



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

DESARROLLO DE UN SISTEMA DIGITAL PARA LA
TRAZABILIDAD DE LA CADENA DE SUMINISTRO
DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS

Autor: Jaime Díez-Cascón Martínez

Director: Guillermo Estévez de Cominges

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Desarrollo De Un Sistema Digital Para La Trazabilidad De La Cadena De
Suministro De Productos Hortofrutícolas en la ETS de Ingeniería - ICAI de la
Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2022/23 es de mi
autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información
que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Jaime Díez-Cascón Martínez

Fecha: 17/ 07 / 2023

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Guillermo Estévez de Cominges

Fecha: 17/ 07 / 2023



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

DESARROLLO DE UN SISTEMA DIGITAL PARA LA TRAZABILIDAD DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS

Autor: Jaime Díez-Cascón Martínez

Director: Guillermo Estévez de Cominges

Madrid

Agradecimientos

Quiero agradecer el reconocimiento recibido en el Innovation Challenge[1], una competición propuesta por AON en colaboración con la Universidad Pontificia Comillas.

El proyecto, denominado NOAH en referencia al Arca de Noé por su simbolismo de seguridad, refugio y garantía, tiene como objetivo mejorar la trazabilidad durante el transporte de productos en el sector hortofrutícola.



Quiero agradecer especialmente a los profesores del departamento de Organización Industrial de ICAI, Guillermo Estévez de Cominges, Alejandro González San Román y Susana Ortíz Marcos, por la organización del evento y el apoyo.

También agradezco la presencia de los representantes de AON en el acto, incluyendo a **Pedro Penalva**, CEO de AON Iberia, África e Israel, **Pablo Montoliu**, Chief Innovation & Information Officer en AON España y Portugal, **Raimundo Abando**, Innovation Lead en AON España y Portugal, **María Orellana**, directora de RRHH de la compañía, **Agustín Espinosa de los Monteros**, CBO en AON España, y **Alberto González**, vicepresidente de ingeniería en CoverWallet.

Este reconocimiento es un verdadero impulso para seguir trabajando en proyectos que puedan ofrecer soluciones innovadoras a los desafíos del mundo empresarial.

Una vez más, gracias a todos los involucrados en este desafío por valorar el trabajo y creer en su potencial.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DIGITAL PARA LA TRAZABILIDAD DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS

Autor: Díez-Cascón Martínez, Jaime

Director: Estévez de Cominges, Guillermo

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

Palabras clave: Trazabilidad, Frutas, Hortalizas, RFID, IoT, QR.

En respuesta a la creciente preocupación por conocer la procedencia y calidad de los productos alimentarios, el incremento de la seguridad alimentaria y el empeño por reducir las pérdidas alimentarias, este Trabajo de Fin de Máster propone el desarrollo de una plataforma en la nube para la trazabilidad de frutas y hortalizas a lo largo de toda la cadena alimentaria. Se utilizarán tecnologías como láser, códigos QR y etiquetas RFID para recopilar y relacionar la información relevante sobre cada pieza de fruta, desde su origen hasta el consumidor final.

Se establece como objetivo final de este proyecto favorecer el incremento de la seguridad alimentaria y el control sobre la calidad y condiciones de las frutas y hortalizas y garantizar la transparencia de los datos recogidos.

El proceso, tratamiento y gestión logística de productos perecederos es fundamental para mantener las condiciones óptimas de conservación a lo largo de toda la cadena de suministro y, para ello, se requiere el uso de equipamiento y medios de enfriamiento y mantenimiento humedad adecuados. El análisis, almacenamiento y ofrecimiento a clientes y consumidores finales de los datos obtenidos en su monitoreo y en el de las medidas tomadas para prevenir la contaminación y deterioro del producto, es el objetivo de la plataforma.

La plataforma, basada en Amazon Web Services (AWS), está dirigida a cooperativas agrícolas, empresas logísticas, grandes superficies, compañías de seguros, empresas exportadoras y consumidores finales, y proporciona información detallada sobre las frutas y hortalizas como son el lugar de procedencia, tratamientos realizados, procesos, forma de transporte y almacenamiento, así como los certificados de calidad de la huerta.

La plataforma está dirigida a dos tipos de usuarios: los clientes de la plataforma (cooperativas agrícolas, empresas logísticas, centros de distribución, etc.) y los consumidores finales. Los clientes podrán acceder a toda información de forma detallada sobre las frutas y hortalizas y los consumidores finales tendrán acceso a información relevante para su elección, como el tipo y variedad, lugar de procedencia y los tratamientos utilizados.

En cuanto al software necesario para la trazabilidad, se ha optado por utilizar la base de datos relacional de Amazon Web Services (AWS), llamada Amazon RDS. Esta base de datos es altamente escalable y ofrece estabilidad, seguridad y compatibilidad con diferentes motores

de base de datos relacionales, como MySQL y PostgreSQL. Además, AWS RDS cuenta con una estructura de precios flexible por su escalabilidad, lo que permite a los usuarios pagar solo por lo que utilizan.

La arquitectura del sistema se basa en la base de datos de AWS RDS, que almacena y gestiona los datos de trazabilidad de frutas y hortalizas, incluyendo información sobre agricultores, fincas, lotes, sublotes, cajas, envases y registros de eventos. A partir de la base de datos se ramifican cuatro módulos diferentes que cumplen funciones específicas para complementar el funcionamiento de esta.

El primer módulo está diseñado para los usuarios finales, ya sean consumidores o clientes. Estos usuarios pueden acceder a la plataforma escaneando el código QR de la fruta. Al hacerlo, son redirigidos a una página web alojada en AWS Amplify, que utiliza AWS Cognito para identificar al usuario. La página web se conecta con una base de datos a través de AWS API Gateway y AWS Lambda para obtener información específica sobre la fruta escaneada.

El segundo módulo se encarga de la relación entre las máquinas y la base de datos. Por ejemplo, la máquina que graba los códigos QR en las frutas genera nuevos códigos y los guarda en la base de datos. Esta tarea se realiza utilizando AWS API Gateway y AWS Lambda como intermediarios entre la máquina láser y la base de datos.

El tercer módulo recibe los datos de los dispositivos IoT de los cooperativistas, centros logísticos y suministradores o supermercados. Utiliza AWS IoT Core y AWS Lambda para recibir, procesar y almacenar estos datos en la base de datos.

El cuarto módulo obtiene datos de bases de datos externas, como la base de datos de los transportistas que utilizan el software Remote Container Management (RCM) para recolectar y almacenar datos de sus camiones o contenedores marítimos. Para esto, se utiliza AWS API Gateway y AWS Lambda como intermediarios entre la base de datos externa y la base de datos de la plataforma.

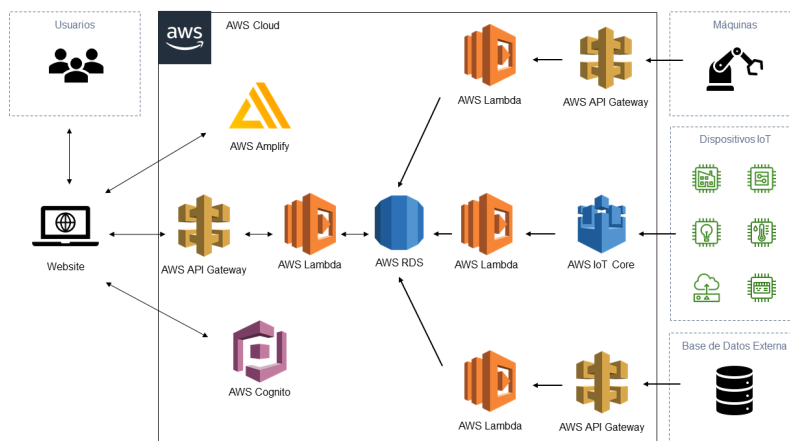


ILUSTRACIÓN 1. ARQUITECTURA AWS

Respecto a la viabilidad económica, se ha realizado un análisis para estimar la demanda, los costes y los ingresos esperados en el desarrollo e implementación de la plataforma. Para ello, se ha establecido la demanda potencial de la plataforma a partir de la producción de frutas y hortalizas en España, con la hipótesis de lograr captar una cuota de mercado en el primer año del 0,1%. Con estas premisas se puede llegar a realizar la trazabilidad de 29 millones de kilos de frutas al año, lo que indica un volumen de negocio significativo.

Para este volumen, se ha realizado unas proyecciones financieras para visualizar la viabilidad y el potencial de crecimiento de la plataforma en diferentes escenarios. En el escenario optimista, se espera un crecimiento sustancial, con ingresos en constante aumento y un margen de beneficio del 9% en el primer año, hasta el 24% en el octavo año.

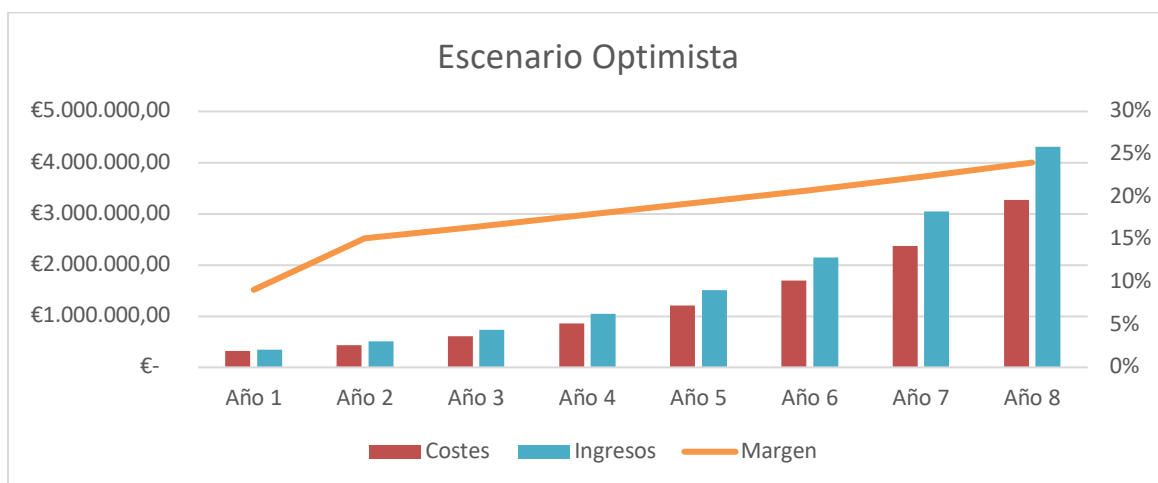


ILUSTRACIÓN 2. ESCENARIO OPTIMISTA

En conclusión, se puede decir que este proyecto tiene como aspectos destacables los siguientes:

- Reducción de envases e identificación unitaria: La implementación de códigos QR para la identificación unitaria de productos promueve la conciencia ambiental al reducir envases innecesarios.
- Utilidad de AWS para la plataforma: AWS ofrece una amplia gama de servicios y herramientas que garantizan la escalabilidad, disponibilidad global y soporte técnico confiable para el éxito de la plataforma.
- Escalabilidad del negocio: La arquitectura escalable de AWS permite que la plataforma crezca y se adapte a medida que aumente la demanda y se expanda a nuevos mercados.
- Coyuntura legal favorable y trazabilidad en la Unión Europea: La legislación alimentaria de la Unión Europea fomenta o exige la trazabilidad en la cadena de suministro y la reducción de envases, lo que brinda una oportunidad estratégica para la plataforma.
- Oportunidad de comenzar en España: España, como país miembro de la Unión Europea, ofrece un mercado relevante y una base sólida para el proyecto antes de expandirse a otros países europeos.

DEVELOPMENT OF A DIGITAL SYSTEM FOR THE TRACEABILITY OF THE SUPPLY CHAIN OF HORTICULTURAL PRODUCTS

Author: Díez-Cascón Martínez, Jaime

Supervisor: Estévez de Cominges, Guillermo

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

Keywords: Traceability, Fruits, Vegetables, RFID, IoT, QR.

In response to the growing concern about knowing the origin and quality of food products, the increase in food safety, and the effort to reduce food losses, this master's Thesis proposes the development of a cloud-based platform for the traceability of fruits and vegetables throughout the entire food chain. Technologies such as laser, QR codes and RFID tags will be used to collect and correlate relevant information about each piece of fruit, from its origin to the end consumer.

The goal of this project is to promote increased food safety and control over the quality and conditions of fruits and vegetables, as well as to ensure transparency of the collected data.

The logistics management of perishable products is crucial to maintaining optimal storage conditions throughout the supply chain, and for this purpose, the use of appropriate cooling equipment and humidity maintenance is required. The platform's objective is to analyze, store, and provide customers and end consumers with the data obtained from monitoring and the measures taken to prevent contamination and product deterioration.

The platform, based on Amazon Web Services (AWS), is aimed at agricultural cooperatives, logistics companies, large retailers, insurance companies, export companies, and end consumers. It provides detailed information about fruits and vegetables, such as place of origin, treatments performed, processes, transportation, and storage methods, as well as quality certificates from the orchard.

The platform is aimed at two types of users: platform customers (agricultural cooperatives, logistics companies, distribution centers, etc.) and end consumers. Customers can access detailed information about fruits and vegetables, while end consumers can access relevant information for their selection, such as type and variety, place of origin, and treatments used.

As for the software required for traceability, we have chosen to use Amazon Web Services' (AWS) relational database called Amazon RDS. This database is highly scalable and offers stability, security, and compatibility with different relational database engines, such as MySQL and PostgreSQL. In addition, AWS RDS has a flexible pricing structure due to its scalability, allowing users to pay only for what they use.

The system architecture is based on the AWS RDS database, which stores and manages the traceability data of fruits and vegetables, including information about farmers, farms, batches, sub-batches, boxes, containers, and event records. Four different modules branch out from the database to perform specific functions to complement its operation.

The first module is designed for end users, whether they are consumers or clients. These users can access the platform by scanning the QR code on the fruit. Upon doing so, they are redirected to a web page hosted on AWS Amplify, which utilizes AWS Cognito to identify the user. The web page connects to a database through AWS API Gateway and AWS Lambda to retrieve specific information about the scanned fruit.

The second module handles the relationship between machines and the database. For example, the machine that engraves QR codes on the fruit generates new codes and stores them in the database. This task is performed using AWS API Gateway and AWS Lambda as intermediaries between the laser machine and the database.

The third module receives data from IoT devices used by cooperatives, logistics centers, and suppliers or supermarkets. It utilizes AWS IoT Core and AWS Lambda to receive, process, and store this data in the database.

The fourth module retrieves data from external databases, such as the database used by carriers who utilize the Remote Container Management (RCM) software to collect and store data from their trucks or shipping containers. AWS API Gateway and AWS Lambda are used as intermediaries between the external database and the platform's database.

