conf. Series: Journal of Physics:Conf. Series 953, editor, *The 2nd International Joint Conference on Science Technology (IJCST)*, 2018.
- [6] Arturo Barrera. Aplicaciones híbridas: ¿qué son y cómo usarlas? <https://www.nextu.com/blog/aplicaciones-hibridas-que-son-y-como-usarlas/>.
- [7] Claudia Benavides. Identificación y trazabilidad en iso 9001:2015. <https://calidadparapymes.com/identificacion-y-trazabilidad-en-iso-90012015/>, 2018.
- [8] Cytron Technologies Sdn. Bhd. *Product User's Manual - HC-SR04 Ultrasonic Sensor*, 2013.

- [9] Carlos Blanco Bueno. Construcción y pruebas de software. In Universidad de Cantabria, editor, *Ingeniería del Software II*.
- [10] Vinos de Chile. Aporte del vino a la economía y desarrollo de Chile. <https://www.winesofchile.org/chile-vitivinicola/aporte-del-vino-a-la-economia-y-desarrollo-de-chile/#:~:text=La%20industria%20vitivin%C3%ADcola%20es%20una,pago%20de%20IVA%20e%20ILA,2020>.
- [11] Yanirys Montes de Oca Hernández and Yuliesky Brito Díaz. La gestión de información de trámites protocolizables complejos. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2012b/1232/tecnologias-web.html>, 2012.
- [12] Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI). Auditoría automatizada de trazabilidad vitivinícola. In Naturales y Agrimensura (UNNE) Facultad de Ciencias Exactas, editor, *XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, 2018.
- [13] José Luis del Val Román. Industria 4.0: la transformación digital de la industria. In CODDII, editor, *Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática*, 2016.
- [14] Jose Tomas Vergara Diaz. *Manuel Simulador Arduino con Proteus*.
- [15] Eduardo Palú Garcia. Iso 22000 nuevo estándar mundial de seguridad alimentaria. Technical report, SGS, 2005.
- [16] DNV GL. My story, una solución de aseguramiento basada en blockchain. <https://www.dnvgl.es/services/my-story-una-solucion-de-aseguramiento-digital-basada-en-blockchain--141277>.
- [17] Nicolas GOILAV and Geoffrey LOI. *Arduino: Aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes*. Editions ENI, 2016.
- [18] Teresa Gomez-Diaz. Software libre, software de código abierto, licencias. donde se propone un procedimiento de distribución de software y datos de investigación. *CNRS, Université Paris-Est, Laboratoire d'informatique Gaspard-Monge*, 1(3), 2015.
- [19] Gareth Halfacree. *The official Raspberry Pi Beginner's Guide How to use your new computer*. Raspberry Pi Trading Ltd, Station Road, Cambridge, CB1 2JH, 2018.

- [20] Melissa Hammond. Escala de likert: qué es y cómo utilizarla. <https://blog.hubspot.es/service/escala-likert>, 2021.
- [21] Hostalia. Laravel, un framework de php.
- [22] IBM. About ibm food trust. <https://www.ibm.com/downloads/cas/8QABQBDR>.
- [23] IBM. Mobile technology. <https://www.ibm.com/topics/mobile-technology#:~:text=Mobile%20technology%20is%20technology%20that,like%20smartphones%2C%20tablets%20and%20watches.>, 2020.
- [24] Ingeniería Electrónica Instituto Tecnológico de Querpetaro. Comunicaciones digitales: Protocolos seriales (uc). http://www.itq.edu.mx/carreras/IngElectronica/archivos_contenido/Apuntes%20de%20materias/ETD1022_Microcontroladores/4_SerialCom.pdf.
- [25] Pablo Lacoste. El vino y la nueva identidad de chile. *Universum*, 20(2), 2005.
- [26] Oriol Llauradó. La escala de likert: qué es y cómo se utiliza. <https://www.netquest.com/blog/es/la-escala-de-likert-que-es-y-como-utilizarla>, 2014.
- [27] Hans Henrik Løvengreen. Processes, thread and tasks. 2020.
- [28] Kiara Navarro. Python + arduino - comunicación serial. <http://panamahitek.com/python-arduino-comunicacion-serial/>, 2015.
- [29] Oracle. ¿qué es iot? <https://www.oracle.com/cl/internet-of-things/what-is-iot/>.
- [30] Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria(ACHIPIA). *Guía para el diseño, desarrollo e implementación del Sistema de Analisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control en establecimientos de alimentos HACCP*.
- [31] Cong Tung Phan. Developing a hybrid mobile application with ionic. Master's thesis, Lahti University of Applied Sciences, 2018.
- [32] Roger S. Pressman. *Ingeniería del Software. Un Enfoque Práctico*. McGraw-Hill, 2010.
- [33] QODE. ¿qué es una app nativa? <https://www.qode.pro/blog/que-es-una-app-nativa/>, 2014.

- [34] Milton Mauricio Herrera Ramírez and Javier Arturo Orjuela Castro. Perspectiva de trazabilidad en la cadena de suministros de frutas: un enfoque desde la dinámica de sistemas. *Redalyc, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia*, 19(2), 2014.
- [35] Mónica Mena Roa. Android e ios dominan el mercado de los smartphones. <https://es.statista.com/grafico/18920/cuota-de-mercado-mundial-de-smartphones-por-sistema-operativo/>, 2020.
- [36] Sparkfun. Load cell amplifier hx711 breakout hookup guide. <https://learn.sparkfun.com/tutorials/load-cell-amplifier-hx711-breakout-hookup-guide>.
- [37] Peter Späth. *Pro Android with Kotlin: Developing Modern Mobile Apps*. Apress Media LLC, 2018.
- [38] Randy Varela. Qué es ionic y todas sus ventajas. <https://www.randyvarela.es/ionic-definicion-ventajas/>, 2019.

ANEXOS

A. Pruebas

En este apéndice se presentan las pruebas de caja negra restantes y el detalle de las pruebas de usabilidad del Capítulo de Pruebas.

A.1. Pruebas de Caja Negra

El Cuadro A.1 muestra el resumen del proceso de almacén. Se destaca que cuando esta funcionalidad se realiza exitosamente se genera un gráfico de temperatura y humedad.

Cuadro A.1: Caja negra - visualizar resumen almacén.

Código:	T003	
Descripción:	Resumen de los datos capturados por dispositivos IoT de la almacén.	
Entradas	Salida esperada	Salida obtenida

<ul style="list-style-type: none"> ■ Selección Tarjeta resumen de Almacén en la ventana de Sistema de Trazabilidad asociado al código obtenido en la ventana de inicio. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Resumen en formato de gráfico del historial de datos de temperatura y humedad de almacén. ■ Imagen del proceso almacén almacenada en el sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Resumen en formato de gráfico de barra y lineal del historial de datos de temperatura y humedad. ■ Opción de gráfico para visualizar temperatura o humedad, o ambas. ■ Imagen de la almacén guardado en el sistema.
<p>Comentarios:</p>	<p>En caso de no subir imagen en el sistema web no se visualiza en el dispositivo móvil.</p>	

El Cuadro A.2 muestra el resumen del proceso de descarga. Se destaca que cuando esta funcionalidad se realiza exitosamente se genera un gráfico de distancia de estacionamiento de carro. Además, se visualiza una imagen asociada a este proceso generado por el administrador en el sitio web.

Cuadro A.2: Caja negra - visualizar resumen descarga.

<p>Código:</p>	<p>T004</p>	
<p>Descripción:</p>	<p>Resumen de los datos capturados por dispositivos IoT del módulo descarga.</p>	
<p>Entradas</p>	<p>Salida esperada</p>	<p>Salida obtenida</p>

<ul style="list-style-type: none"> ■ Selección Tarjeta resumen de Descarga en la ventana de Sistema de Trazabilidad asociado al código obtenido en la ventana de inicio. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Resumen en formato de gráfico del historial de datos de distancia de estacionamiento de carro de descarga. ■ Cantidad de descargas realizadas en el almacén. ■ Imagen de descarga. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Resumen en formato de gráfico del historial de distancia de estacionamiento de carro de descarga. ■ Opción para el cambio de gráfico lineal o barra para la visualización de datos. ■ Imagen de la descarga guardada en el sistema.
<p>Comentarios:</p>	<p>En caso de no subir imagen de descarga, no se visualiza en la aplicación móvil.</p>	

El Cuadro A.3 muestra el detalle de la carga. Se destaca que cuando esta funcionalidad se realiza exitosamente se visualiza el valor de peso de una bandeja de uva que se captura en el campo, al momento de la cosecha. Además, se asocia una imagen genérica de este proceso desde el sistema web.

Cuadro A.3: Caja negra - visualizar proceso de carga.