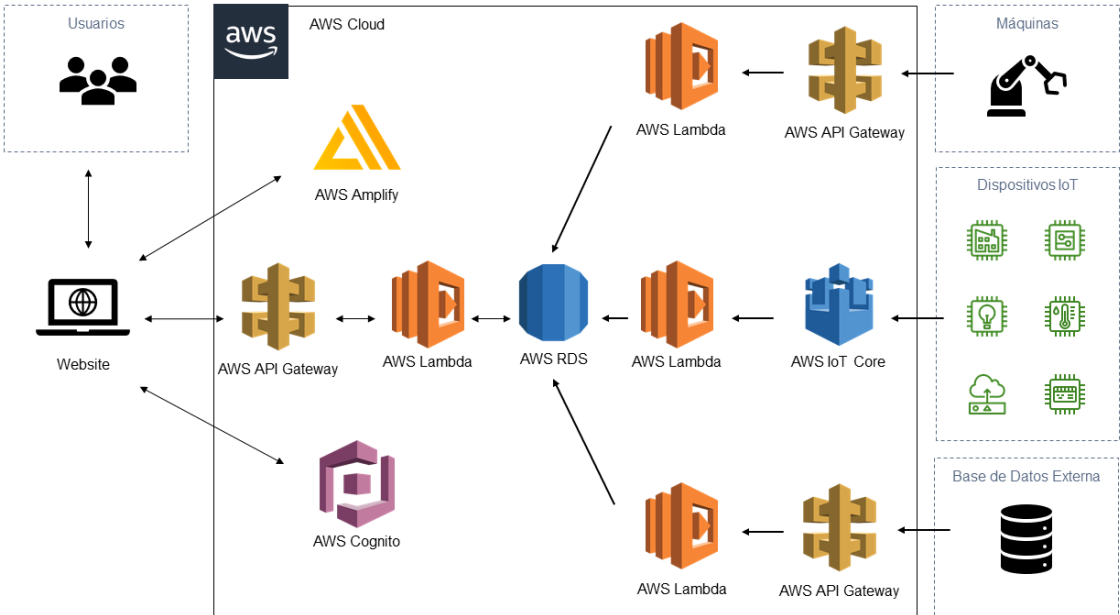


ILLUSTRATION 3. ARQUITECTURA AWS

Regarding the economic viability, an analysis has been conducted to estimate the demand, costs, and expected revenues in the development and implementation of the platform. For this purpose, the potential demand for the platform has been established based on fruit and vegetable production in Spain, assuming a market share capture of 0.1% in the first year. With these assumptions, traceability of 29 million kilograms of fruit can be achieved annually, indicating a significant business volume.

For this volume, financial projections have been made to visualize the viability and growth potential of the platform under different scenarios. In the optimistic scenario, substantial growth is expected, with steadily increasing revenues and a profit margin of 9% in the first year, up to 24% in the eighth year.

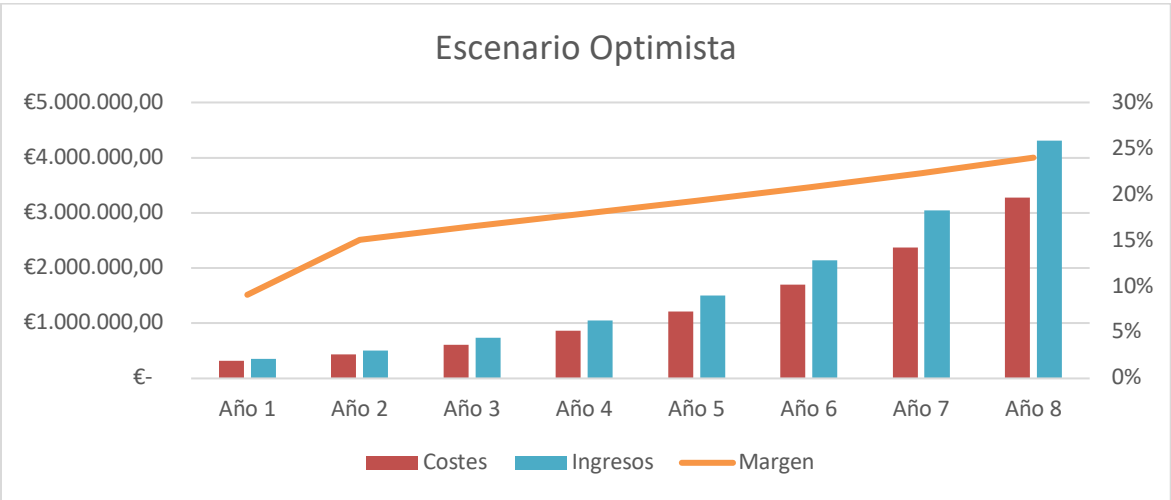


ILLUSTRATION 2. OPTIMISTIC SCENARIO

In conclusion, this project has the following noteworthy points:

- Reduction of packaging and individual identification: Implementing QR codes for individual product identification promotes environmental awareness by reducing unnecessary packaging.
- AWS utility for the platform: AWS offers a wide range of services and tools that guarantee scalability, global availability, and reliable technical support for the platform's success.
- Business scalability: AWS's scalable architecture allows the platform to grow and adapt as demand increases and expands into new markets.
- Favorable legal context and traceability in the European Union: European Union food legislation promotes or requires traceability in the supply chain and the reduction of packaging, providing a strategic opportunity for the platform.
- Opportunity to start in Spain: Spain, as a member country of the European Union, offers a relevant market and a solid foundation for the project before expanding to other European countries.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
FIGURAS.....	4
TABLAS.....	5
1 INTRODUCCIÓN.....	6
2 MOTIVACIÓN.....	7
2.1 MOTIVACIÓN JURÍDICA	7
2.2 MOTIVACIÓN ECONÓMICA[4], [5]	8
2.2.1 <i>Importancia del sector hortofrutícola en España[6].....</i>	<i>8</i>
2.2.2 <i>Exportaciones del sector hortofrutícola en España.....</i>	<i>10</i>
2.2.3 <i>Distribución del sector en la geografía española.....</i>	<i>12</i>
2.3 MOTIVACIÓN SOCIAL.....	12
2.3.1 <i>El desperdicio de alimentos en el mundo[11]</i>	<i>13</i>
2.3.2 <i>El desperdicio de alimentos en España[11].....</i>	<i>13</i>
2.4 MOTIVACIÓN MEDIOAMBIENTAL[14].....	14
3 LA CADENA DE SUMINISTRO[18]	16
3.1 PRODUCCIÓN	17
3.2 PROCESADO[21]	17
3.3 ALMACENAMIENTO EN COOPERATIVA	18
3.4 TRANSPORTE[22], [23]	19
3.4.1 <i>Contenedores Reefer.....</i>	<i>19</i>
3.4.2 <i>Transporte marítimo[24], [25].....</i>	<i>20</i>
3.4.3 <i>Transporte aéreo.....</i>	<i>21</i>
3.4.4 <i>Transporte por carretera[26].....</i>	<i>22</i>
3.4.5 <i>Transporte ferroviario[27], [28].....</i>	<i>23</i>
3.4.6 <i>Comparativa de los tipos de transporte.....</i>	<i>24</i>
3.4.7 <i>Acuerdo sobre transportes internacionales de mercancías perecederas[30]</i>	<i>24</i>
3.5 ALMACENAMIENTO EN CENTROS LOGÍSTICOS[32]	25
3.6 COMERCIALIZACIÓN	26
3.7 CONSUMO	26
4 OBJETIVO Y METODOLOGÍA[34]	28
4.1 BASES DEL PROYECTO	28
4.2 PROPUESTA.....	29
4.3 METODOLOGÍA.....	30
4.4 RECURSOS UTILIZADOS	31
4.5 FUNCIONAMIENTO DE LA PLATAFORMA	32
5 EMBALAJE[15]	35
5.1 SIN EMPAQUETAR O A GRANEL	35
5.2 ENVASES[40]	35
5.2.1 <i>Envases de Consumo Individuales.....</i>	<i>35</i>
5.2.2 <i>Cajas Plegables Reutilizables.....</i>	<i>36</i>
5.2.3 <i>Pallets Reutilizables.....</i>	<i>36</i>
6 ETIQUETADO[36], [43]	38
6.1 INFORMACIÓN QUE DEBEN CONTENER LAS ETIQUETAS	39
6.1.1 <i>Frutas y hortalizas a granel.....</i>	<i>39</i>
6.1.1.1 <i>Datos obligatorios</i>	<i>39</i>
6.1.1.2 <i>Datos opcionales</i>	<i>39</i>
6.1.2 <i>Frutas y hortalizas envasadas</i>	<i>39</i>
6.2 ETIQUETADOS UTILIZADOS.....	40

6.2.1	Grabado Laser[46], [47].....	40
6.2.2	Grabado con Tinta[49].....	41
6.2.3	Etiquetas RFID (Radio Frequency Identification)[44], [53]	42
7	HARDWARE NECESARIO PARA LA TRAZABILIDAD	44
7.1	GRABADORA LASER	44
7.1.1	Inyectora de tinta	45
7.1.2	Impresora para etiquetas RFID.....	45
7.1.3	Antena RFID[62], [63].....	46
7.1.4	Lector RFID.....	46
7.1.5	Sensor de humedad y temperatura[66].....	47
8	SOFTWARE NECESARIO PARA LA TRAZABILIDAD	48
8.1	SOFTWARE BASE DE DATOS (AWS)	48
8.1.1	Introducción.....	48
8.1.2	Servicios de AWS	50
8.1.3	Arquitectura en AWS.....	51
8.1.4	Base de Datos	53
8.1.4.1	Tablas	54
8.1.4.2	Código	59
8.1.4.3	Query Registros.....	62
8.1.4.4	Query Pallet.....	63
8.1.4.5	Query Agricultores.....	64
8.2	REMOTE CONTAINER MANAGEMENT (RCM) [74], [75].....	64
9	ANÁLISIS DE NEGOCIO	66
9.1	BUSINESS MODEL CANVAS[79]	66
9.1.1	Segmentación de clientes	67
9.1.2	Socios clave.....	67
9.1.3	Propuesta de valor.....	68
9.1.4	Relación con los clientes.....	69
9.1.5	Recursos clave	70
9.1.6	Fuente de Ingresos.....	70
9.1.7	Costes.....	71
9.2	ANÁLISIS DAFO[80].....	71
9.2.1	Debilidades	71
9.2.2	Amenazas	72
9.2.3	Fortalezas	73
9.2.4	Oportunidades.....	74
9.3	PESTEL[81]	75
9.3.1	Políticos	75
9.3.2	Económicos.....	76
9.3.3	Sociales	77
9.3.4	Tecnológicos	77
9.3.5	Ecológicos.....	78
9.3.6	Legales	78
9.4	LAS CINCO FUERZAS DE PORTER[92].....	80
9.4.1	Amenaza de nuevos competidores	80
9.4.2	Poder de negociación de los proveedores	81
9.4.3	Poder de negociación del cliente.....	81
9.4.4	Amenaza de productos sustitutos	82
9.4.5	Rivalidad entre competidores	82
10	ESTIMACIONES FINANCIERAS.....	84
10.1	ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA[6]	84
10.2	ESTIMACIÓN DE LOS COSTES	84
10.2.1	CAPEX.....	84
10.2.1.1	Hardware	84
10.2.2	OPEX.....	85
10.2.2.1	Personal	85
10.2.2.2	Sede empresa	85
10.2.2.3	Uso de la Plataforma AWS.....	86

10.3	ESTIMACIÓN DE LOS INGRESOS	87
10.4	PROYECCIONES FINANCIERAS	87
10.4.1	<i>Escenario Optimista</i>	88
10.4.2	<i>Escenario Pesimista</i>	89
11	ESTRUCTURA DE COSTES DEL CLIENTE[106].....	90
11.1	ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DIARIO	90
11.2	COSTE DEL HARDWARE	91
11.2.1	<i>Cientes Productores</i>	91
11.2.1.1	Frutas y hortalizas a granel	91
11.2.1.2	Frutas y hortalizas envasadas	92
11.2.2	<i>Cientes Comercializadores.....</i>	92
12	OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)[113]	94
13	CONCLUSIONES	95
14	BIBLIOGRAFÍA	96
15	ANEXO A	103

FIGURAS

FIGURA 1. NÚMERO DE EMPRESAS EN EL SECTOR HORTOFRUTÍCOLA EN ESPAÑA ENTRE 2008 Y 2021[7].....	9
FIGURA 2. NÚMERO DE PERSONAS TRABAJANDO EN EL SECTOR HORTOFRUTÍCOLA EN ESPAÑA ENTRE 2009 Y 2021[8]	9
FIGURA 3. VALOR DE PRODUCCIÓN EN ESPAÑA (MM)[6].....	10
FIGURA 4. EXPORTACIONES FRUTAS, HORTALIZAS Y LEGUMBRES EN ESPAÑA AÑO 2022[9]	10
FIGURA 5. PRINCIPALES PUERTOS EN TRÁFICO DE FRUTAS, HORTALIZAS Y LEGUMBRES[10]	11
FIGURA 6. DISTRIBUCIÓN PRODUCCIÓN FRUTAS Y HORTALIZAS 2021[6].....	12
FIGURA 7. LÍNEA DE MANIPULACIÓN.....	29
FIGURA 8. MANZANA CON QR GRABADO A LASER [38].....	33
FIGURA 9. CAJA DE FRUTA PLÁSTICA[39].....	33
FIGURA 10. ENVASES DE CONSUMO INDIVIDUALES[41].....	36
FIGURA 11. PALLET DE TRANSPORTE DE FRUTAS Y HORTALIZAS[42].....	37
FIGURA 12. ESQUEMA DE TRAZABILIDAD[44]	38
FIGURA 14. GRABADOS LASER SOBRE FRUTAS[48].....	40
FIGURA 15. ENVASE CON GRABADO[51]	41
FIGURA 16. ETIQUETA RFID[53].....	42
FIGURA 17. GRABADORA LASER[56].....	44
FIGURA 18. TÚNEL RFID[64].....	46
FIGURA 19. ARCO RFID[65]	47
FIGURA 20. ARQUITECTURA AWS.....	51
FIGURA 21. ESQUEMA DE LA BASE DE DATOS.....	53
FIGURA 22. REMOTE CONTAINER MANAGEMENT (RCM)[74]	65
FIGURA 23. ESCENARIO OPTIMISTA	88
FIGURA 24. ESCENARIO PESIMISTA	89
FIGURA 25. ALARMA RFID[112]	92

TABLAS

TABLA 1. VOLUMEN DE ALIMENTOS DESPERDICIADOS EN ESPAÑA[12]	13
TABLA 2. DIFERENCIAS ENTRE TIPOS DE TRANSPORTES[24]	21
TABLA 3. CARACTERÍSTICAS DE CADA TIPO DE TRANSPORTE[29]	24
TABLA 4. GRABADORAS LASER	44
TABLA 5. INYECTORAS DE TINTA	45
TABLA 6. IMPRESORAS DE ETIQUETAS RFID[61].....	45
TABLA 7. ANTENAS RFID[62].....	46
TABLA 8. ARCOS RFID	47
TABLA 9. SENSORES DE HUMEDAD Y TEMPERATURA	47
TABLA 10. BASE DE DATOS DE AGRICULTORES	54
TABLA 11. BASE DE DATOS DE FINCAS	54
TABLA 12. BASE DE DATOS DE LOTES	55
TABLA 13. BASE DE DATOS DE OPERACIONES	55
TABLA 14. BASE DE DATOS DE TIPOS DE OPERACIONES	56
TABLA 15. BASE DE DATOS DE SUBLOTES	56
TABLA 16. BASE DE DATOS DE FRUTAS	56
TABLA 17. BASE DE DATOS DE ENVASES.....	57
TABLA 18. BASE DE DATOS DE CAJAS	57
TABLA 19. BASE DE DATOS DE PALLETS.....	57
TABLA 20. BASE DE DATOS DE REGISTROS.....	58
TABLA 21. BASE DE DATOS DE ANTENAS.....	58
TABLA 22. BASE DE DATOS DE LUGARES	58
TABLA 23. BASE DE DATOS DE MEDICIONES	59
TABLA 24. BASE DE DATOS DE SENSORES	59
TABLA 25. RESULTADO DE LA QUERY REGISTROS	62
TABLA 26. RESULTADO DE LA QUERY PALLETS.....	63
TABLA 27. RESULTADO DE LA QUERY AGRICULTORES	64
TABLA 28. CLIENTES POTENCIALES.....	67
TABLA 29. SOCIOS CLAVE.....	68
TABLA 30. CONSUMO ANUAL DE FRUTAS EN ESPAÑA	84
TABLA 31. COSTE HARDWARE	84
TABLA 32. COSTE DEL PERSONAL.....	85
TABLA 33. COSTE DE LA SEDE	86
TABLA 34. PRESUPUESTO AWS[105].....	86
TABLA 35. BREAK EVEN POINT	87
TABLA 36. BENEFICIO	87
TABLA 37. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DIARIO DE UNA COOPERATIVA.....	90
TABLA 38. COSTE DEL HARDWARE PARA PRODUCTOS A GRANEL	91
TABLA 39. COSTE DEL HARDWARE PARA PRODUCTOS ENVASADOS.....	92
TABLA 40. COSTE DEL HARDWARE PARA CLIENTES COMERCIALIZADORES	93

1 INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual, existe una creciente preocupación por la procedencia y calidad de los productos alimentarios. Los consumidores buscan transparencia y seguridad alimentaria al querer saber de dónde vienen los alimentos que consumen, cómo han sido producidos y qué tratamientos han recibido. Conscientes de esta necesidad, se propone en este Trabajo de Fin de Máster un proyecto cuyo objetivo es desarrollar una plataforma en la nube que permita la trazabilidad de frutas y hortalizas[2] en toda la cadena alimentaria, desde su origen hasta el consumidor final.

Para lograr este objetivo, se utilizan tecnologías como el grabado láser, códigos QR y etiquetas RFID, que permiten identificar y recopilar información relevante sobre cada pieza de fruta a lo largo de toda la cadena de suministro. La plataforma, basada en Amazon Web Services (AWS), está dirigida a dos tipos de usuarios: el cliente de la plataforma (Cooperativas Agrícolas, Empresas Logísticas, Grandes Superficies, Compañías de Seguros, Empresas Exportadoras, etc.) y el consumidor final de los productos. En función del tipo de usuario, se les proporciona información detallada sobre las frutas y hortalizas, desde su lugar de procedencia hasta los tratamientos, procesos y la forma de transporte a los que han estado sometidas, incluyendo los certificados de calidad de la huerta donde se cultivaron.

Este proyecto tiene como objetivo principal garantizar la transparencia y la seguridad alimentaria, al tiempo que ofrece un mayor control sobre la calidad y las condiciones de las frutas y hortalizas. La implementación de un sistema de trazabilidad permite identificar cualquier problema que pueda surgir durante el proceso logístico. Por ejemplo, si se produce una ruptura en la cadena de frío, será posible determinar en qué punto y porque ocurrió, lo que podría conllevar la obtención de seguros más económicos al poder determinar la causa y responsable del deterioro a los agricultores o a las grandes superficies. Además, también se podrá poner a la venta de manera prioritaria aquellos productos que estén más maduros debido a un fallo en el mantenimiento de la temperatura. En resumen, este proyecto representa un avance significativo en la protección del consumidor y en la sostenibilidad del sector agroalimentario.

Es importante señalar que, además, las recientes prohibiciones de envases de plástico en frutas y hortalizas obligarán a los productores y proveedores a adoptar soluciones libres de plástico, lo que impulsará la demanda del etiquetado láser (Natural Branding) y de envases biodegradables.

En resumen, la trazabilidad de los productos hortofrutícolas permite reducir el desperdicio de los alimentos y es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y la transparencia en la cadena de suministro. Por eso, el proyecto presentado en este Trabajo de Fin de Máster favorece el avance en la protección del consumidor y en la sostenibilidad del sector agroalimentario gracias a la utilización de las tecnologías avanzadas y la plataforma en la nube.

2 MOTIVACIÓN

Debido a la complejidad que implica su desarrollo, es esencial contar con una sólida base argumental que justifique la inversión de recursos y esfuerzos necesarios. Para que el proyecto sea exitoso es crucial involucrar a múltiples partes interesadas y lograr su compromiso con el mismo. Hay cuatro razones fundamentales que respaldan llevar a cabo un proyecto como este.

2.1 Motivación Jurídica

El Reglamento N.º 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo[3], que fue promulgado el 28 de enero de 2002, es una ley fundamental que establece los principios y requisitos generales de la legislación alimentaria en Europa. Su importancia radica en que busca garantizar la seguridad alimentaria de los consumidores y la protección de su salud.

Además, como parte de este marco legal se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés), que es una agencia independiente encargada de evaluar los riesgos asociados a la cadena alimentaria. La EFSA juega un papel crucial en la evaluación de riesgos y en la toma de decisiones de políticas relacionadas con la seguridad alimentaria en la región europea. En el Artículo 18. Trazabilidad, se dice:

1. *“En todas las etapas de la producción, la transformación y la distribución deberá asegurarse la trazabilidad de los alimentos, los piensos, los animales destinados a la producción de alimentos y de cualquier otra sustancia destinada a ser incorporada en un alimento o un pienso, o con probabilidad de serlo.*
2. *Los explotadores de empresas alimentarias y de empresas de piensos deberán poder identificar a cualquier persona que le haya suministrado un alimento, un pienso, un animal destinado a la producción de alimentos, o cualquier sustancia destinada a ser incorporada en un alimento o un pienso, o con probabilidad de serlo.
Para tal fin, dichos explotadores pondrán en práctica sistemas y procedimientos que permitan poner esta información a disposición de las autoridades competentes si éstas así lo solicitan.*
3. *Los explotadores de empresas alimentarias y de empresas de piensos deberán poner en práctica sistemas y procedimientos para identificar a las empresas a las que hayan suministrado sus productos. Pondrán esta información a disposición de las autoridades competentes si éstas así lo solicitan.*
4. *Los alimentos o los piensos comercializados o con probabilidad de comercializarse en la Comunidad deberán estar adecuadamente etiquetados o identificados para facilitar su trazabilidad mediante documentación o información pertinentes, de acuerdo con los requisitos pertinentes de disposiciones más específicas.*
5. *Podrán adoptarse disposiciones para la aplicación de lo dispuesto en el presente artículo en relación con sectores específicos de acuerdo con el procedimiento contemplado en el apartado 2 del artículo 58”.*

En línea con estos objetivos, se requieren herramientas adecuadas para garantizar la trazabilidad de los alimentos. En este contexto, se propone una plataforma que permita conocer las condiciones del proceso de manipulación y transporte de frutas y hortalizas desde el inicio hasta el final. Gracias a esta plataforma, se podrá identificar en qué momento se rompe la cadena de frío, si los productos se almacenan por más tiempo del recomendable o cualquier otro incidente que pueda comprometer la calidad y seguridad de los alimentos.

La trazabilidad es una herramienta fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y la transparencia en la cadena de suministro de alimentos. Esta plataforma es un ejemplo

concreto de cómo la tecnología puede mejorar el control y la gestión de dicha cadena. Su implementación permite una detección y corrección ágil de los problemas que puedan afectar a la calidad y seguridad de los alimentos, lo cual a su vez incrementa la confianza de los consumidores en los productos que consumen. En definitiva, la trazabilidad es de gran importancia para proteger la salud de los consumidores y fortalecer la industria alimentaria europea.

2.2 Motivación Económica[4], [5]

Otro motivo que justifica el desarrollo de este proyecto es la importancia del sector hortofrutícola español en el mercado internacional de frutas, lo cual también se refleja en su relevancia en el PIB de España. La concentración de productores hortofrutícolas en España puede favorecer el desarrollo de la plataforma propuesta, ya que todos los actores involucrados pueden aunar esfuerzos para su implementación y consolidación. A continuación, se destacan algunos de los aspectos económicos más relevantes:

1. España tiene un gran número de empresas y puestos de trabajo asociados al sector de la distribución y tratamiento de frutas y hortalizas.
2. España es de los países más importantes en el mundo en la producción y exportación de frutas y hortalizas, y el más importante en la UE28.
3. La fachada mediterránea de España es la zona en la se concentra la mayor producción. Lo cual facilita la implantación y desarrollo territorial de la metodología propuesta.
4. Los puertos más importantes en el tráfico de frutas y hortalizas son Algeciras y Valencia, por ello la importancia del tratamiento del transporte intermodal.

2.2.1 Importancia del sector hortofrutícola en España[6]

España es el principal exportador de frutas y hortalizas en la Unión Europea y uno de los tres mayores exportadores a nivel mundial, junto a China y Estados Unidos. La mitad de la producción de frutas y hortalizas en España se destina a la exportación, lo que ha generado un valor de más de 18.000 millones de € en los últimos años, convirtiéndose en el subsector exportador más importante del sector agroalimentario.

En el año 2021, el sector de la fruta y hortaliza en España contaba con 1.452 empresas de distribución y 34.960 empleados. La evolución del número de empresas en este sector en España desde el año 2008 hasta 2021 se puede observar en el siguiente gráfico:

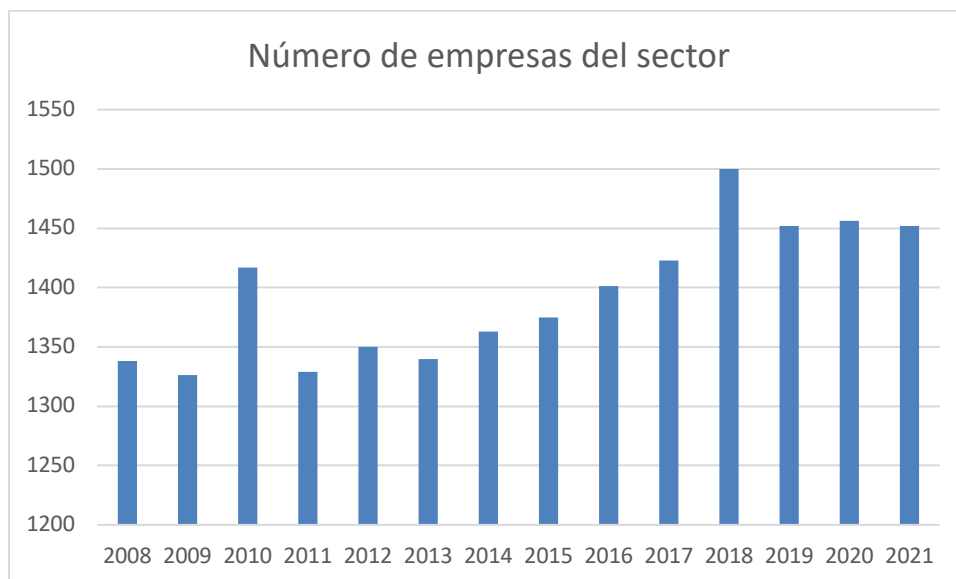


FIGURA 1. NÚMERO DE EMPRESAS EN EL SECTOR HORTOFRUTÍCOLA EN ESPAÑA ENTRE 2008 Y 2021[7]

La evolución del número de personas que trabajan en el sector de la fruta y verdura en España entre 2009 y 2021 es la siguiente:

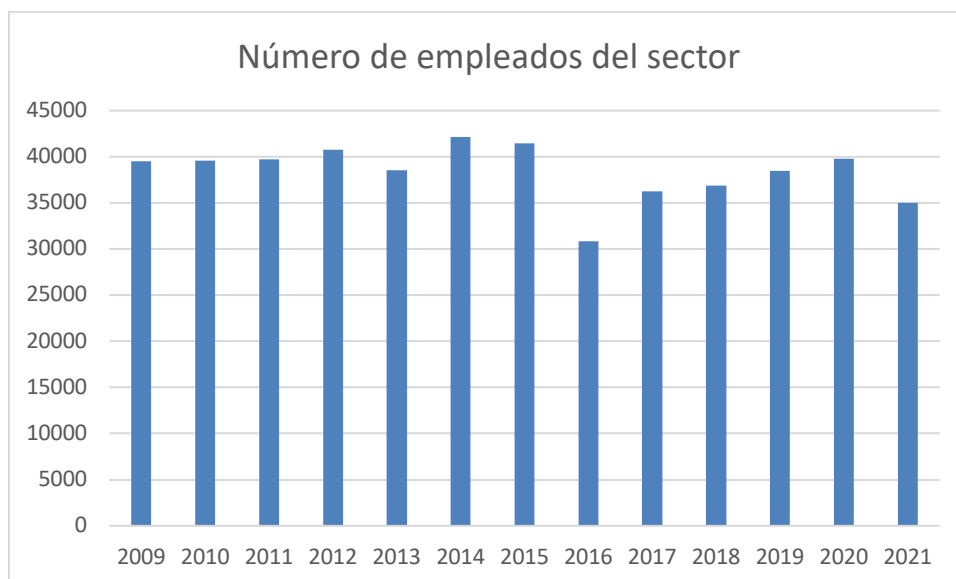


FIGURA 2. NÚMERO DE PERSONAS TRABAJANDO EN EL SECTOR HORTOFRUTÍCOLA EN ESPAÑA ENTRE 2009 Y 2021[8]

La evolución del valor de las frutas y hortalizas en España del año 2010 al 2021 tuvo un incremento del 34%, y como se observa su crecimiento es sensiblemente continuo.

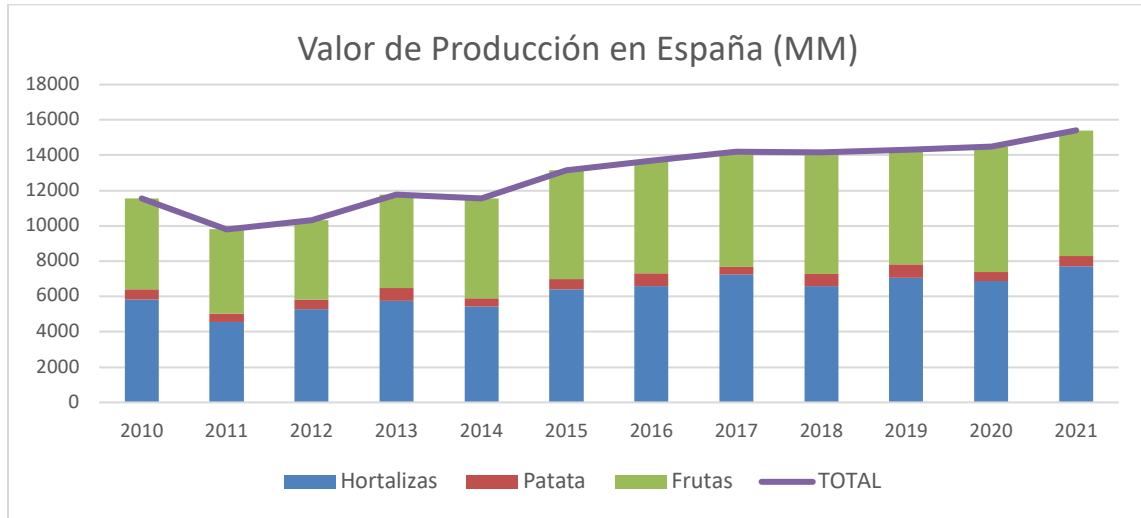


FIGURA 3. VALOR DE PRODUCCIÓN EN ESPAÑA (MM)[6]

2.2.2 Exportaciones del sector hortofrutícola en España

El sector hortofrutícola español exhibe un crecimiento constante y una balanza comercial neta positiva tanto en frutas como en hortalizas. Entre los productos más exportados se encuentran los cítricos, liderados por la naranja, seguidos por las hortalizas cultivadas en invernadero, como el pimiento, pepino y tomate, así como las hortalizas cultivadas al aire libre, tales como la lechuga, melón y sandía. Además, cabe destacar las exportaciones de melocotón y nectarina. La Unión Europea es el principal receptor de las exportaciones, representando el 80% de las mismas (91% si se incluye a Reino Unido).