<p>Código:</p>	<p>T005</p>	
<p>Descripción:</p>	<p>Visualización de datos capturados por sensores en el dispositivo IoT en el módulo de carga.</p>	
<p>Entradas</p>	<p>Salida esperada</p>	<p>Salida obtenida</p>

<ul style="list-style-type: none"> ■ Selección tarjeta resumen de Carga en la ventana de Sistema de Trazabilidad asociado al código obtenido en la ventana de inicio. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Visualización de la fecha de captura del dispositivo al momento de capturar la carga la fruta. ■ Visualización del peso de la carga de fruta. ■ Imagen de carga. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Visualización fecha en formato DD/M-M/YYYY y de la hora exacta donde el sensor captura la pesa. ■ Visualización del valor del peso en kg de la carga de fruta. ■ Imagen genérica de la carga de fruta en el carro.
<p>Comentarios:</p>	<p>En caso de no subir imagen de carga en el sistema web. Se visualiza una imagen genérica del proceso de carga en la aplicación móvil.</p>	

El Cuadro A.4 muestra la descripción del predio. Se destaca que cuando esta funcionalidad se realiza exitosamente se visualiza las características del predio donde la fruta es cosechada como también el tipo de vino que se procesa en el predio. Además, se muestra la ubicación del predio y una imagen asociada de este.

Cuadro A.4: Caja negra - visualizar datos de predio.

Código:	T007	
Descripción:	Visualización de información capturada en el dispositivo IoT en el módulo de datos estáticos del predio.	
Entradas	Salida esperada	Salida obtenida

<ul style="list-style-type: none"> ■ Selección tarjeta resumen de Predio en la ventana de Sistema de Trazabilidad asociado al código obtenido en la ventana de inicio. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Descripción general del predio. ■ Detalle de las características de vino que se produce en el predio. ■ Locación del predio. ■ Imagen general del predio. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Nombre de predio y descripción general de este. ■ Visualización de los tipos de vino que se produce en el predio. ■ Detalle de la ubicación del predio. ■ Imagen general del predio obtenida del sistema web.
<p>Comentarios:</p>	<p>En caso de no subir imagen del predio en el sistema web. Se visualiza una imagen genérica del predio en la aplicación móvil.</p>	

El Cuadro A.5 muestra la descripción de la viña. Se destaca que cuando esta funcionalidad se realiza exitosamente se visualiza la descripción de la viña, como es el caso de su ubicación y características generales de esta. Además se puede visualizar una imagen característica o logo de la viña.

Cuadro A.5: Caja negra - visualizar datos de viña.

<p>Código:</p>	<p>T008</p>	
<p>Descripción:</p>	<p>Visualización de información capturada en el dispositivo IoT en el módulo de datos estáticos de viña.</p>	
<p>Entradas</p>	<p>Salida esperada</p>	<p>Salida obtenida</p>

<ul style="list-style-type: none"> ■ Selección tarjeta resumen de Viña en la ventana de Sistema de Trazabilidad asociado al código obtenido en la ventana de inicio. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Descripción general de la viña. ■ Nombre de la viña. ■ Ubicación de la viña. ■ Imagen característica o logo de la viña. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Descripción general de la viña. ■ Nombre de la viña. ■ Ubicación formato, calle, ciudad y país de la viña. ■ Logo de la viña.
<p>Comentarios:</p>	<p>En caso de no subir imagen de viña o logo de la empresa de viñedo en el sistema web, no se visualiza una imagen de la viña en la aplicación móvil.</p>	

A.2. Resultados de Pruebas de Usabilidad

En este anexo se presentan los resultados de cada uno de los usuarios que realizaron las pruebas de usabilidad para la aplicación web y móvil.

Para comprender de mejor manera los resultados obtenidos, se reemplaza el texto de las opciones por los valores numéricos que representan a cada uno de ellas.

- 5 = Totalmente de acuerdo.
- 4 = De acuerdo.
- 3 = Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- 2 = En desacuerdo.
- 1 = Totalmente en desacuerdo.

A.2.1. Formulario Aplicación Movil

En esta sección se presenta el formulario utilizado para llevar a cabo la prueba de usabilidad de la aplicación móvil.

Datos Generales

- A.- Edad.
- B.- Género.
- C.- Ocupación.
- D.- ¿Tiene relación o conoce cómo es el proceso de producción del vino?.
- E.- ¿Qué tipo de red usa actualmente en dispositivo móvil?

Datos Sobre la Aplicación

Esta sección se obtiene los datos acerca de las funcionalidades de la aplicación en los dispositivos móviles. La encuesta se aplica usando la escala de Likert.

- A.- La aplicación es capaz de usar la cámara para leer código QR para consultar los procesos de producción.
- B.- La aplicación es capaz de usar el campo de texto para consultar los procesos de producción.
- C.- La aplicación se mantiene activa al momento de minimizar y volver de nuevo.
- D.- La aplicación permite ver el detalle del proceso de Viña y Predio. Se carga con su imagen y descripción en ambas.
- E.- La aplicación permite ver el detalle del proceso de Cosecha y Carga. Se carga con su imagen y descripción en ambas.
- F.- La aplicación permite ver el detalle del proceso de Descarga, Almacén y Bodega. Se carga con su imagen y gráfico
- G.- En el gráfico de almacén, es posible cambiar el formato de gráfico y su visualización.
- H.- En el gráfico de bodega, es posible cambiar el formato de gráfico y su visualización.

Apreciación de la Aplicación

Esta sección se obtienen los datos de la apreciación de la aplicación. Se aplica la escala de Likert para analizar los resultados.

- A.- La aplicación es fácil de usar.
- B.- La interfaz de la aplicación es intuitiva.
- C.- El procedimiento para cargar los resúmenes de los procesos es comprensible.
- D.- La cantidad de información por detalle de los procesos en la aplicación es suficiente.
- E.- La aplicación cumple con su funcionalidad en visualizar las etapas de proceso de producción del vino.

Comentarios de la Aplicación Móvil

- A.- ¿Presentó algún error en la instalación o carga de la aplicación (demora, pantalla blanca, mensaje de error de Android)?
- B.- ¿Qué cambios o mejoras haría usted a la aplicación?
- C.- ¿Utilizaría usted la aplicación para poder ver los procesos de producción del vino si tuviera el código QR en una botella de vino?

A.2.2. Formulario Página Web

En esta sección se presenta el formulario aplicado hacia la aplicación web, que es parte de la administración del sistema.

Datos Generales

- A.- Nombre.
- B.- Edad.
- C.- Profesión.
- D.- ¿Tiene relación o conoce cómo es el proceso de producción del vino?

Datos Sobre el Sistema Web

Esta sección se consulta sobre las funcionalidades implementadas en el sistema web del sistema. Es aplicada la escala de Likert para el análisis de resultados.

- A.- La aplicación es capaz de visualizar informes de Bodega, Almacén y Descarga.
- B.- La aplicación es capaz de descargar los informes de Bodega, Almacén y Descarga en los formatos PDF, CSV y EXCEL.
- C.- La aplicación es capaz de generar código QR a partir de una Carga seleccionada. Fue posible poder imprimir o descargar como PDF el dicho código.
- D.- La aplicación es capaz de gestionar imágenes por procesos (cargar y eliminar).

Apreciación de la Página Web

Esta sección se consulta sobre la apreciación que tienen los usuarios de la página web. Es aplicada la escala de Likert para el análisis de resultados.

- A.- La aplicación web es fácil de usar.
- B.- La interfaz de usuario es intuitiva.
- C.- La cantidad de información por reporte en los informes es suficiente.
- D.- Fue fácil de usar la gestión de imágenes por proceso.
- E.- La aplicación cumple con su funcionalidad de generar códigos QR a partir de su carga para ser usado en la captura de dispositivos móviles.

Comentarios de la Aplicación Web

- A.- ¿Presentó algún error en la carga de los procesos de Bodega, Almacén, Bodega y Carga?
- B.- ¿Qué cambios o mejoras haría usted a la aplicación web?
- C.- ¿Utilizaría usted la aplicación web para poder ver reportes de información capturada, gráficos, gestión de imágenes y generación de código QR para visualizar trazabilidad de los procesos de producción del vino?

A.2.3. Respuestas Aplicación Móvil

Datos Generales

Cuadro A.6: Resultados datos generales de los usuarios.

Participante	A	B	C	D	E
1	26	Masculino	Estudiante	Algo	Wifi
2	23	Masculino	N/A	Algo	Wifi
3	21	Masculino	Estudiante	Algo	Wifi
4	25	Masculino	Estudiante	Algo, Nada	WiFi, Celular
5	23	Masculino	Estudiante	Algo	Celular
6	27	Masculino	Estudiante	Si	Wifi
7	27	Masculino	Ingeniero en software	Algo	Wifi

Datos Sobre la Aplicación

Cuadro A.7: Resultados datos sobre funcionalidades aplicación móvil por usuario.