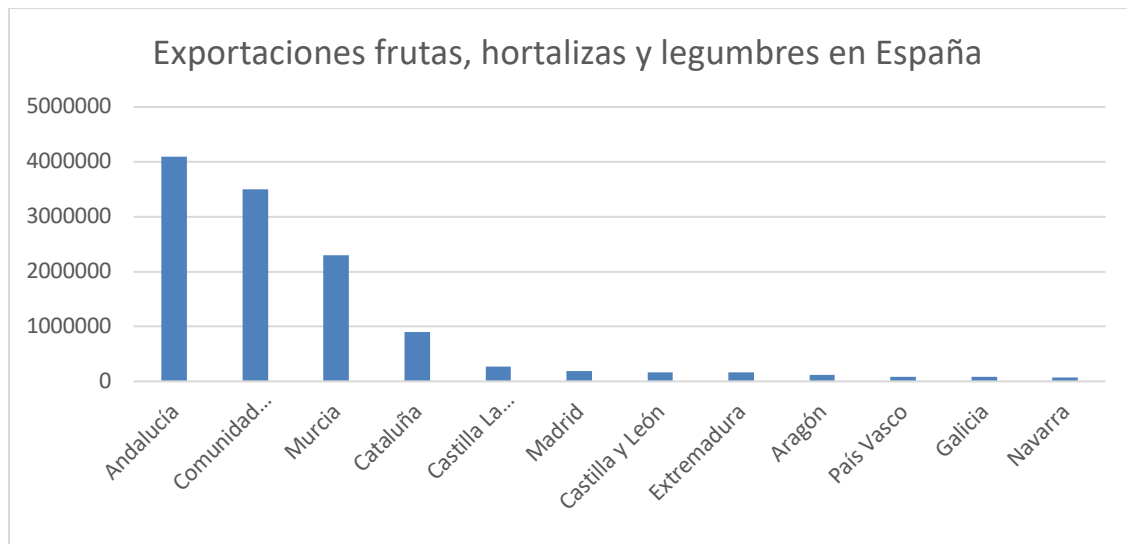


FIGURA 4. EXPORTACIONES FRUTAS, HORTALIZAS Y LEGUMBRES EN ESPAÑA AÑO 2022[9]

Una importante cantidad de las exportaciones de frutas y hortalizas a Europa se transportan por vía marítima en contenedores refrigerados conocidos como "Reefer". Este método de transporte garantiza que los productos se mantengan frescos durante el largo viaje a su destino, permitiendo que los clientes disfruten de alimentos frescos y de alta calidad en cualquier parte del mundo. Además, el transporte en contenedores Reefer ofrece una mayor eficiencia y reducción de costos en comparación con otros métodos de transporte, lo que contribuye a mantener la competitividad del sector hortofrutícola español en el mercado internacional.

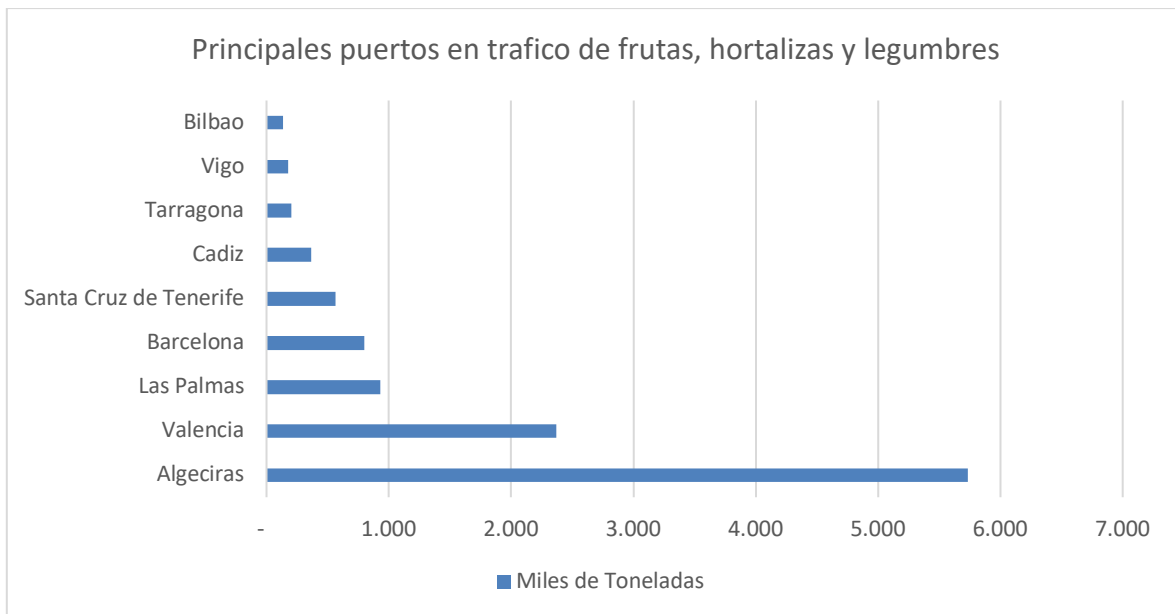


FIGURA 5. PRINCIPALES PUERTOS EN TRÁFICO DE FRUTAS, HORTALIZAS Y LEGUMBRES[10]

2.2.3 Distribución del sector en la geografía española

En España, la superficie destinada al cultivo de frutas y hortalizas alcanzó las 1.873.520 hectáreas en 2021, lo que representa un aumento del 3% respecto al año anterior y del 7% en comparación con la media de los últimos 5 años. España es el país principal productor de frutas y hortalizas en la UE, con más del 26% de la producción europea, y ocupa el séptimo lugar a nivel mundial. De acuerdo con el análisis de la distribución de la producción por comunidades, se puede observar que el 63% proviene de la fachada mediterránea.

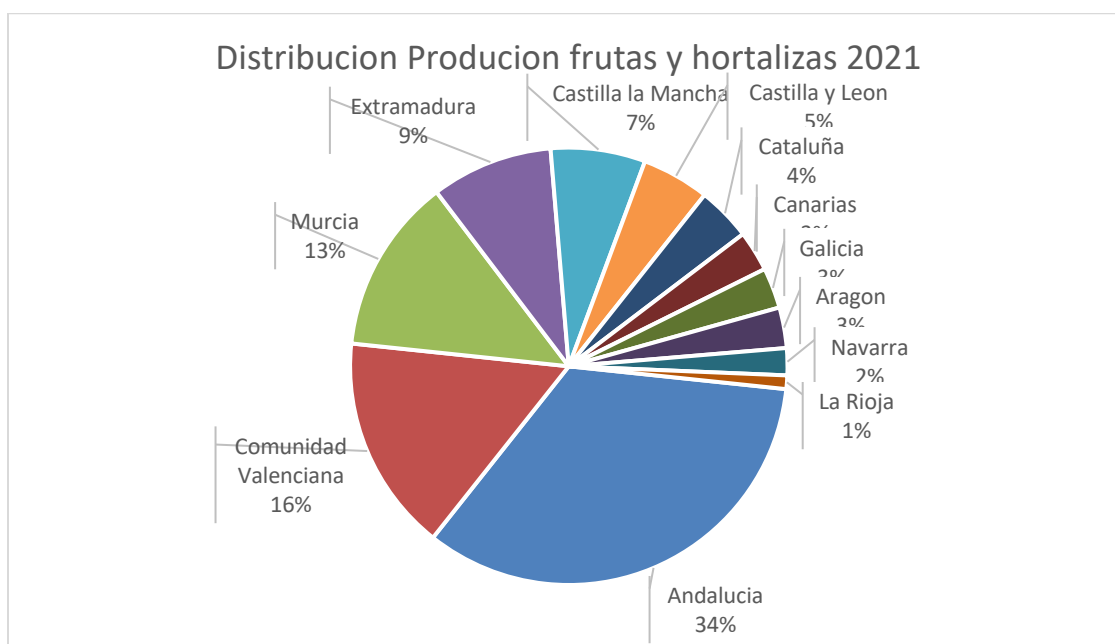


FIGURA 6. DISTRIBUCIÓN PRODUCCIÓN FRUTAS Y HORTALIZAS 2021[6]

2.3 Motivación Social

La responsabilidad social es otro de los motivos que justifican la importancia de este proyecto, ya que obliga a la sociedad a minimizar al máximo las pérdidas y desperdicios alimentarios. La planificación y organización de las plataformas de distribución hortofrutícola pueden ayudar a reducir de manera significativa la pérdida de alimentos en la cadena alimentaria antes de llegar al minorista, y a su vez, permitir que el consumidor conozca la procedencia, calidad y estado de la fruta que va a consumir.

Es importante diferenciar entre las pérdidas y el desperdicio de alimentos. Las pérdidas de alimentos se refieren a la disminución de la cantidad de alimentos destinados al consumo humano en cualquier etapa de la cadena alimentaria antes de llegar al consumidor final. Por otro lado, el desperdicio de alimentos se refiere a los alimentos destinados al consumo humano que se descartan o se deterioran una vez que llegan al consumidor final, independientemente de la causa. El acrónimo PDA (Pérdidas y Desperdicio de Alimentos) se utiliza para referirse a ambas situaciones. Una gestión transparente y confiable puede contribuir a reducir significativamente las PDA y a promover una producción y consumo sostenibles en beneficio del medio ambiente y la sociedad en su conjunto.

2.3.1 El desperdicio de alimentos en el mundo[11]

Según la FAO, aproximadamente un tercio de toda la comida producida en el mundo, lo que equivale a unos 1.3 billones de toneladas, se pierde o desperdicia cada año. Esta situación es preocupante porque tiene un impacto significativo en el medio ambiente, la economía y la seguridad alimentaria. Las causas de la pérdida y el desperdicio de alimentos son diversas y van desde la ineficiencia en el transporte y la distribución, la falta de vehículos adecuados, carreteras en mal estado en países en desarrollo, hasta la falta de coordinación en la carga y descarga de alimentos perecederos. Además, se suma el desperdicio de alimentos por razones estéticas y comerciales, así como por haber superado la fecha de caducidad.

Aunque la conciencia sobre la pérdida y el desperdicio alimentario está en aumento, aún queda mucho por hacer para prevenir la pérdida y el desperdicio de alimentos en los países industrializados. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el 14% de los alimentos producidos se pierden entre la cosecha y la venta minorista, el 11% en hogares y el 5% en servicios de comida. Por consiguiente, la implementación de tecnología con el fin de garantizar la trazabilidad, gestionar la temperatura y controlar el estado ambiental, así como resolver problemas de manera inmediata, puede contribuir a disminuir las pérdidas y el desperdicio de alimentos a niveles más aceptables.

2.3.2 El desperdicio de alimentos en España[11]

El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación establece que en el año 2020 se desperdiciaron en España un total de 1,363 millones de kg de alimentos, lo que equivale a que cada persona en el país tiró a la basura alrededor de 31 kg de comida al año. De esta cantidad, 1,038 millones de kg corresponden a productos sin utilizar, mientras que 324 millones de kg a alimentos ya preparados. Además, se ha determinado que el 47% del total de los desperdicios en España proviene de frutas, verduras y hortalizas.

	Año 2019 (kg)	Año 2020 (kg)	Variación
Frutas	350,038,932	333,302,079	-5.02%
Verduras y Hortalizas	151,850,677	141,239,620	-7.51%

TABLA 1. VOLUMEN DE ALIMENTOS DESPERDICIADOS EN ESPAÑA[12]

En respuesta a la creciente preocupación por la pérdida y el desperdicio de alimentos, el 17 de junio de 2022 se presentó en el Boletín Oficial de las Cortes Generales el Proyecto de Ley de prevención de las pérdidas y el desperdicio alimentario[13]. El objetivo principal de esta ley es reducir al máximo las pérdidas y desperdicios alimentarios, garantizando así una mayor seguridad alimentaria y una gestión sostenible de los recursos. La ley aborda la problemática de manera integral, contemplando tanto medidas para la reducción de pérdidas y desperdicios alimentarios en toda la cadena de suministro, como para la promoción del consumo responsable y la sensibilización de la población. En su Artículo 1. Objeto y fines de la ley, se dice:

1. *“La presente ley tiene por objeto la prevención y reducción de las pérdidas y desperdicio de alimentos por parte de todos los agentes de la cadena alimentaria; establecer una jerarquía de prioridades; facilitar la donación de alimentos y contribuir a satisfacer las necesidades alimentarias de la población*

más vulnerable; con la finalidad general de lograr una producción y consumo más sostenible; y de sensibilizar, formar y movilizar a todos los agentes de la cadena en una gestión adecuada de los alimentos, sin perjuicio de las necesarias garantías de inocuidad de los alimentos.

2. Son fines específicos de esta ley:

[...]

c) Fomentar la donación de alimentos garantizando la seguridad alimentaria y la trazabilidad.

[...]"

2.4 Motivación Medioambiental[14]

La preocupación por el medio ambiente y la necesidad de adoptar medidas para protegerlo se ha vuelto una preocupación cada vez más urgente tanto en la sociedad como en el ámbito político. Es por lo que, en línea con esta preocupación, se ha desarrollado un proyecto de ley que busca reducir el uso del plástico en los envases de alimentos y etiquetas de productos, proponiendo en su lugar una metodología biodegradable que no contamine el medio ambiente.

Según un informe de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) de 2020, se vierten unas 229,000 toneladas de plástico cada año al mar Mediterráneo, lo que equivale a unos 500 contenedores marítimos. Por esta razón, la ley propone una solución innovadora y más respetuosa con el medio ambiente.

Recientemente se ha implementado en España el Real Decreto de Envases y Residuos de Envases[15], que establece un marco regulatorio para la gestión de envases y residuos de envases en España. Este decreto tiene como objetivo impulsar la economía circular y mejorar la gestión de los residuos. Mediante este real decreto se incorpora al ordenamiento jurídico español:

- La Directiva (UE) 2018/852 del Parlamento Europeo y del Consejo[16], de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 1994, relativa a los envases y residuos de envases.
- La Directiva (UE) 2019/904 del Parlamento Europeo y del Consejo[17], de 5 de junio de 2019, relativa a la reducción del impacto de determinados productos de plástico en el medio ambiente, en lo que se refiere a los requisitos en materia de responsabilidad ampliada del productor adicionales a aquellos que figuran en la Directiva 2008/98/CE, para aquellos envases incluidos dentro de su ámbito de aplicación.

Entre las principales novedades de esta normativa se encuentran las medidas para aumentar la reutilización de envases, fomentar la venta a granel de alimentos, prevenir la generación de residuos de envases y promover el reciclaje y marcado de los productos. Se trata de una ley pionera en el campo legislativo que servirá de ejemplo para el resto de los países de la UE.

La nueva Ley de Envases es una norma que establece objetivos en el territorio español y que será aplicable a todos los envases y sus residuos que se pongan en el mercado, independientemente de dónde se originen. Esto significa que tanto las administraciones públicas como los distribuidores, envasadores y poseedores de envases tendrán que poner los

medios necesarios para conseguir los objetivos establecidos y adoptar medidas concretas para mejorar la gestión de residuos y evitar la generación de más basura. Los objetivos de prevención incluyen:

- *La reducción del peso de los residuos de envases en un 13% en 2025 y un 15% en 2030 en comparación con 2010*
- *La reducción del 20% en el número de botellas de plástico de un solo uso en 2030*
- *Envases reciclables y, siempre que sea posible, reutilizables en 2030*
- *El fin de la comercialización de envases de plástico de un solo uso.*

Aunque también existen otras medidas que se podrían incluir para alcanzar estos objetivos algunas de ellas son:

- *Establecimiento de sistemas de depósito y devolución de envases, que permitan a los consumidores devolver los envases que hayan utilizado para su posterior reutilización o reciclaje.*
- *Promoción de la utilización de envases biodegradables o compostables, que pueden ser transformados en abono orgánico una vez que han cumplido su ciclo de vida.*
- *Fomento de la utilización de envases retornables, es decir, envases que son recogidos por el productor o el distribuidor después de su uso, para su limpieza y reutilización.*
- *Establecimiento de objetivos de reciclaje para los fabricantes y distribuidores de envases, que deben ser cumplidos a través de la implementación de medidas eficaces de gestión y reciclaje de los envases.*
- *Incentivos fiscales o económicos para aquellas empresas que adopten medidas de reducción de residuos de envases, como la utilización de envases reutilizables o la implementación de sistemas de depósito y devolución.*
- *Campañas de información y concienciación destinadas a promover el uso responsable de los envases y la importancia de su correcta gestión y reciclaje.*

En conclusión, el Proyecto de Ley 121/000107 [13]de prevención de las pérdidas y el desperdicio alimentario y el Real Decreto 1055/2022 [15]de Envases y Residuos de Envases son medidas importantes para proteger el medio ambiente y promover la economía circular. Estas leyes no solo establecen objetivos y medidas concretas para mejorar la gestión de residuos, sino que también sirven en la lucha contra el cambio climático y la protección del medio ambiente.

3 LA CADENA DE SUMINISTRO[18]

Antes de definir el método logístico planteado y de sentar las bases en las que se centrará proyecto, es necesario entender el funcionamiento de la cadena de suministro hortofrutícola. Esta cadena incluye desde la recolección de productos hortofrutícolas en el campo, hasta la comercialización en los puntos de venta, así como la gestión de inventarios y almacenamiento en centros de distribución.

La logística hortofrutícola es importante porque las frutas y hortalizas frescas son productos perecederos que requieren un manejo cuidadoso y una distribución rápida y controlada para garantizar su frescura y calidad. Los retrasos en el transporte o el almacenamiento inadecuado pueden llevar a la pérdida de calidad y reducir el tiempo de vida útil de los productos. Además, también se debe tener en cuenta factores como las regulaciones gubernamentales, las preferencias de los consumidores y las fluctuaciones estacionales en la oferta y la demanda de diferentes tipos de productos.

En resumen, la logística hortofrutícola es una parte importante de la cadena de suministro alimentaria y juega un papel clave en la distribución de frutas y hortalizas frescas a los consumidores de manera rápida y eficiente. Una definición habitual de la logística es la que se centra en las conocidas como siete erres, los siete “rights”, en referencia a las siete cosas que hay que hacer correctamente. *“La logística trata de conseguir el producto correcto, para el cliente correcto, en la cantidad correcta, en la condición correcta, en el lugar correcto, en el tiempo correcto y al coste correcto”*, según John J. Coyle. [19]

A continuación, se describen las fases más comunes que se suelen incluir en esta cadena:

- **Producción:** esta fase incluye la siembra, el cultivo y la recolección de frutas, verduras y hortalizas.
- **Procesamiento:** en esta fase, se llevan a cabo actividades como el clasificado, el empaquetado y el envasado de los productos hortofrutícolas.
- **Almacenamiento en Cooperativa:** se encarga de recibir, almacenar y laminar el flujo de mercancías.
- **Transporte:** una vez procesados, los productos hortofrutícolas se envían a diferentes puntos de venta, como supermercados, tiendas especializadas o minoristas.
- **Almacenamiento en centro logístico:** es una parte de la infraestructura logística que se encargan de recibir, almacenar y gestionar el transporte de mercancías.
- **Comercialización:** en esta fase, se lleva a cabo el transporte de la última milla y la venta de los productos hortofrutícolas a los consumidores finales.
- **Consumo:** finalmente, los productos hortofrutícolas son consumidos por los consumidores finales.

En el presente proyecto se contempla la trazabilidad de todas las fases, aunque no en todas ellas la recogida de datos es la misma. Ya que existen etapas como el transporte en las que se puede supervisar la temperatura y la humedad y existen etapas como la producción que solo se recogen los certificados de origen o de riego, pero no los datos de cada minuto.

3.1 Producción

La producción hortofrutícola en España constituye una industria de gran relevancia que abarca la cultivación de frutas, verduras y hortalizas a lo largo de todo el año, dependiendo de la ubicación y el tipo de producción.

El proceso de producción hortofrutícola se inicia con la cuidadosa selección de la tierra adecuada para cada tipo de cultivo, seguido de la preparación del suelo mediante labores de labranza y fertilización. Posteriormente, se procede a la siembra de semillas o la plantación de esquejes o bulbos, completando así el ciclo de producción.

Una vez que las plantas han germinado y comenzado a crecer, es necesario realizar labores de mantenimiento como riego, poda y control de plagas y enfermedades. Cuando las frutas, verduras y hortalizas están maduras, se recogen y se transportan a las instalaciones de procesamiento para su limpieza, empaquetado y almacenamiento.

En España existen varios y numerosos certificados que garantizan la calidad y la sostenibilidad de la producción hortofrutícola. El certificado de Agricultura Ecológica[20] se otorga a los productos que se producen siguiendo unos estándares de sostenibilidad ambiental y de bienestar animal.

Existen diferentes tipos de recogida en la producción hortofrutícola, dependiendo del tipo de cultivo y del tamaño de la explotación. La recogida manual es común en pequeñas explotaciones y consiste en recolectar las frutas y hortalizas a mano. La recogida mecanizada, en cambio, se realiza mediante máquinas especializadas y se utiliza en grandes explotaciones.

La estacionalidad es un factor importante en la producción hortofrutícola, ya que cada tipo de fruta, verdura o hortaliza tiene su propio ciclo de producción y sólo está disponible en determinadas épocas del año. Por ejemplo, las fresas suelen estar disponibles en primavera, mientras que las naranjas son más abundantes en invierno. Esta variabilidad en la disponibilidad de los productos hortofrutícolas es importante tenerla en cuenta a la hora de planificar la producción y el consumo, si bien es cierto que la industria de cultivo bajo plástico hace que la disponibilidad de las frutas y hortalizas se extienda notablemente en el tiempo.

3.2 Procesado[21]

El procesado de frutas y hortalizas es el conjunto de operaciones que se llevan a cabo para preparar estos alimentos para su consumo o para su comercialización. Algunos de los procesos que pueden incluirse en el procesado de frutas y hortalizas son los siguientes:

1. **Registro de entrada y pesaje:** Es el primer paso del procesado y consiste en registrar la entrada de la fruta u hortaliza en la instalación. Se anotan las cantidades, el origen y circunstancias de producción de la fruta u hortaliza.
2. **Entrada en línea:** Se refiere al proceso de introducir la fruta u hortaliza en la línea de producción. Esto puede incluir, por ejemplo, el descargue de la fruta u hortaliza de un camión al alimentador de una máquina.

3. **Lavado:** En este proceso se lavan las frutas y hortalizas para eliminar suciedad y residuos. Pueden utilizarse diferentes métodos de lavado, como chorros de agua o baños con solución desinfectante.
4. **Desinfección:** Es el proceso de eliminar los patógenos de la fruta u hortaliza mediante el uso de productos químicos o tratamientos térmicos. La desinfección es importante para garantizar la seguridad alimentaria de la fruta u hortaliza.
5. **Secado:** Algunas frutas y hortalizas se secan para reducir su contenido de agua y prolongar su vida útil. Esto puede hacerse de forma natural al aire libre o mediante el uso de secadores especializados.
6. **Selección:** Consiste en separar las frutas y hortalizas según diferentes criterios, como el tamaño, la forma o el estado de madurez. La selección se realiza mediante el uso de máquinas o a mano.
7. **Clasificación:** Una vez seleccionadas, las frutas y hortalizas se clasifican en diferentes categorías o grados, según sus características. Esto es importante para determinar el uso final de la fruta u hortaliza.
8. **Etiquetado:** Consiste en etiquetar o marcar el producto con una pegatina o grabado laser que lo identifique.
9. **Envasado:** En este proceso se colocan las frutas y hortalizas en envases etiquetados o grabados adecuados para su distribución y venta.
10. **Palletizado:** Durante este proceso se colocan los envases de frutas y hortalizas en pallets para facilitar su manejo y transporte.
11. **Almacenamiento en frío:** finalmente, las frutas y hortalizas se almacenan en cámaras frigoríficas para prolongar su vida útil y mantener su frescura.

3.3 Almacenamiento en Cooperativa

El almacenamiento en la cooperativa se produce después de que las frutas y hortalizas son procesadas y manipuladas. Durante esta etapa, se implementan prácticas y medidas para garantizar que los productos se mantengan frescos y conserven su calidad hasta que lleguen a los consumidores.

Las cooperativas, cuentan con instalaciones de almacenamiento diseñadas específicamente para cumplir con los requisitos de las frutas y hortalizas. Estas instalaciones están equipadas con sistemas de refrigeración y control de temperatura para asegurar que los productos se mantengan en condiciones óptimas. La refrigeración ayuda a ralentizar el proceso de maduración y descomposición, lo que permite prolongar la vida útil de los productos y mantener su frescura y sabor.

Además de la refrigeración, también se emplean técnicas de almacenamiento, como organizar los productos por lotes y apilar las cajas o contenedores de manera que se asegure una buena circulación de aire dentro de las cámaras de almacenamiento, evitando la acumulación de calor o humedad en áreas específicas.

En las cooperativas, se realizan controles de calidad y se llevan a cabo inspecciones regulares de los productos almacenados. Esto permite identificar cualquier problema o deterioro en la calidad de la fruta y tomar las medidas necesarias para mantener su calidad y seguridad.

3.4 Transporte[22], [23]

Los productos perecederos, independientemente de su naturaleza, pueden ser transportados mediante vías marítimas, terrestres o aéreas. En cada una de estas modalidades, resulta crucial mantener condiciones precisas de temperatura, humedad y luz para preservar todas sus propiedades y garantizar su integridad sanitaria e higiénica al llegar al mercado.

Industrias como la alimentaria, la cosmética, la química o la farmacéutica demandan un transporte especializado para preservar las características de sus productos desde su lugar de origen hasta su destino final. Es imprescindible que, durante el transporte en camiones, barcos, trenes o aviones, se utilicen vehículos, equipamientos y medios apropiados para asegurar el control medioambiental requerido por cada tipo de mercancía. Solo de esta manera se podrá garantizar la calidad y la frescura de los productos durante todo el proceso logístico.

3.4.1 Contenedores Reefer

Los contenedores Reefer juegan un papel esencial en el transporte de mercancías que requieren refrigeración, ya que aseguran el mantenimiento de la cadena de frío y garantizan la calidad del producto durante su traslado. Estos contenedores no solo destacan por su diseño especializado, sino también por la necesidad de una supervisión constante para asegurar que la temperatura y la humedad se mantengan dentro de los rangos adecuados. Por ello, están equipados con dispositivos de control y monitoreo que permiten supervisar y ajustar la temperatura, la humedad y el flujo de aire.

Existen diferentes tipos de contenedores Reefer, adaptados a las necesidades de cada tipo de mercancía. Los contenedores más comunes son aquellos que permiten establecer una temperatura fija con una tolerancia de $\pm 2^{\circ}\text{C}$, dentro de un rango específico de -25°C a $+25^{\circ}\text{C}$. Sin embargo, en algunos casos, se requieren temperaturas más bajas o condiciones ambientales específicas, lo que hace necesario el uso de otros tipos de contenedores Reefer. Entre estos se incluyen:

- **Reefer super Refrigerantes:** Estos contenedores, altamente demandados en el tráfico marítimo con Japón, cuentan con un motor altamente eficiente que les permite mantener la mercancía en temperaturas tan bajas como -60°C . Son especialmente solicitados para el transporte de pescados, principalmente, así como para productos farmacéuticos delicados que requieren condiciones extremas de conservación.
- **Reefer Atmósfera Controlada:** Estos contenedores poseen un sistema interno especial que posibilita el control de la presión atmosférica, lo que resulta útil, por ejemplo, para regular el proceso de maduración en ciertas frutas. Además, algunos de estos contenedores tienen la capacidad de proporcionar niveles elevados de humedad.
- **Reefer Ventilados:** contenedores marítimos especialmente diseñados con aislantes térmicos y/o materiales especiales de aislamiento. Estos contenedores cuentan con motores especiales, que aseguran una óptima ventilación en su interior. Se utilizan principalmente para el transporte de productos como patatas, ajos secos, cebollas, café, entre otros.

3.4.2 Transporte marítimo[24], [25]

El transporte marítimo se destaca como uno de los medios más utilizados para el envío de mercancías sensibles, especialmente en operaciones de exportación. Los buques y contenedores frigoríficos juegan un papel fundamental en el mantenimiento de la cadena de frío, ya que permiten un estricto control y una adecuada conservación de los alimentos durante todo el trayecto.

Los buques frigoríficos se destacan por su capacidad de refrigeración, garantizando una circulación eficiente del aire en el entorno de la carga. Asimismo, cuentan con sistemas de ventilación y circulación de aire que aseguran una distribución uniforme de la temperatura en el espacio de carga. Adicionalmente, están equipados con sensores de temperatura y humedad que monitorean de forma continua la mercancía durante el traslado. Entre los tipos fundamentales de buques refrigerados se encuentran:

- **Buque de carga convencional:** En este tipo de barcos las mercancías se introducen en el interior a través de escotillas ubicadas en la cubierta principal y con la ayuda de grúas.
- **Buque con puerta en el costado:** En este caso las mercancías se introducen palletizadas a través de grandes puertas ubicadas en los costados del barco y para su carga se utilizan sistemas mecanizados.
- **Buque portacontenedores refrigerados:** Son buques en los que la carga refrigerada viaja dentro de contenedores Reefer que cuentan con su propio sistema de refrigeración, el cual funciona gracias a la energía que toman de la planta eléctrica del barco.

El transporte marítimo de mercancías en contenedor se ha convertido en la modalidad más ampliamente utilizada en el comercio internacional en la actualidad. Esta opción de transporte marítimo ofrece numerosas ventajas para el envío frecuente de mercancías comunes, con tarifas más económicas y una gran flexibilidad en el tipo de carga en comparación con otras modalidades de transporte.

Los contenedores de carga representan una solución logística muy popular en el transporte marítimo debido a que sus dimensiones están estandarizadas por normas ISO. Esto facilita su estandarización y la posibilidad de apilarlos y conectarlos con distintos tipos de vehículos de otras modalidades, como el transporte terrestre o ferroviario, permitiendo así un eficiente transporte intermodal. Dentro de los contenedores, la mercancía viaja de manera segura y eficiente, ya sea empaquetada, en big bags, sobre tablas o palletizada, lo que optimiza el espacio interior del contenedor y protege la mercancía de posibles daños durante el transporte. Además, los contenedores suelen estar equipados con sistemas de seguridad que garantizan la integridad de la carga durante todo el trayecto. Existen dos modalidades principales de transporte en contenedores marítimos:

- **Full Container Load (FCL):** Esta modalidad se refiere al envío de un contenedor completo cuya carga pertenece exclusivamente a un único vendedor. En otras palabras, el contenedor es reservado en su totalidad para la empresa que ha contratado el servicio de transporte, sin compartirlo con otras cargas. No es necesario que la

carga ocupe todo el espacio disponible en el contenedor; lo importante es que se utilice el contenedor en su totalidad por parte del remitente.