Participante	A	B	C	D	E	F	G	H	Total	Moda	Promedio	% Satisfacción
1	5	5	5	5	5	5	5	5	40	5	5	100 %
2	5	5	5	5	5	5	5	5	40	5	5	100 %
3	5	5	5	5	5	5	5	5	40	5	5	100 %
4	5	5	5	5	5	5	5	5	40	5	5	100 %
5	5	5	5	5	5	5	5	5	40	5	5	100 %
6	5	4	5	5	5	5	5	5	39	5	4.875	97.5 %
7	5	5	5	5	5	5	5	5	40	5	5	100 %

Apreciación de la Aplicación

Cuadro A.8: Resultados datos sobre la apreciación de la aplicación móvil por usuario.

Participante	A	B	C	D	E	Total	Moda	Promedio	% Satisfacción
1	3	2	4	4	5	18	4	3.6	72.0 %
2	5	4	4	5	5	23	5	4.6	92.0 %
3	5	5	5	4	5	24	5	4.8	96.0 %
4	4	2	4	4	3	17	4	3.4	68.0 %
5	5	4	5	5	5	24	5	4.8	96.0 %
6	4	4	5	4	4	21	4	4.2	84.0 %
7	5	5	5	5	5	25	5	5	100.0 %

Comentarios de la Aplicación Móvil

Cuadro A.9: Comentarios de la aplicación móvil realizados por usuarios.

Participante	A	B	C
1	La vista carga sin las imágenes al comienzo en Datos de Carga muestra 2 imágenes	Colores de fuente, de módulos, botones que hagan más intuitivo la acción de tener que presionar para ver más, una lupa por ejemplo al lado derecho de cada módulo	A veces
2	Ningún error.	Los colores de la aplicación podrían ser más consistentes (Ejemplo, los títulos de las tarjetas algunas palabras poseen negrita y otras tarjetas no) y un poco menos llamativos.	Si
3	Nada	Agregar botón o indicación "presione para más info." en la pantalla principal el cual indique que hay más información disponible después de los datos presentados.	A veces
4	Ninguno	Mejoras en la interfaz, por ej pensé que el carrusel de la página principal era una imagen estática, ya que no me salía ningún indicador visual para deslizar mi dedo para ver la otra imagen. Tampoco sabía a que código se refería la caja de texto. En el apartado de "sistema de trazabilidad" luego de escanear, cambiaría los colores degradados en colores estáticos, ya que no se distinguen los datos de fecha de captura. Mayor información en los gráficos, ya que no sé que números representan.	Si
5	todo funciona correctamente.	en datos de cosecha en la parte de las tarjetas de humedad falta algún logo que permita saber al usuario que puedo cambiar de imagen obteniendo la humedad y temperatura.	Si
6	Negativo. Es fluida	Cambios en el color. Quizás utilizar una paleta de colores.	A veces
7	No hubo errores	Algunos esquemas de colores hacen que algunos textos del menú sean algo difíciles de leer, agregar un esquema de color más estándar o la posibilidad de cambiar de tema. En los gráficos, ambos extremos me mostraban la fecha del gráfico en vez de la hora, lo cual me pareció algo inconsistente.	Si

A.2.4. Respuestas Aplicación Web

Datos Generales

Cuadro A.10: Datos generales de los usuarios que realizan la prueba.

Participante	A	B	C	D
1	Hernán	35	Veterinario	Si
2	Ricardo	36	Agricultor	Algo
3	Juan	25	Estudiante	Nada

Datos Sobre las Funcionalidades de la Aplicación Web

Cuadro A.11: Resultados datos sobre funcionalidades aplicación web por usuario.

Participante	A	B	C	D	Total	Moda	Promedio	% Satisfacción
1	5	5	5	4	19	5	4.75	95.0%
2	5	5	5	4	19	5	4.75	95.0%
3	5	5	5	5	20	5	5	100%

Apreciación de la Aplicación

Cuadro A.12: Resultados datos sobre la apreciación de la aplicación web por usuario.

Participante	A	B	C	D	E	Total	Moda	Promedio	% Satisfacción
1	4	4	4	4	5	18	4	3.6	72.0%
2	5	4	4	3	5	23	5	4.6	92.0%
3	5	4	4	3	5	24	5	4.8	96.0%

Comentarios de la Aplicación Web

Cuadro A.13: Comentarios de la aplicación web realizados por usuarios.

Participante	A	B	C
1	No	Al subir imágenes se demora.	Si
2	Ninguno	la subida de imágenes es muy lenta	Si
3	Ninguno	la subida de imágenes, agregar información adicional.	Si

B. Interfaces del sistema

En este apéndice se presentan las vistas que componen la interfaz de la aplicación móvil, web y el esquema de la simulación IoT construido, separadas por secciones.

B.1. Aplicación Web

B.1.1. Pantalla de Inicio

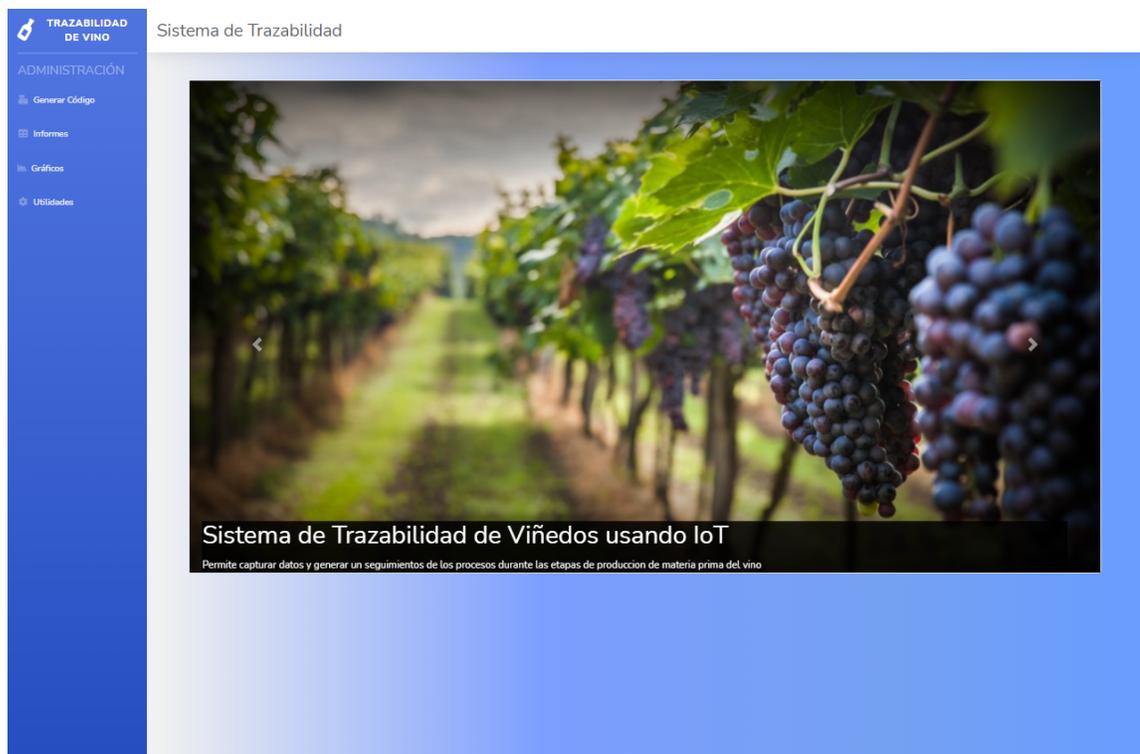


Figura B.1: Pantalla de bienvenida página web.

B.1.2. Pantalla de Visualización de Informes de Carga y Gestión de Código QR

The screenshot displays the 'Gestion de Cargas de Fruta' (Fruit Load Management) interface. It features a sidebar on the left with navigation options: 'ADMINISTRACIÓN', 'Generar Código', 'Informes', 'Gráficos', and 'Unidades'. The main content area is divided into two sections: 'Resumen' (Summary) and 'Datos' (Data).

Resumen:

- Primer Registro: Fecha: 2021-05-22 Hora: 15:34:41
- Ultima Registro: Fecha: 2021-06-14 Hora: 23:33:53
- Peso Promedio: 10.33 Kg
- Peso Total: 165.2 Kg

Datos:

Show 10 entries

ID	FECHA	HORA	PESO (KG)	
1	2021-05-22	15:34:41	12.21	Generar
2	2021-05-22	15:34:52	11.8	Generar
3	2021-05-22	15:35:35	9.8	Generar
4	2021-05-22	15:35:53	10.2	Generar
5	2021-05-22	15:46:38	8.01	Generar
6	2021-05-22	15:46:59	9.2	Generar
7	2021-05-22	15:47:40	10.2	Generar
8	2021-05-22	15:47:47	10.2	Generar
9	2021-06-14	21:57:47	12.21	Generar
10	2021-06-14	21:58:13	11	Generar

Showing 1 to 10 of 16 entries

Previous 1 2 Next

Figura B.2: Pantalla de lista de cargas.

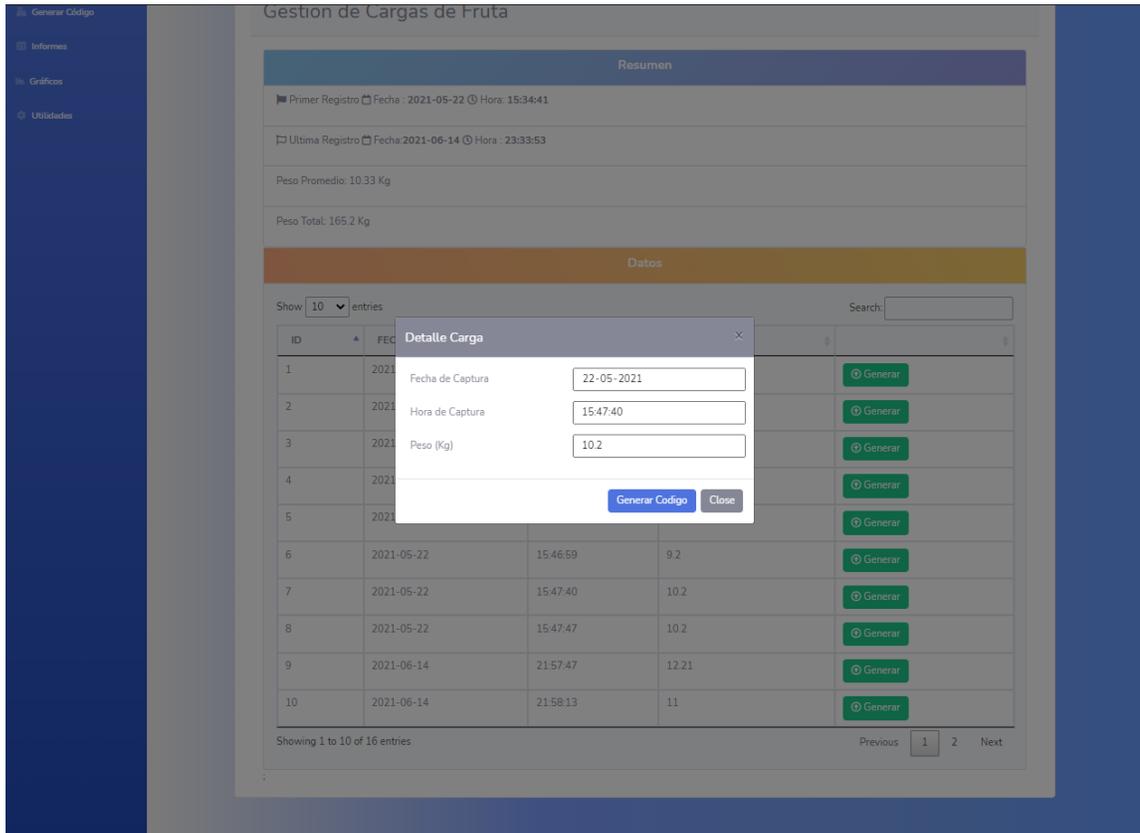


Figura B.3: Pantalla detalle de carga.

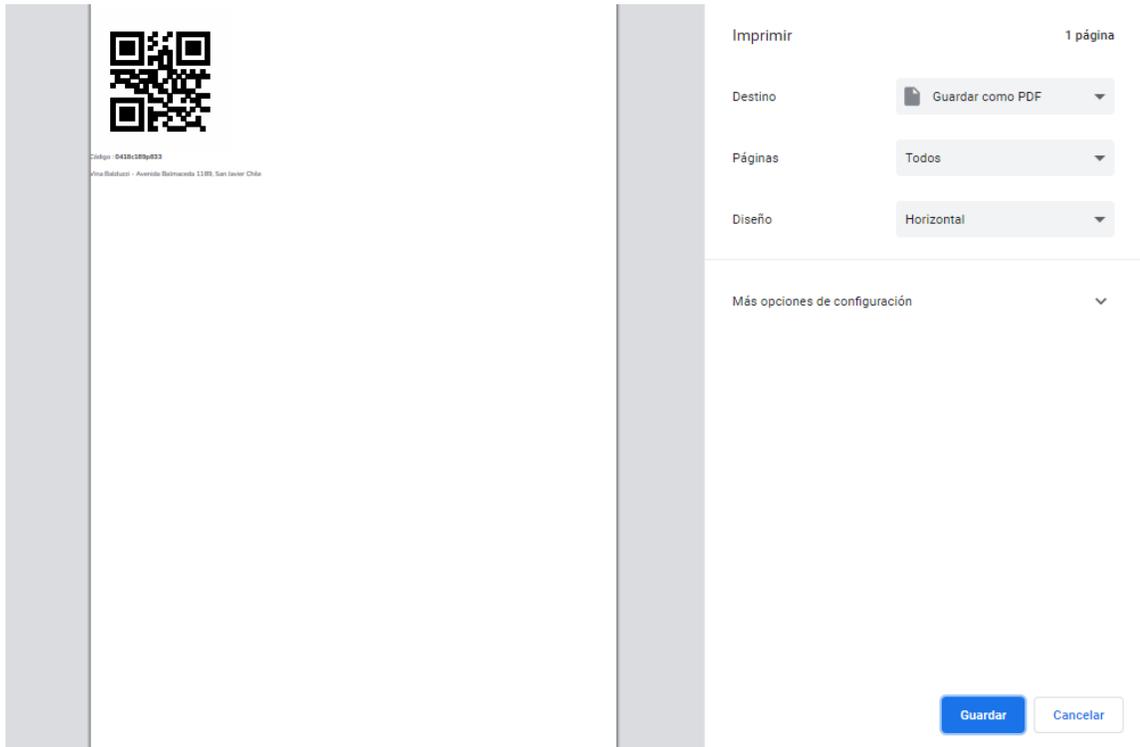


Figura B.4: Pantalla impresión de código QR.

B.1.3. Pantalla de Visualización de Informes

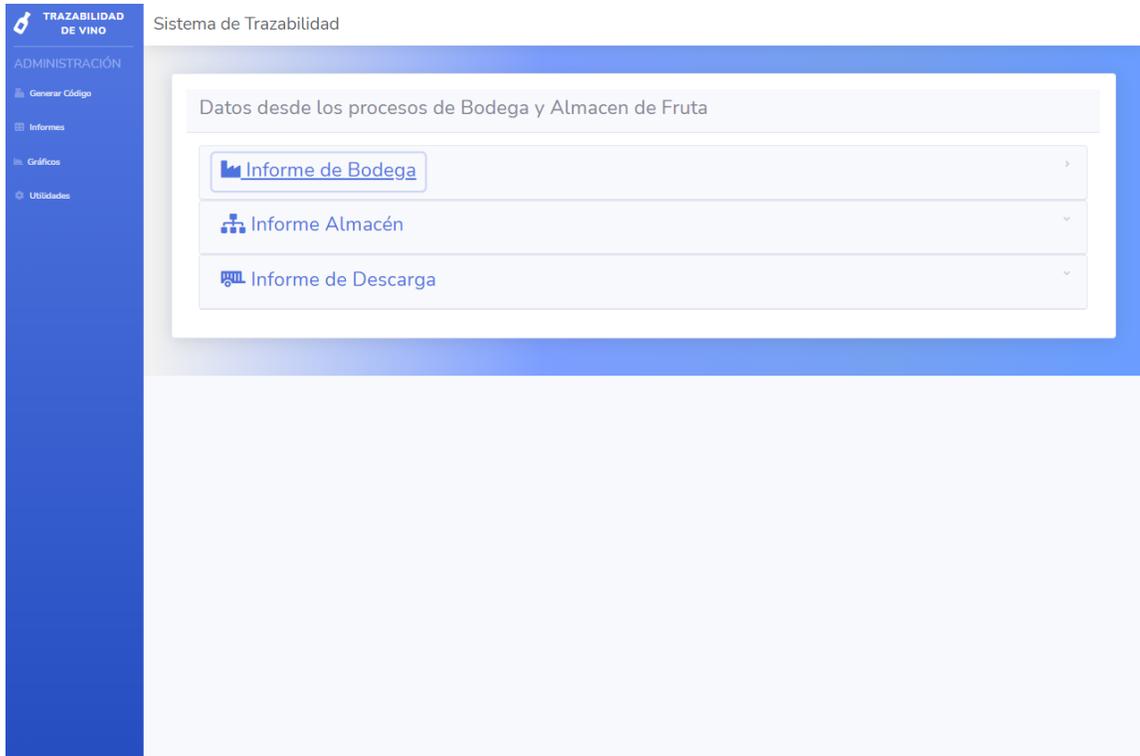


Figura B.5: Pantalla resumen de informes.