- **Less than Container Load (LCL):** En esta modalidad, un contenedor es compartido entre mercancías de distintos usuarios. Por esta razón, también se le conoce como "contenedor compartido". En lugar de reservar un contenedor completo para su carga, los remitentes pueden optar por compartir el espacio del contenedor con otras mercancías de diferentes empresas o vendedores. Esta opción es especialmente útil para aquellos envíos que no llenan un contenedor completo y permite una utilización más eficiente de la capacidad del contenedor.

Hay cuatro aspectos esenciales que se deben tener en cuenta a la hora de escoger uno u otro tipo de transporte:

- **Volumen de la mercancía.** La cantidad de carga es el factor decisivo.
- **Seguridad de la carga.** El nivel de seguridad se incrementa con la reducción de trasbordos y manipulaciones.
- **Costes del envío.** El precio del servicio de transporte es determinante.
- **Urgencia.** El tiempo de transporte es el último de los factores determinantes.

	Full Container Load (FCL)	Less than Container Load (LCL)
Volumen de envío	Está opción es más económica cuando la mercancía supera los 10 palés estándar, 11 pallets europeos o 14 m ³ .	La mejor opción para cargas de entre 2 m ³ y 13 m ³ .
Seguridad de carga	La mercancía viaja con el contenedor sellado desde el punto origen al destino.	Recomendable para mercancía resistente o compacta.
Coste transporte	Los precios son más económicos, pero las tarifas fluctúan mucho más que las de LCL.	Las tarifas de los servicios LCL son más estables.
Tiempos de entrega	Recomendable para los envíos con tiempos ajustados o que deben estar en destino en una fecha estipulada	El tiempo de transporte es más amplio y no siempre garantiza la fecha de entrega.

TABLA 2. DIFERENCIAS ENTRE TIPOS DE TRANSPORTES[24]

3.4.3 Transporte aéreo

El transporte aéreo de mercancías ha experimentado un notable crecimiento en las últimas décadas, siendo cada vez más utilizado por empresas para asegurar el rápido y eficiente transporte de sus productos. Específicamente, en el sector hortofrutícola, el transporte aéreo ha ganado popularidad como opción para exportar productos frescos y perecederos, asegurando que lleguen en óptimas condiciones a destinos incluso a miles de kilómetros de distancia.

Las compañías aéreas han desarrollado sistemas de transporte que garantizan la calidad y frescura de los productos hortofrutícolas durante el viaje. Los contenedores utilizados en el transporte aéreo están equipados con sistemas de refrigeración que mantienen las

temperaturas adecuadas para la conservación de los productos. Estos contenedores tienen tamaños definidos por normas ISO, lo que permite que se apilen y se conecten con otros tipos de vehículos de distintas modalidades, como el transporte terrestre o ferroviario.

La correcta gestión de las temperaturas resulta fundamental para evitar el deterioro de la mercancía. En el caso de productos hortofrutícolas, las temperaturas varían según el tipo de producto y su estado de madurez. Por ejemplo, para frutas y hortalizas frescas, la temperatura ideal suele oscilar entre 0 y 5 grados centígrados, aunque algunos productos como las fresas o los arándanos pueden requerir temperaturas más bajas, entre -1 y 0 grados centígrados.

Además, el transporte aéreo destaca por reducir significativamente los tiempos de entrega, lo cual es de vital importancia en el sector hortofrutícola, donde la frescura de los productos es esencial para garantizar su calidad y aceptación en los mercados de destino. Por todas estas razones, el transporte aéreo de productos hortofrutícolas se ha convertido en una opción cada vez más popular entre los productores y exportadores.

3.4.4 Transporte por carretera[26]

El transporte en camión de mercancía perecedera implica que el vehículo debe estar equipado con un sistema de refrigeración o congelación y tiene que estar identificado con una placa ATP[22] y con una marca que especifique las particularidades del transporte. Existen diferentes tipos de vehículos para el transporte con temperatura controlada:

- **Isotermo:** dispone de paredes, techo, puertas y suelo aislantes.
- **Refrigerado:** dispone de una fuente de frío que permite que la temperatura en su interior pueda bajar, llegando hasta los $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 - **Clase A:** $a + 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ como máximo
 - **Clase B:** $a - 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ como máximo
 - **Clase C:** $a - 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ como máximo
 - **Clase D:** $a 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ como máximo
- **Frigorífico:** está equipado con un dispositivo de producción de frío que permite bajar la temperatura hasta dejarla constante en un intervalo de entre $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 - **Clase A.** Unidad frigorífica provista de un dispositivo de producción de frío que la temperatura pueda elegirse entre $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, ambos incluidos.
 - **Clase B.** Unidad frigorífica provista de un dispositivo de producción de frío que la temperatura pueda elegirse entre $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, ambos incluidos.
 - **Clase C.** Unidad frigorífica provista de un dispositivo tal de producción de frío que la temperatura pueda elegirse entre $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, ambos incluidos.
 - **Clase D.** Unidad frigorífica provista de un dispositivo de producción de frío que la temperatura sea igual o inferior a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 - **Clase E.** Unidad frigorífica provista de un dispositivo de producción de frío que la temperatura sea igual o inferior a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 - **Clase F.** Unidad frigorífica provista de un dispositivo de producción de frío que la temperatura sea igual o inferior a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Los contenedores Reefer se transportan comúnmente sobre plataformas enganchadas a una cabeza tractora, lo que permite una fácil movilidad en carretera. Los equipos de refrigeración que incorporan estos contenedores funcionan mediante un sistema eléctrico que se alimenta a través de una toma eléctrica cuando se encuentran en tierra, permitiendo así mantener una temperatura constante en el interior del contenedor. Además, estos contenedores suelen contar con sistemas de ventilación y control de humedad para asegurar una correcta conservación de los productos durante todo el transporte. Sin duda, la utilización de estos contenedores Reefer es una opción muy efectiva para garantizar la calidad de los productos perecederos durante su transporte a través de largas distancias.

3.4.5 Transporte ferroviario[27], [28]

Al hablar del transporte de productos perecederos, a menudo se piensa en camiones frigoríficos, contenedores Reefer para el transporte marítimo o aviones para envíos urgentes y delicados. Sin embargo, el ferrocarril es una opción igualmente válida para esta tarea.

Los datos del INE de 2018 muestran que más de 361,000 toneladas de productos alimenticios, bebidas, tabaco y más de 1.5 millones de toneladas de productos agrícolas, ganaderos, de caza, silvicultura y pesca se transportaron en tren. Esto indica que el ferrocarril es cada vez más utilizado en el sector hortofrutícola, especialmente para productos que requieren una cadena de frío constante y controlada.

En 2019, se implementó el servicio directo CoolRail de Euro Pool System, que transporta productos frescos a temperatura controlada de forma sostenible y eficiente, conectando Valencia con Rotterdam y otros destinos como el Reino Unido, Países Nórdicos, Alemania y Polonia. El servicio es tan rápido como el transporte por carretera, pero mucho más sostenible, reduciendo entre un 70% y 90% las emisiones de CO₂ en sus rutas.

En España, destaca un servicio ferroviario operado por Medway entre el puerto de Sevilla, la terminal intermodal de Córdoba y el puerto de Valencia. Esta conexión se estableció en 2018 para atender a los productores y exportadores de productos agroalimentarios.

Aunque el transporte por carretera sigue siendo más económico, sus limitaciones en términos de tiempos de conducción, restricciones al tráfico pesado y la creciente preocupación por la sostenibilidad están llevando a los cargadores a considerar otras opciones, como la intermodalidad, combinando el uso del tren y el camión.

Es esencial tener en cuenta que los diferentes protocolos y anchos de vía en cada país pueden limitar la viabilidad del ferrocarril en ciertas rutas, lo que afecta su capacidad de competir en general con otros medios de transporte. Sin embargo, el transporte ferroviario puede ser una opción interesante para aquellos productos que se puedan planificar con antelación para aprovechar las ventajas que ofrece el tren en términos de eficiencia y sostenibilidad.

3.4.6 Comparativa de los tipos de transporte

La elección depende de las respuestas a una serie de cuestiones:

- ¿Desde dónde y hacia dónde se va a enviar la mercancía?
- ¿Con qué rapidez se necesita mandar?
- ¿Cuánto pesa y qué volumen tiene la carga?
- ¿Cuenta con características especiales?
- ¿Qué presupuesto se tiene para el transporte?

Se pueden resumir a grandes rasgos las características que dominan en cada tipo de transporte:

	Carretera	Ferrocarril	Aéreo	Marítimo
Coste	Medio	Bajo/medio	Alto	Bajo/medio bajo
Velocidad (km/h)	0-96	0-80	0-900	0-32
Frecuencia	Muy buena	Regular	Buena	Limitado
Accesibilidad	Extensa	Limitada	Limitada	Restringido
Fiabilidad	Muy buena	Buena	Muy buena	Limitada

TABLA 3. CARACTERÍSTICAS DE CADA TIPO DE TRANSPORTE[29]

3.4.7 Acuerdo sobre transportes internacionales de mercancías perecederas[30]

El transporte de mercancías perecederas es un aspecto fundamental en la industria alimentaria, ya que muchos productos necesitan ser transportados a bajas temperaturas para mantener su frescura y calidad hasta su llegada al consumidor final. Por lo tanto, es importante que se cumplan ciertas normas y regulaciones que aseguren la integridad de los alimentos durante el transporte.

El Real Decreto 1202/2005[31], del 10 de octubre, sobre el transporte de mercancías perecederas y los vehículos especiales utilizados en estos transportes, es una norma que regula el transporte de mercancías perecederas en vehículos con temperatura regulada. Este decreto establece que se entiende por mercancía perecedera aquellas mercancías incluidas en el Acuerdo Internacional ATP[26], del cual España es signataria.

Este acuerdo fue elaborado por la Comisión Económica de la ONU para Europa (CEPE-UNECE) y entró en vigor el 21 de noviembre de 1976. Se aplica en España desde esa fecha y se ha ido actualizando con el tiempo, siendo la versión vigente la del 6 de julio de 2020 [22]. El objetivo del acuerdo ATP es establecer las normas que garanticen el transporte de alimentos en condiciones óptimas para su consumo en vehículos que cumplan con las condiciones técnicas exigidas por el propio acuerdo. El acuerdo ATP incluye una lista de mercancías que se consideran perecederas y que deben ser transportadas en vehículos con temperatura regulada. Algunos ejemplos son las mercancías ultracongeladas y congeladas, leche cruda, carne roja, productos lácteos frescos, verduras crudas preparadas de alguna manera, pescado no tratado y moluscos y crustáceos no vivos.

El control y aplicación del acuerdo ATP recae en las partes contratantes, y cualquier incumplimiento puede dar lugar a acciones legales por parte de las autoridades nacionales de acuerdo con su legislación interna. Además, el acuerdo y sus anexos son objeto de enmiendas y actualizaciones periódicas a través del Grupo de Trabajo sobre transportes de mercancías perecederas (WP-11) del Comité de Transportes Interiores de la Comisión Económica para Europa.

Para cumplir con las normas del acuerdo ATP en el transporte de mercancías perecederas, es necesario utilizar vehículos isoterms, refrigerantes, frigoríficos o caloríficos, manteniendo las temperaturas establecidas legalmente para conservar los alimentos en condiciones seguras y aptas para el consumo. Además de la normativa, factores como la elección adecuada de envases y embalajes, la planificación de la ruta y los tiempos de entrega, así como la capacitación del personal encargado del transporte y manipulación de alimentos, juegan un papel fundamental en la calidad del transporte y la garantía de la seguridad alimentaria de los productos perecederos transportados.

3.5 Almacenamiento en centros logísticos[32]

Según “*Observatorio del Almacenamiento en Frio ALDEFE*”[33] de la Asociación de Explotaciones Frigoríficas, Logística y Distribución de España, la ocupación media actual de los almacenes de productos congelados en España es del orden del 80 - 81%. Los productos más almacenados son los pescados (20%), carnes (18%), elaborados (18%), verduras (17%), pan y varios (14%), lácteos (9%) y productos farmacéuticos (4%).

La extrapolación al total del sector de la información recogida por ALDEFE permite estimar la facturación del sector del almacenamiento en frío durante el tercer trimestre de 2021 en algo más de 56 millones de euros, una cifra superior en un 0,96% a la alcanzada en el segundo trimestre del 2021 (55,5 millones de euros). Es decir, la facturación anual es del orden de 250 millones de euros. Los actuales valores medios de los indicadores de actividad y facturación son los siguientes:

- *Número medio de empleados por 10.000 m³: 4,17*
- *Toneladas manipuladas por m³: 0,29*
- *Facturación media por m³: 10,33 €.*

El dimensionado de los sistemas automatizados de almacenaje para productos refrigerados no difiere mucho de uno de temperatura ambiente, aunque hay algunos aspectos de especial atención.

- En un sistema de refrigerado la optimización volumétrica es importante por los costes energéticos.
- Los materiales para mantener el frío tienen un precio elevado.
- El objetivo de minimizar las pérdidas de frío obliga a reducir al mínimo el número de puntos de comunicación con el exterior y a que el tiempo de transferencia sea el menor posible.
- Los sistemas con puertas y esclusas tienen especial importancia.
- Los equipos y estanterías deben estar diseñados para soportar las bajas temperaturas.

- Diseñar e implementar sistemas para garantizar la seguridad y comodidad de los operarios y la conservación de los productos en la cadena de frío.
- Se debe optar por sistemas de almacenamiento y recuperación automatizados que puedan adaptarse a un mercado cambiante

3.6 Comercialización

La comercialización de frutas y hortalizas en España y Europa se lleva a cabo a través de una serie de canales de venta que incluyen:

1. **Mercados mayoristas:** Estos espacios se dedican a la venta al por mayor de frutas y hortalizas frescas a distribuidores, minoristas y otros compradores profesionales. La amplia variedad de productos y los precios competitivos en los mercados mayoristas se deben a la alta demanda que los caracteriza.
2. **Mayoristas:** Las empresas mayoristas adquieren frutas y hortalizas al por mayor directamente de productores y revendedores para luego comercializarlos con minoristas y otros compradores profesionales. Los mayoristas suelen especializarse en productos específicos y brindan una amplia gama de servicios, incluyendo almacenamiento, transporte y preparación de pedidos.
3. **Minoristas:** Las compañías minoristas compran productos a mayoristas o directamente a los productores y los ofrecen al público en general. Entre los tipos de minoristas se encuentran tiendas de comestibles, supermercados, tiendas de barrio y establecimientos de productos orgánicos, entre otros.
4. **Productores:** Muchos productores de frutas y hortalizas eligen vender sus productos directamente a los consumidores finales a través de ferias de productores locales, tiendas de productos orgánicos y plataformas de venta en línea. Esta modalidad de venta les permite establecer una conexión cercana con los clientes y garantizar la calidad y frescura de sus productos hasta el momento de la compra.

La distribución de última milla representa un desafío en la comercialización de frutas y hortalizas, ya que se refiere al transporte y entrega de productos desde los centros de distribución hasta el destino final, ya sea un minorista o un consumidor final. La frescura y calidad del producto deben mantenerse durante este proceso.

En España, destacan como centros logísticos influyentes en el sector de frutas y hortalizas el Mercado Central de Abastos de Barcelona y el Mercado de Abastos de Madrid. Además, hay numerosos centros de distribución y almacenamiento en toda España que juegan un papel importante en la distribución de estos productos. En Europa, algunos de los centros logísticos más relevantes son el Mercado Mayorista de Rungis en Francia y el Mercado Mayorista de Frutas y Hortalizas de Aalsmeer en los Países Bajos. Todos estos centros desempeñan un papel clave en la distribución de frutas y hortalizas en la región.