TRAZABILIDAD DE VINO Sistema de Trazabilidad

ADMINISTRACIÓN

- Generar Código
- Informes
- Gráficos
- Utilidades

Datos desde los procesos de Bodega y Almacén de Fruta

Informe de Bodega

Resumen

Cantidad de Datos: 77 ■ Temperatura Promedio: 21.79°C ■ Temperatura Máxima: 41°C ■ Temperatura Mínima: 15°C

Humedad Promedio: 61.07% ■ Humedad Máxima: 91% ■ Humedad Mínima: 21%

Reporte

CSV Excel PDF Search:

#	Temperatura	Humedad	Fecha	Hora
1	37	55.22	2021-05-22	15:09:19
2	37	34	2021-05-22	15:32:33
3	37	34	2021-05-22	15:34:03
4	24	26	2021-05-22	15:36:02
5	24	26	2021-05-22	15:43:08
6	24	26	2021-05-22	15:44:21
7	27	21	2021-05-22	15:45:59
8	27	29	2021-05-22	15:47:45
9	18.7	67	2021-06-11	16:10:57
10	18.7	67	2021-06-11	16:10:57

Showing 1 to 10 of 77 entries Previous **1** 2 3 4 5 ... 8 Next

Informe Almacén

Informe de Descarga

Figura B.6: Pantalla de informe de bodega.

TRAZABILIDAD DE VINO Sistema de Trazabilidad

ADMINISTRACIÓN

- Generar Código
- Informes
- Gráficos
- Utilidades

Datos desde los procesos de Bodega y Almacén de Fruta

Informe de Bodega

Informe Almacén

Resumen

Cantidad de Datos: 41 **Temperatura Promedio:** 22.12°C **Temperatura Máxima:** 27°C **Temperatura Mínima:** 17°C
Humedad Promedio: 42.56% **Humedad Máxima:** 62% **Humedad Mínima:** 20%

Reporte

CSV Excel PDF Search:

ID	Temperatura	Humedad	Fecha	Hora
1	27	62	2021-05-22	15:32:32
2	27	62	2021-05-22	15:32:46
3	27	62	2021-05-22	15:33:01
4	27	62	2021-05-22	15:33:24
5	27	62	2021-05-22	15:33:48
6	27	62	2021-05-22	15:34:08
7	27	62	2021-05-22	15:34:32
8	27	62	2021-05-22	15:34:54
9	27	62	2021-05-22	15:35:19
10	27	62	2021-05-22	15:35:46

Showing 1 to 10 of 41 entries Previous 1 2 3 4 5 Next

[Informe de Descarga](#)

Figura B.7: Pantalla de informe de almacén.

TRAZABILIDAD DE VINO Sistema de Trazabilidad

ADMINISTRACIÓN

- Generar Código
- Informes
- Gráficos
- Utilidades

Datos desde los procesos de Bodega y Almacén de Fruta

- Informe de Bodega
- Informe Almacén
- Informe de Descarga

Resumen

Cantidad de Descargas: 3
 Distancia Promedio de Descargas: 2.17 mts
 Distancia mínima y máxima para estacionamiento de carro
 0 mts 6 mts

Reporte

CSV Excel PDF Search:

ID	Distancia (mts)	Fecha	Hora
1	2.39	2021-05-22	15:44:45
2	2.97	2021-06-14	21:56:56
3	1.15	2021-06-14	23:32:08

Showing 1 to 3 of 3 entries Previous **1** Next

Figura B.8: Pantalla de informe de descarga.

B.1.4. Pantalla de Visualización de Gráficos

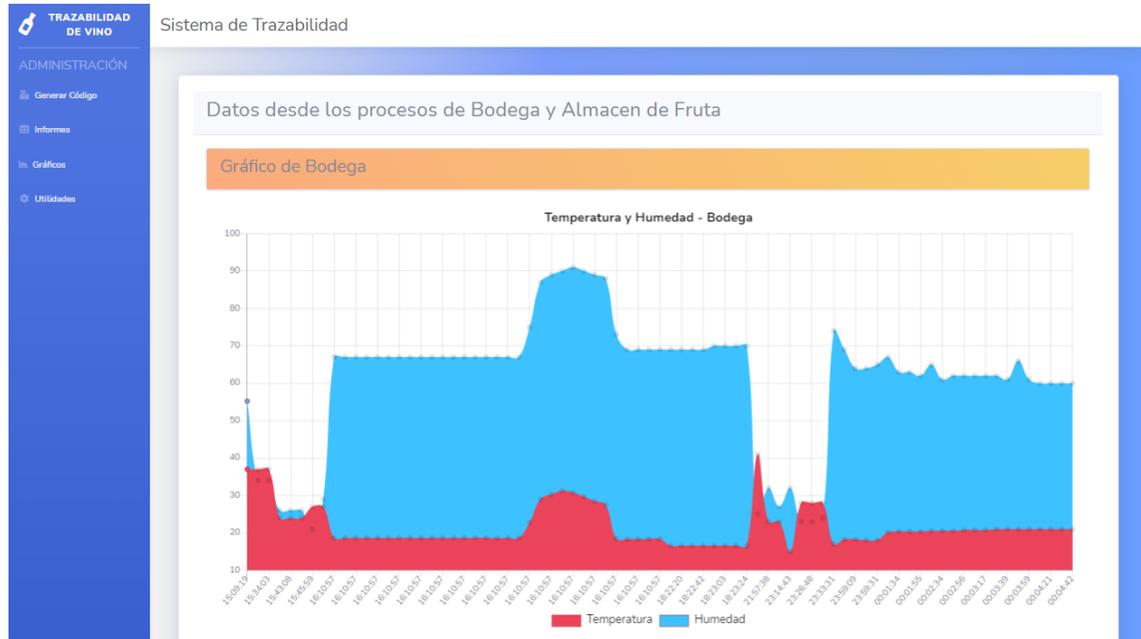


Figura B.9: Pantalla de gráfico humedad y temperatura de bodega.

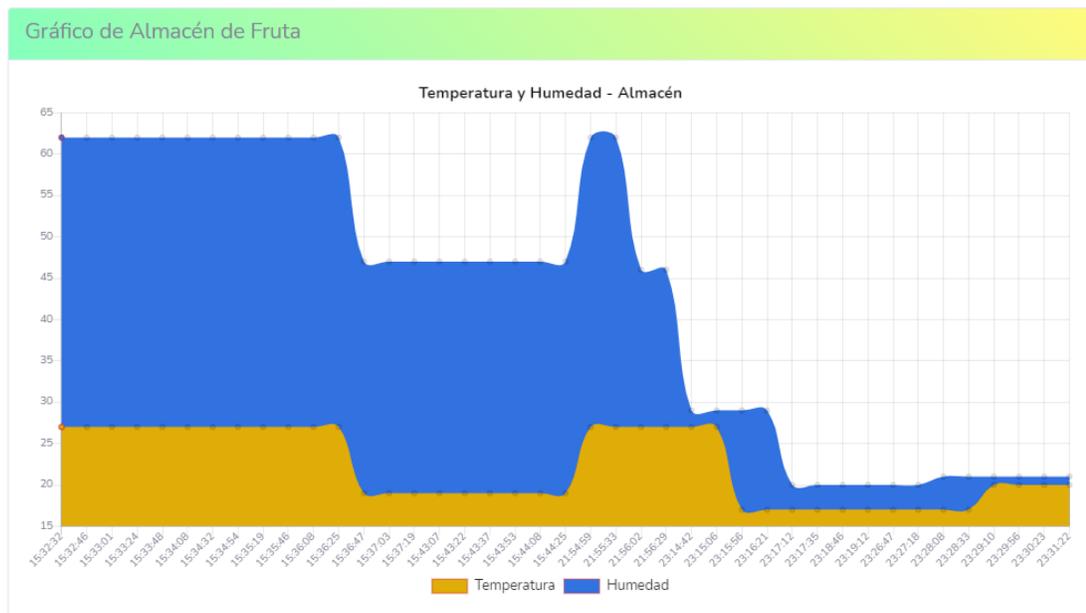


Figura B.10: Pantalla de gráfico humedad y temperatura de almacén.

B.1.5. Pantalla Gestión de Imágenes por Proceso

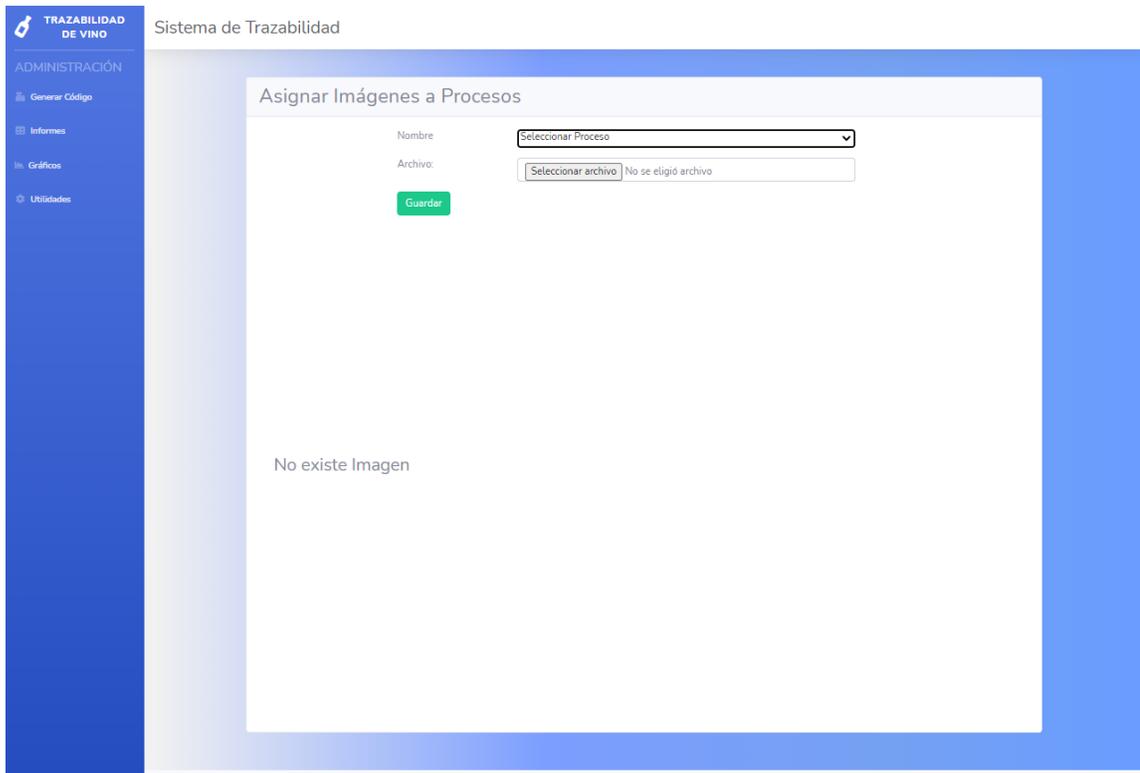


Figura B.11: Pantalla de gestión de imágenes por proceso.

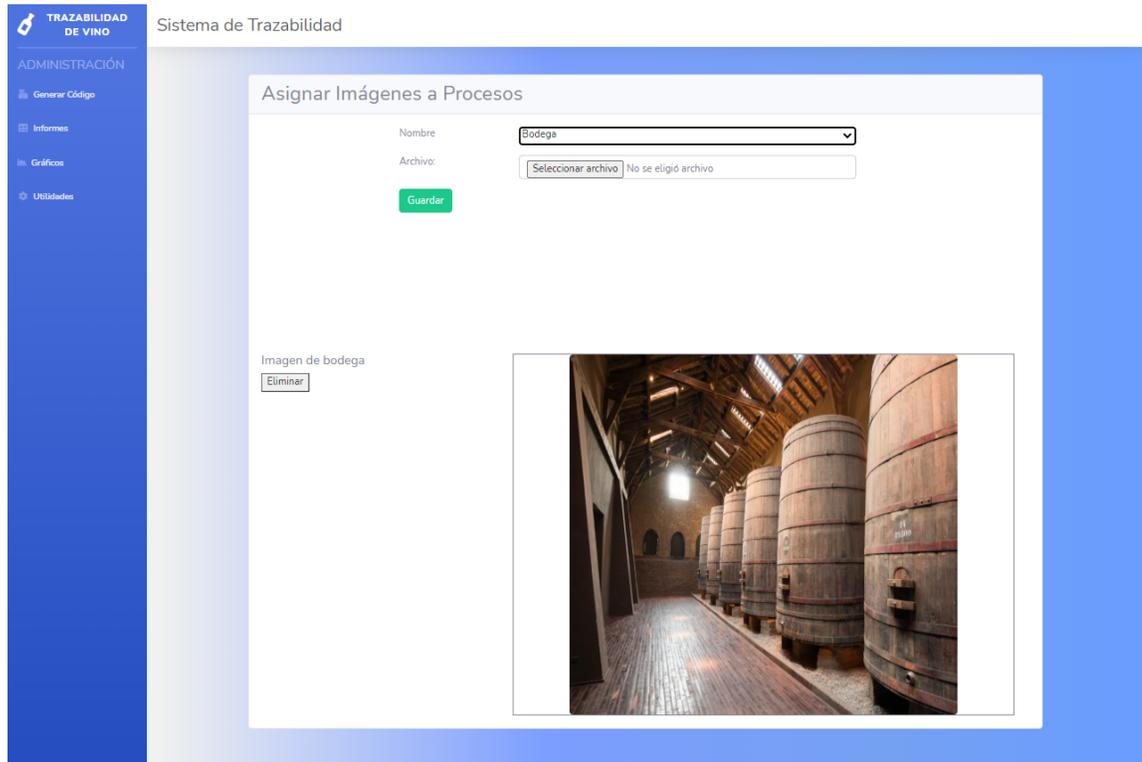


Figura B.12: Pantalla de visualización de imagen bodega.

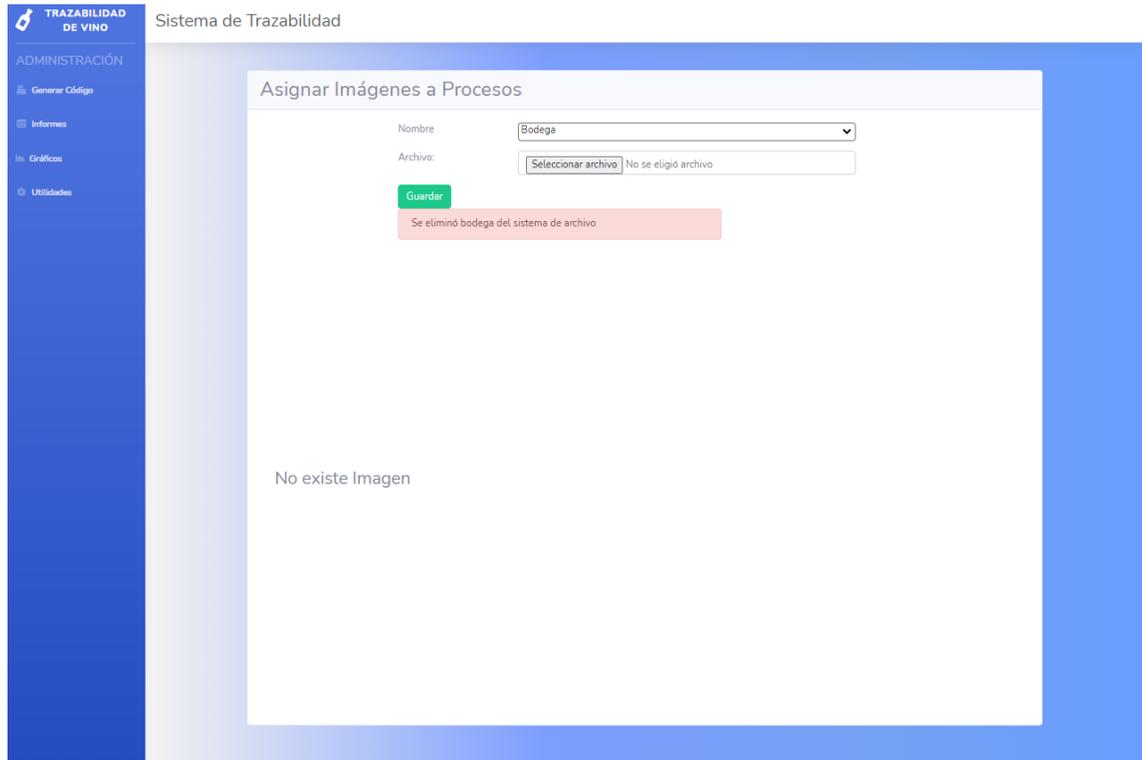


Figura B.13: Pantalla de visualización de alertas al eliminar imagen.