3.7 Consumo

El consumo hortofrutícola se refiere a la adquisición y consumo de frutas y hortalizas frescas por parte de los consumidores. Los clientes de los productos valoran principalmente la calidad y frescura de estos productos, y se fijan en aspectos tales como el tamaño, la

apariciencia y el aroma para determinar si un producto es de buena calidad. Además, muchos consumidores están interesados en saber de dónde proceden los productos y si han sido cultivados de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

En cuanto a las preferencias de los consumidores, estas pueden variar ampliamente según el lugar geográfico y las culturas locales. Algunas frutas y hortalizas son más populares en ciertas áreas del mundo que en otras, y también hay diferencias en cuanto a la forma en que se consumen. Por ejemplo, en algunos lugares es común comer frutas, hortalizas y verduras como parte de una comida principal, mientras que en otros se consumen principalmente como snacks o aperitivos.

En términos de datos, los consumidores pueden estar interesados en conocer el contenido nutricional de los productos hortofrutícolas, así como cualquier información adicional que pueda ayudarles a tomar decisiones de compra informadas. Por ejemplo, algunos consumidores pueden estar interesados en saber si un producto es orgánico o si ha sido tratado con ciertos productos químicos durante el proceso de cultivo. Además, cada vez más consumidores prestan atención a la huella de carbono y el impacto ambiental de sus compras, por lo que pueden buscar información sobre la sostenibilidad de los productos hortofrutícolas.

En general, el consumo hortofrutícola es una parte importante de una dieta saludable y equilibrada, y los consumidores están cada vez más interesados en la calidad y la sostenibilidad de los productos que adquieren. Si bien las preferencias y prioridades individuales pueden variar, la mayoría de los consumidores valora la frescura, la calidad y la sostenibilidad en sus compras de frutas, hortalizas y verduras frescas.

4 OBJETIVO Y METODOLOGÍA[34]

El propósito principal de este proyecto es desarrollar una plataforma accesible y transparente que facilite la trazabilidad, planificación y organización de los productos hortofrutícolas. Para lograrlo, se plantea diseñar un sistema de trazabilidad que permita la identificación y seguimiento continuo del producto comercializado, brindando información completa y detallada sobre las manipulaciones realizadas durante la cadena de suministro que puedan afectar la frescura, seguridad alimentaria y calidad final del mismo.

4.1 Bases del Proyecto

- Los productos perecederos [35] se refieren a aquellos que pueden sufrir cambios en sus propiedades físicas, químicas y biológicas debido al paso del tiempo o al cambio de las condiciones medioambientales.
- El monitoreo de la cadena de suministro es esencial para asegurar que los productos perecederos son seguros para el consumo humano. Esto implica identificar y monitorizar los puntos críticos en los que puede producirse un riesgo potencial de contaminación o deterioro del producto, y establecer medidas para reducir este riesgo a niveles aceptables o incluso eliminarlo por completo.
- La gestión logística de productos perecederos debe asegurar que se mantengan las condiciones óptimas de conservación a lo largo de toda la cadena de suministro, incluyendo almacenamiento, transporte, expedición y manipulación. Para lograrlo, se requiere de equipos de enfriamiento capaces de mantener los rangos de temperatura y humedad apropiados para cada tipo de producto y de su monitoreo continuo. La gestión eficiente de la logística de productos perecederos depende de:
 - Disponer de un monitoreo de los datos o, dicho de otra manera, conocer dónde está el producto en cada momento y cómo se encuentra.
 - Las soluciones de etiquetado inteligente permiten una transparencia total de cada proceso, una trazabilidad rigurosa y una monitorización completa de toda la cadena de custodia del producto, desde su producción o recolección hasta la mesa. Se puede rastrear desde una pieza de fruta u hortaliza, un envase, una caja, un camión o un contenedor completo.
 - El IoT permite el diseño del software y hardware adecuado para llevar a cabo la trazabilidad de las condiciones medioambientales del producto a lo largo de toda la cadena de suministro en tiempo real o en diferido.
- El almacenamiento es un factor clave en la logística de productos perecederos y deben tenerse en cuenta aspectos tales como:
 - El estricto control higiénico y sanitario, no solo de las mercancías almacenadas, sino también de sus instalaciones y elementos de protección, pavimentos, pallets, envases, embalajes, etc.
 - Gestión FEFO (First Expires, First Out), es decir, que el primero que caduca es el primero que debe salir. Esto es posible con la rigurosa codificación de los productos según su fecha de caducidad, unas instalaciones adecuadas (como estanterías dinámicas) y un estricto control dirigido por un buen software.

- Un diseño que permita un flujo adecuado de mercancías, es decir, un diseño que facilite la reducción de tiempos de carga y descarga, reducción de tiempos entre fases del propio almacén, mínimos desplazamientos entre zonas y tiempos de espera, manipulaciones innecesarias, trayectos excesivamente largos, etc.
- En la carga y descarga se debe contar con los medios adecuados en el almacén evitando cambios de temperatura.
- El cross docking o atraque cruzado es una técnica logística altamente eficiente que permite reducir drásticamente los tiempos de almacenamiento. Consiste en recibir los productos en una plataforma, procesarlos de forma inmediata y trasladarlos directamente al muelle de salida para su envío al cliente. En lugar de almacenar los productos durante un periodo de tiempo, el modelo de atraque cruzado implica un flujo continuo y ágil de los mismos, lo que se traduce en una disminución de los costos operativos y una mayor eficiencia en la cadena de suministro.

4.2 Propuesta

Este Trabajo de Fin de Máster tiene como meta desarrollar una plataforma completa que permita la obtención de la información relevante y necesaria para la trazabilidad de frutas y hortalizas en la cadena logística. Se entiende por todo lo reflejado anteriormente, que el proceso logístico que sufre un producto hortofrutícola es el siguiente.



FIGURA 7. LÍNEA DE MANIPULACIÓN

El proyecto propuesto se basa en la creación de una plataforma en la nube utilizando Amazon Web Services (AWS) para el almacenamiento de datos de trazabilidad de frutas y hortalizas provenientes de distintas cooperativas y productores. El objetivo principal de esta plataforma es garantizar la trazabilidad de las frutas y hortalizas desde su origen hasta el almacén del centro logístico y suministrar información relevante al consumidor final, utilizando tecnologías como láser, códigos QR y etiquetas RFID.

La plataforma está orientada a dos tipos de usuarios, el cliente de la plataforma y el consumidor final. El cliente puede ser cualquier entidad que participe en la cadena de

suministro, como una cooperativa agrícola, una empresa logística, un centro de distribución alimentaria o una compañía de seguros, entre otras. Mientras que el consumidor final es la persona que consume la fruta u hortaliza.

Los clientes de la plataforma tendrán acceso a información detallada sobre cada pieza de fruta, como la temperatura y el grado higrométrico del lugar donde se almacenó, el tiempo que pasó en cada lugar y la identificación del lote al que pertenece, etc. Mientras tanto, el consumidor final solo tendrá acceso a información relevante para elegir la fruta u hortaliza, como su lugar de procedencia, los tratamientos, los certificados de calidad de la huerta donde se cultivó y la fecha de consumo preferente.

El proceso comienza con la asignación de un número identificador único en forma de código QR a cada fruta. Este código QR se grabará con láser en las frutas y al ser escaneado, redirigirá al usuario a una web que le proporcionará información relevante sobre la fruta. Además, este número identificador se relacionará a cada número identificativo de caja de consumo, de transporte o pallet que contenga las frutas, el cual será trazabilizado mediante el uso de una etiqueta RFID que será adherida a la caja de transporte o pallet. Cada vez que una caja de transporte o pallet pase por una antena RFID, se registrarán datos tales como temperatura, humedad, hora, entre otros, permitiendo tener un registro detallado del proceso logístico de las frutas.

Por lo tanto, para acceder a esta información, tanto el consumidor[36] como el cliente de la plataforma[37] deberán escanear un código QR grabado con láser en cada pieza de fruta y envase de consumo e identificarse como consumidor o cliente. Posteriormente, la interfaz de la página web mostrará la información relevante según el tipo de usuario que se haya identificado.

La información recopilada a lo largo de la cadena de suministro permitirá tener un mayor control sobre la calidad y estado de las frutas. En caso de que un comercializador, agricultor o transportista alegue que la fruta recibida está en mal estado, se podrá acceder a los datos de trazabilidad para identificar en qué punto se ha roto la cadena del frío o cambiado las condiciones medioambientales. Esto permitirá por ejemplo al agricultor protegerse y argumentar que la responsabilidad recae en una mala gestión de la cadena del frío por parte de otros actores, como el transportista o el comercializador, lo que puede resultar en seguros más baratos para el agricultor al poder demostrar la causa del deterioro.

4.3 Metodología

Para alcanzar estos objetivos se plantea una estructura metodológica que organiza el cuerpo del trabajo en dos etapas:

1. En primer lugar, se procede a recoger y analizar la información disponible sobre el tema abordado en distintas fuentes, tales como bibliografías, publicaciones, sitios web, monografías, etc. Estableciendo para ello un criterio de selección por afinidad en la casuística y relacionados con el sector hortofrutícola en España, su distribución e importancia económica, exportaciones a la UE, estructura funcional de las cooperativas hortofrutícolas, medios de transporte de productos perecederos, tipos de

- etiquetas, tecnología RFID o radiofrecuencia, medios de captación de datos, base de datos, accesibilidad a los datos.
2. En segundo lugar, se inicia el proceso de definición de los distintos componentes y elementos de la plataforma de trazabilidad. Para ello se debe determinar:
 - Con respecto a la creación de la plataforma
 - *Qué datos se deben registrar*
 - *Qué tipo de etiquetas se van a utilizar*
 - *Que medios de captación de datos se van a utilizar*
 - *Que base de datos se va a utilizar*
 - *Forma de solución problemas relacionados con el intercambio de información, la privacidad y la seguridad existen en el caso de su uso.*
 - Con respecto a la explotación de la plataforma
 - *Costes parciales y total para el establecimiento de la plataforma*
 - *Clientes potenciales de la plataforma*
 - *Financiación para la creación de la plataforma*

4.4 Recursos utilizados

Durante la realización de este Trabajo de Fin de Máster, se ha llevado a cabo una investigación, empleando diversas fuentes y recursos especializados. Se ha realizado una revisión bibliográfica rigurosa que ha abarcado artículos científicos y publicaciones relevantes sobre la trazabilidad en la logística y cadena de frío de alimentos.

Se han realizado consultas a documentos técnicos, normativas oficiales y leyes relacionadas con la trazabilidad de alimentos para establecer los marcos legales y reguladores pertinentes. Para enriquecer aún más el estudio, se ha contado con la colaboración de expertos en logística, usuarios de AWS, especialistas en seguimiento de productos y profesores universitarios con experiencia en los temas del proyecto, lo que ha brindado una perspectiva práctica y actualizada al trabajo.

Específicamente, se han mantenido conversaciones con empleados de AWS para diseñar y desarrollar la arquitectura de AWS, quienes proporcionaron una perspectiva funcional de alto nivel para la propuesta de la arquitectura, teniendo en cuenta que el diseño final requerirá mayor detalle y precisión en las conexiones entre los diferentes servicios.

Asimismo, se ha contado con la colaboración de profesores de la asignatura de IoT de la Universidad de Comillas para estudiar la viabilidad de las ideas propuestas en relación con la monitorización de las condiciones atmosféricas de los almacenes y del transporte.

En el ámbito logístico, se llevó a cabo una charla con un experto del sector que presentó en el pasado una propuesta de trazabilidad para las vacunas de la COVID-19 a la Unión Europea, la cual resultó una gran fuente de inspiración para este proyecto.

Por otro lado, en relación a la tecnología RFID, la conferencia ofrecida por Ivan Escudero, Head de RFID de INDITEX, en la Universidad Pontificia de Comillas, fue una fuente clave de inspiración y orientación al momento de plantear la metodología de seguimiento de cajas y pallets.

La combinación de todas estas diversas fuentes de conocimiento y la participación activa de expertos ha permitido obtener una visión integral y respaldar el estudio con información confiable y relevante para el desarrollo de una plataforma de trazabilidad eficiente en el ámbito de la logística y la cadena de frío de frutas y hortalizas.

4.5 Funcionamiento de la Plataforma

En este apartado se describe el proceso general de la cadena de manipulación en una cooperativa, con el objetivo de ofrecer una explicación detallada del proceso que se sigue en la manipulación de un fruto u hortaliza, por ejemplo, una manzana. En primer lugar, es importante señalar que, en el contexto de una cooperativa, normalmente se gestiona uno o dos tipos de variedades por estación. Por ejemplo, se pueden recolectar manzanas en verano y naranjas en invierno.

Cada cooperativa incluye a varios agricultores, cada uno propietario de su propia huerta. Al inicio de la temporada de recolección, los agricultores deben entregar a la cooperativa los certificados de su huerta, cantidad de agua y pesticidas utilizados, certificados de origen, certificados de abonado, entre otros. La parte administrativa de la cooperativa integra esta información en una base de datos y a partir de la cual se genera un ID identificativo único a cada agricultor. Así, cuando llegue a entregar su cosecha, solo tendrá que ingresar su ID de cooperativista en la pantalla de la máquina de pesaje correspondiente y volcar sus frutas del camión a la zona de pesaje. La máquina de pesaje guarda en la base de datos la fecha, el ID del agricultor, los kilos aportados y el tipo de fruta, así como un ID de lote que es el mismo para todas las manzanas que provienen en un mismo camión.

Una vez que todas las frutas u hortalizas del camión han sido pesadas, se debe pulsar el botón "*fin del pesaje*". En ese momento, la máquina de pesaje guarda en la base de datos todos los kilos aportados por el agricultor con su correspondiente ID_Lote. Si en ese momento existiera un código QR en las frutas, sería posible escanearlo para conocer de qué agricultor es la fruta u hortaliza, dónde ha sido cultivada y qué certificados tiene.

Una vez finalizado el pesaje de las frutas u hortalizas, comienza el proceso de lavado, desinfección y secado, conocido como "*entrada en la línea*". Durante estas tres operaciones, se generan nuevos datos con los sensores y las máquinas conectadas a la plataforma, como la temperatura del agua, el uso de desinfectante y la temperatura de secado. Estos datos se almacenan en la base de datos y se relacionan con el último ID_Lote almacenado. El código programado en AWS recibe una serie de parámetros medidos por los sensores de la máquina y crea una operación con su ID_Operacion correspondiente. El único campo por completar es el ID_Lote. Para saber con qué lote se está trabajando, hace una consulta a la base de datos para conocer cuál es el último lote que no tiene una operación de limpieza/desinfección/secado en la última hora y copia su ID_Lote.

Una vez que finaliza el proceso de manipulación, se produce la selección y clasificación. Algunas cooperativas realizan la selección manualmente con operarios, mientras que otras utilizan máquinas. En ambos casos, ciertas frutas se eliminan del proceso por estar en mal estado o por otras razones y el resto se dividen en función del calibre.

En el caso considerado en esta propuesta, se consideran tres líneas de procesamiento de frutas con diferentes calibres: pequeño, mediano y grande. Es importante resaltar que el calibre es categórico y solo puede tomar uno de esos tres valores. Dependiendo de la configuración de la cooperativa o del tipo de fruta o hortaliza procesada, estos valores pueden variar. Cada línea se dirige a una máquina grabadora láser de códigos QR en la piel de las frutas u hortalizas, lo cual requiere una conexión con la base de datos.