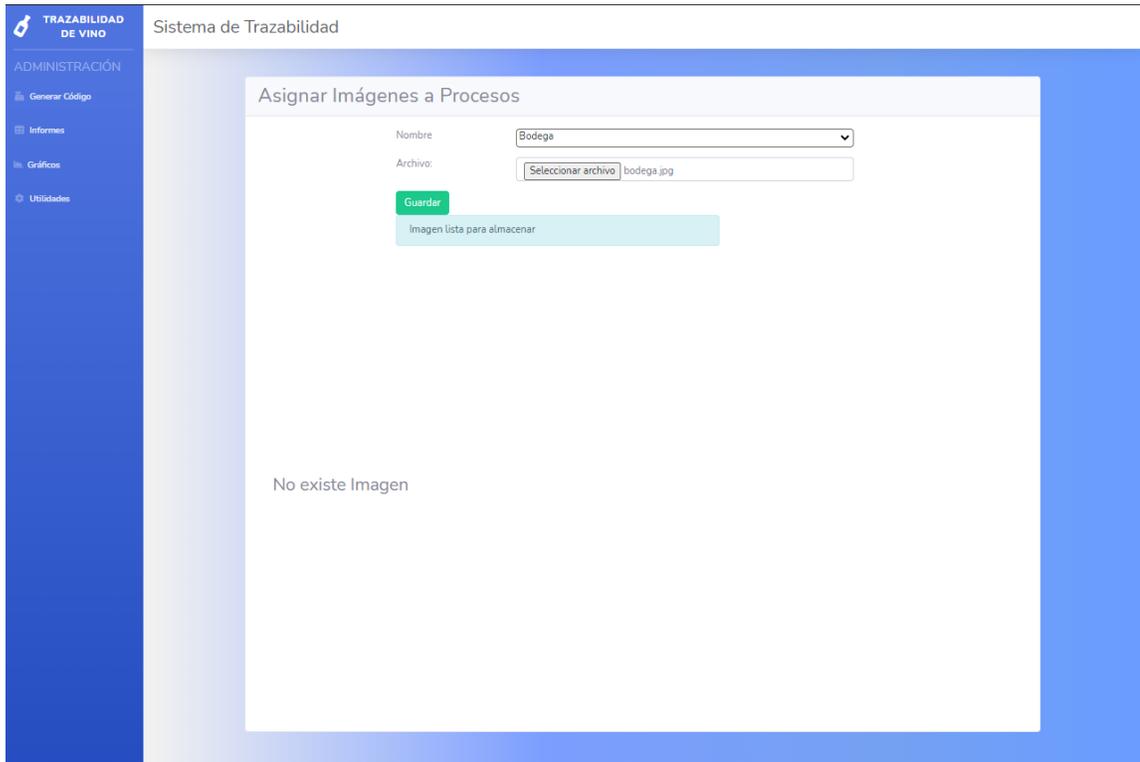


Figura B.14: Pantalla de visualización de alertas al subir imagen.

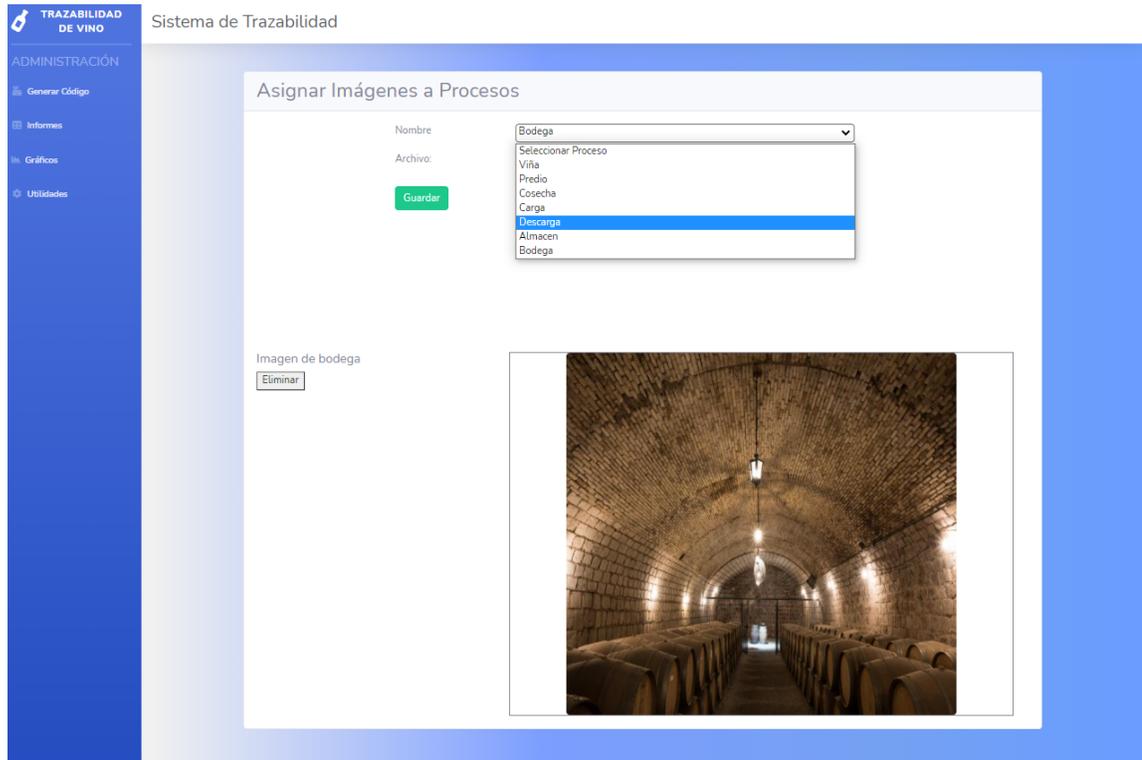


Figura B.15: Pantalla de visualización listas de procesos.

B.2. Aplicación Móvil

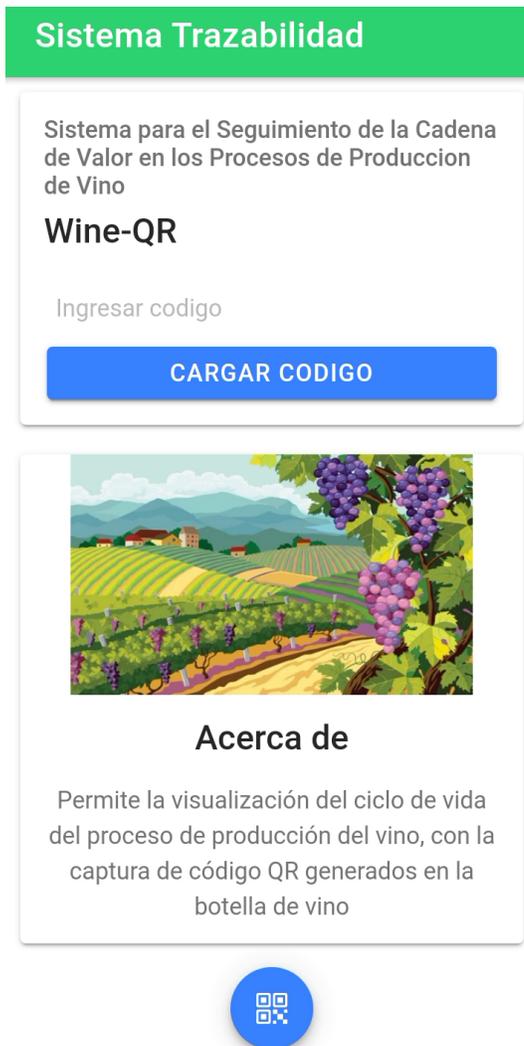


Figura B.16: Pantalla de inicio con acerca de.



Figura B.17: Pantalla de inicio explica funcionamiento.

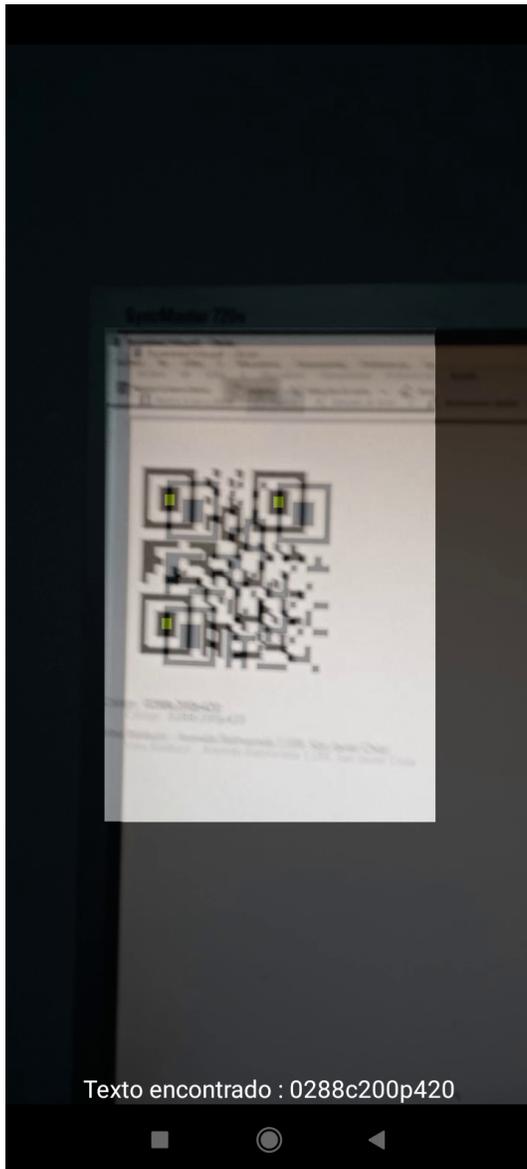


Figura B.18: Pantalla de cámara para captura de código QR.

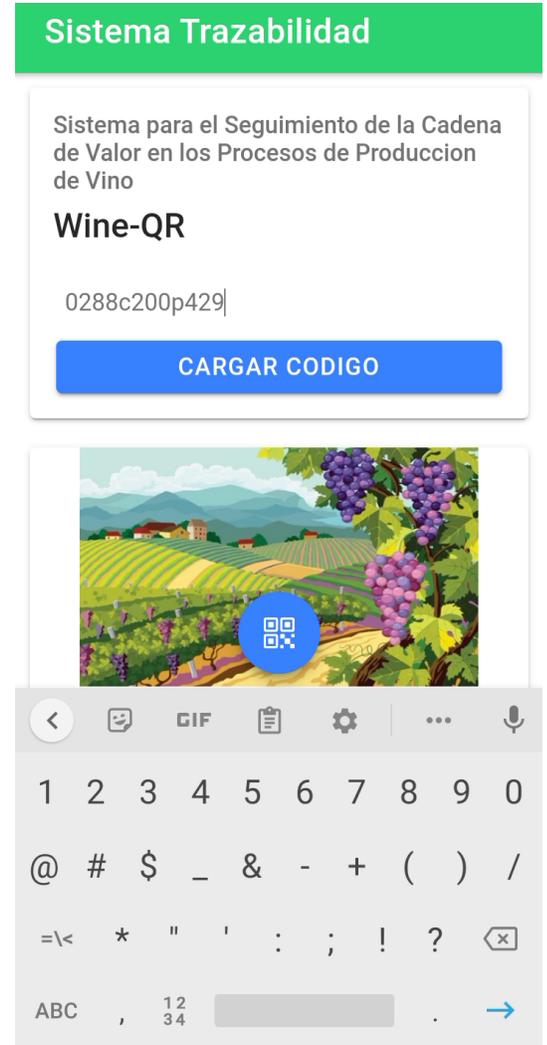


Figura B.19: Pantalla de inicio ingresar código por teclado



Figura B.20: Pantalla de error de código erróneo.



Figura B.21: Pantalla de resumen de procesos.



Figura B.22: Pantalla de detalle viña.



Figura B.23: Pantalla de detalle predio y tipos de vinos.



Figura B.24: Pantalla de detalle predio y locación.



Figura B.25: Pantalla de detalle proceso de cosecha.

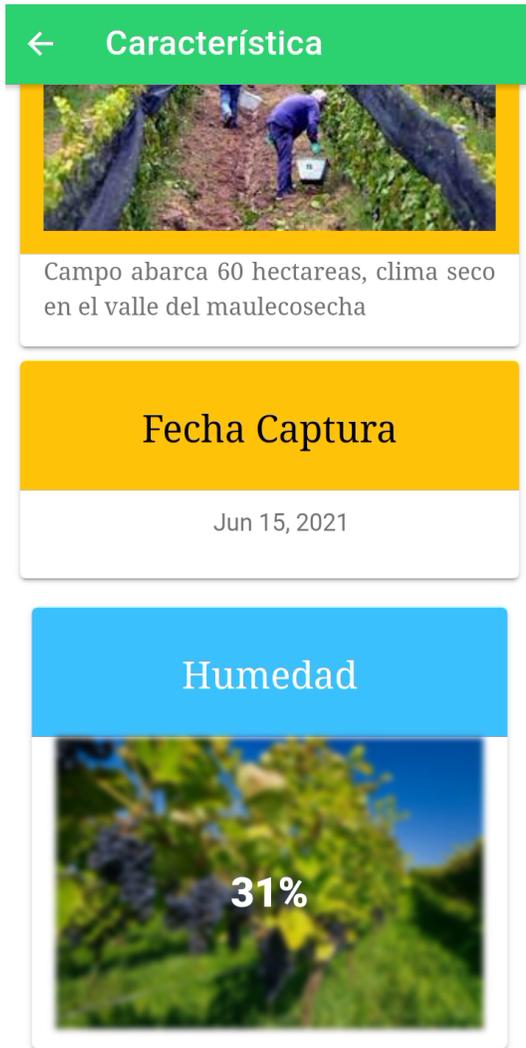


Figura B.26: Pantalla de detalle cosecha humedad.

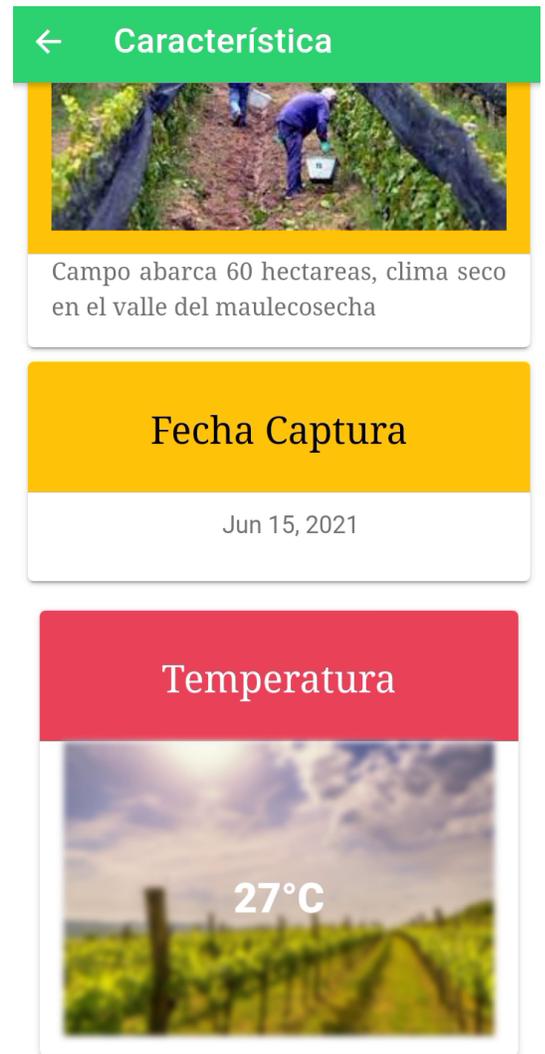


Figura B.27: Pantalla de detalle cosecha temperatura.



Figura B.28: Pantalla de detalle proceso de carga.



Figura B.29: Pantalla de detalle proceso de descarga.

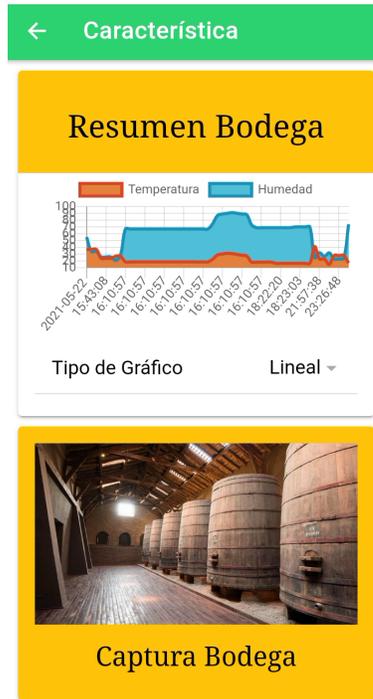


Figura B.30: Pantalla de detalle proceso de bodega.