Este proceso se automatiza a través de AWS. La máquina genera un nuevo Id y lo guarda en la base de datos para posteriormente grabarlo en la fruta. Al mismo tiempo, el sistema asigna ese código QR al último ID_Lote creado en la base de datos y al ID_SubLote correspondiente a la máquina. El ID_SubLote indica el calibre de la fruta y se configura previamente por un operario al inicio del día o de la temporada. Esta configuración determina qué tamaño de frutas se asigna a cada una de las tres líneas de producción.

Una vez que las frutas están etiquetadas con los códigos QR, se pueden escanear para obtener información sobre su procedencia, la huerta de cultivo, los pesticidas utilizados, entre otros datos.



FIGURA 8. MANZANA CON QR GRABADO A LASER [38]

A continuación, se realiza una diferenciación según el formato de comercialización de las frutas u hortalizas. Las que se venden a granel se colocan en cajas de plástico plegables y se les añade una etiqueta RFID para facilitar su rastreo en la cadena logística. Por otro lado, las que se venden en envases individuales se serigrafían con una impresora que utiliza tinta alimenticia. Estos envases se introducen luego en cajas similares a las mencionadas anteriormente para facilitar su transporte. Tanto las frutas a granel como las envasadas individualmente se colocan en un pallet que también cuenta con una etiqueta RFID.



FIGURA 9. CAJA DE FRUTA PLÁSTICA[39]

Todo este proceso ocurre en una franja espacio temporal muy pequeña. Mientras se graban con el láser, se introducen en los envases individuales, que luego se colocan en las cajas, donde se asignan los ID_Fruta, ID_Envase e ID_Caja o bien, en el caso de a granel, se introducen directamente en las cajas con el RFID, que es detectado por la empaquetadora, asignándoles el ID_Fruta y el ID_Caja. En ambos casos, se asigna el ID_Caja al ID_Pallet para que, durante el viaje desde la cooperativa hasta el lugar de comercialización, el pallet sea identificado. Esto se logra gracias a la etiqueta RFID del pallet y a las asignaciones entre los diferentes IDs. De esta forma, se puede detectar rápidamente todo el contenido del pallet al detectar cualquier RFID asociado a él.

Sin embargo, el párrafo anterior se enfoca en la localización del pallet a lo largo de la cadena logística, pero no aborda la asignación de valores atmosféricos a lo largo de dicha cadena. Para ello, se debe implementar un sistema automatizado en AWS que, cada cierto tiempo, recoge los valores de las condiciones atmosféricas de los diferentes centros logísticos por los que circula la fruta. Este sistema asigna a cada medida un ID_Medida y una fecha de medida, lo que permite cruzar los datos de la posición física del pallet con las medidas tomadas en dicho lugar. De esta manera, se logra obtener un registro completo y detallado de las condiciones ambientales en las que se han transportado las manzanas a lo largo de la cadena logística.

En cuanto a los datos procedentes de los camiones y contenedores, el funcionamiento es un poco diferente, pues el proveedor de datos es el transportista el que trazabiliza las condiciones atmosféricas del interior del contenedor y que proporciona a través de una API que conecta el Remote Container Management (RCM) con la plataforma AWS para que se vuelquen los datos de una a otra.

5 EMBALAJE[15]

La fruta requiere una adecuada preservación y por ello el uso de envases que la protejan es común en muchas de ellas. En busca de promover prácticas sostenibles en la conservación de alimentos, en el presente año 2023, España implementará una nueva normativa de envases y residuos de envases que establece de forma general una cantidad mínima de 1,5 kg para la venta de frutas en envases. El objetivo primordial de esta regulación es fomentar la compra de productos a granel y la utilización de envases fácilmente reutilizables de gran tamaño o redes protectoras con volúmenes significativos. Cabe mencionar que la prohibición de envases no aplicará a aquellos alimentos que puedan deteriorarse al venderse a granel, así como a las frutas y hortalizas que se envasen bajo variedades protegidas, registradas o que cuenten con indicaciones de calidad diferenciada o de agricultura ecológica.

5.1 Sin empaquetar o a granel

El Real Decreto 1055/2022 de 27 de diciembre, regula los envases y residuos de envases, y establece que, a lo largo del año 2023, las distribuidoras y los comercios minoristas de alimentación deberán implementar medidas para ofrecer a granel aquellas frutas, hortalizas y verduras que se vendan enteras.

Dentro de este marco normativo, se establece la obligación de destinar al menos el 20% del área de ventas de los comercios minoristas de alimentación con una superficie igual o superior a 400 m² a la oferta de productos sin embalaje primario, lo cual incluye la venta a granel o mediante envases reutilizables.

5.2 Envases[40]

5.2.1 Envases de Consumo Individuales

El envasado en unidades de consumo, conocido también como preempacado, consiste en el proceso por el cual el producto es pesado y colocado en el envase que se entregará al consumidor. Por lo general, este tipo de envase contiene una cantidad aproximada de 1,5 kg del producto. Durante el empaque, el producto se coloca dentro de un envase que puede incluir elementos que lo inmovilizan y protegen.

Los envases utilizados en este proceso tienen varios propósitos importantes:

- Contener el producto y estandarizar su presentación para su comercialización.
- Proteger al producto de posibles daños mecánicos y condiciones ambientales adversas durante su transporte, almacenamiento y comercialización.
- Estar equipados con un código QR, códigos de barras u otros métodos que permitan la rastreabilidad del producto, proporcionando información relevante sobre su origen, características y procesos de producción.

Estos elementos garantizan la integridad del producto y brindan confianza tanto al consumidor como a los diferentes actores involucrados en la cadena de suministro.



FIGURA 10. ENVASES DE CONSUMO INDIVIDUALES[41]

Además, es importante destacar que, para cumplir con los requerimientos legales, estos envases de consumo individual deben ser biocompostables.

Los materiales compostables son aquellos que pueden degradarse biológicamente formando compost, produciendo en su descomposición CO_2 , agua, compuestos inorgánicos y biomasa sin generar ningún residuo tóxico y que no se pueda distinguir visualmente, es decir, obtener un compost de buena calidad. Un producto compostable es biodegradable y no todo producto biodegradable es necesariamente compostable.

5.2.2 Cajas Plegables Reutilizables

El envasado en unidades de transporte o comercialización generalmente tienen un peso que varía entre 5 y 20 kg, e incluso pueden utilizarse bolsas o cajas de mayor peso. Es esencial que este tipo de envases sean de fácil manejo y apilamiento, permitiendo que sean manipulados por una sola persona y que tengan dimensiones adecuadas para adaptarse a los vehículos de transporte.

Estos envases deben estar fabricados con materiales reutilizables, biodegradables o compostables, y deben contar con un diseño que les permita resistir la carga para la cual están destinados, incluyendo refuerzos estructurales adecuados. También este tipo de envases son frecuentemente utilizados para contener productos grandes y pesados, como melones o sandías.

5.2.3 Pallets Reutilizables

El pallet o tarima es la unidad utilizada para cargar y transportar productos tanto a nivel nacional como internacional. Las dimensiones del pallet se adaptan a los tamaños de los

contenedores, bodegas de barcos, camiones, montacargas y almacenes. Existen diferentes medidas de pallets, pero el más común en Europa, conocido como pallet europeo, tiene dimensiones de 120 x 80 cm. Dependiendo del tamaño de los envases de transporte, un pallet puede contener entre 20 y 100 unidades.

Con el objetivo de maximizar el aprovechamiento del pallet, la Organización Internacional de Estándares (ISO, norma 3394) ha propuesto un módulo con dimensiones básicas de envases de transporte de 60 x 40 cm, así como submúltiplos de 40 x 30 cm y 30 x 20 cm. Estas dimensiones estándar permiten una mejor organización y utilización del espacio en los pallets, facilitando la eficiencia en el transporte y almacenamiento de los productos.



FIGURA 11. PALLET DE TRANSPORTE DE FRUTAS Y HORTALIZAS[42]

La capacidad de carga y el número de europallets admitidos en los dos tipos de contenedores Reefer son los siguientes:

- En un contenedor Reefer de 20 pies caben 11 europallets.
- En un contenedor Reefer de 40 pies caben 25 europallets.

A continuación, se detallan las especificaciones de carga para cada tipo de contenedor Reefer:

- Reefer de 20 pies: Peso bruto: 24.000 kg; Tara: 2.140 kg; Carga útil: 21.860 kg.
- Reefer de 40 pies: Peso bruto: 30.480 kg; Tara: 3.700 kg; Carga útil: 26.780 kg.

Estas cifras indican la capacidad total de carga de cada contenedor Reefer, teniendo en cuenta el peso bruto, la tara (peso del contenedor vacío) y la carga útil máxima permitida. Es importante considerar estos valores al planificar y organizar el transporte de mercancías en contenedores Reefer.

6 ETIQUETADO[36], [43]

La trazabilidad alimentaria permite seguir el rastro de un producto a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución de un alimento. La trazabilidad proporciona a los consumidores:

- **Seguridad Alimentaria:** la trazabilidad no garantiza la seguridad, aunque constituye una herramienta de gran utilidad, que reduce los riesgos y favorece una rápida y efectiva reacción en caso de detectarse una alerta.
- **Calidad Alimentaria:** conocer todas las etapas de producción de un alimento permite disponer de una valiosa información sobre cómo y dónde ha sido producido, con qué productos ha sido tratado, quién lo ha envasado y transportado, o cómo ha sido conservado y comercializado.

Las empresas hortofrutícolas necesitan un sistema de trazabilidad basado en:

- **Trazabilidad hacia atrás:** Se recopila información detallada de todos los productos que se incorporan al proceso productivo desde su origen. Esto incluye datos sobre su procedencia, proveedores, fecha de adquisición, y cualquier otro detalle relevante que permita identificar su origen y calidad.
- **Trazabilidad del proceso:** Se registra y documenta cada etapa del proceso de logística, en especial aquellos tratamientos o procesos que puedan afectar la seguridad y salud de los productos. Esto incluye actividades como limpieza, mantenimiento de temperatura, selección y tratamientos fitosanitarios. Se documenta la fecha, la razón del tratamiento, el nombre comercial, la dosis, el número de registro y el volumen de tratamiento, garantizando la seguridad del producto en cada paso.
- **Trazabilidad hacia delante:** Este aspecto permite conocer la ubicación y destino final de los productos. Se registran datos como la variedad del producto, la parcela de origen, la cantidad cosechada, la fecha de recolección, el proceso de selección y tratamiento aplicado, la fecha de venta, el tipo y número de envases utilizados, el albarán correspondiente, entre otros. De esta manera, se puede rastrear cada producto hasta su destino final, asegurando la transparencia y calidad en la cadena de suministro.



FIGURA 12. ESQUEMA DE TRAZABILIDAD[44]

6.1 Información que deben contener las etiquetas

6.1.1 Frutas y hortalizas a granel

La información debe estar a la vista, ya sea adherida al propio alimento o en un letrero cercano.

6.1.1.1 Datos obligatorios

- **Denominación del producto:** Manzana, zanahoria, brócoli, kiwi, sandía, etc.
- **País de origen:** Nombre completo del país de donde procede ese alimento.
- **Precio por kilo:** El valor del alimento, en letra clara y legible, que no induzca a error.

6.1.1.2 Datos opcionales

Cuando se trata de ciertas frutas y hortalizas, como los espárragos, las peras o las manzanas, es necesario proporcionar información adicional al consumidor debido a la clasificación en diferentes variedades, tamaños y categorías comerciales. Tomando como ejemplo las manzanas, se deben incluir los siguientes detalles:

- **Categoría:** Las manzanas se clasifican en diferentes categorías, como Extra, I, II, entre otras.
- **Variedad:** Se debe indicar la variedad específica de la manzana, como Ambrosía, Reineta, Pink Lady, Fuji, Granny Smith, entre otras.
- **Calibre:** Es importante mencionar el tamaño de las manzanas, que puede medirse por diámetro o por peso. El calibre se expresa en milímetros o en gramos.
- **Lote:** Al igual que en el caso anterior, el número de lote es fundamental para identificar el producto y permitir el seguimiento de trazabilidad. Esto garantiza que se pueda informar con precisión al productor, comerciante o consumidor sobre el origen y otros detalles relevantes del producto.

6.1.2 Frutas y hortalizas envasadas

Cuando se trata de frutas y hortalizas envasadas, es obligatorio por ley que la etiqueta^[45]proporcione la siguiente información detallada:

- **Identificación del producto:** Se debe especificar la denominación del producto, como manzana, naranja, nectarina, entre otros.
- **Origen:** Debe indicarse claramente el país de procedencia de las frutas y hortalizas envasadas.
- **Peso neto:** Se debe proporcionar el peso del alimento sin tener en cuenta el envase en el que se encuentra.
- **Lote:** Este dato es de gran importancia para identificar el producto y permitir realizar un seguimiento de trazabilidad, proporcionando información precisa al productor, comerciante o consumidor.

- **Responsable y dirección:** Se debe incluir el nombre o razón social y la dirección del responsable del envasado, para que los consumidores sepan a quién dirigirse en caso de problemas o consultas.
- **Categoría:** Puede ser necesario especificar la categoría a la que pertenece el producto envasado, según los estándares establecidos.
- **Variedad:** En algunos casos, se puede requerir mencionar la variedad específica de la fruta o hortaliza envasada.
- **Calibre:** Es posible que se deba indicar el tamaño o calibre de las frutas y hortalizas envasadas, especialmente si se clasifican en diferentes categorías según su tamaño.

6.2 Etiquetados Utilizados

6.2.1 Grabado Laser[46], [47]

En Europa, cada año se generan alrededor de 25.8 millones de toneladas de residuos de plástico posconsumo, de las cuales apenas se recicla un 30%. Esto significa que entre 5 y 13 millones de toneladas de plástico terminan en el medio ambiente, causando graves impactos ambientales y poniendo en peligro la salud de los ecosistemas. Ante esta alarmante problemática, resulta imprescindible buscar soluciones innovadoras que ayuden a reducir la cantidad de residuos generados y a promover prácticas más sostenibles en la industria agroalimentaria.

En este contexto, el etiquetado láser de la piel de las frutas y hortalizas emerge como una alternativa prometedora. Esta tecnología revolucionaria permite marcar directamente sobre la piel de los productos, eliminando la necesidad de utilizar etiquetas adicionales, envoltorios o materiales plásticos. En lugar de eso, se utiliza un láser de dióxido de carbono que realiza un grabado suave y preciso en la superficie de la piel, sin afectar la calidad ni el sabor de los alimentos.



FIGURA 13. GRABADOS LASER SOBRE FRUTAS[48]

España se posiciona como un país pionero en el desarrollo y aplicación de esta técnica, gracias a la empresa valenciana Laserfood, que ha desarrollado toda la tecnología necesaria para llevar a cabo el etiquetado láser de frutas y hortalizas frescas. Mediante este proceso, se logra una marcación duradera y legible, sin comprometer la calidad del producto ni la seguridad alimentaria.

El etiquetado láser es útil porque contribuye de manera significativa a la reducción de residuos plásticos en la cadena agroalimentaria. Al eliminar la necesidad de envoltorios y etiquetas adicionales, se disminuye la cantidad de desechos generados, ayudando a preservar los recursos naturales y a mitigar los impactos ambientales asociados al uso excesivo de plásticos.

Además, esta técnica ofrece ventajas económicas y ambientales. En términos de costos, el etiquetado láser se estima que tiene un costo de aproximadamente 0,90 € por cada mil marcas, en comparación con los 15 € que se requerían para el etiquetado convencional. Esto supone un ahorro significativo para las empresas, al tiempo que se promueven prácticas más sostenibles y se reduce la huella de carbono en un 99,5%.

Otra ventaja importante es la posibilidad de grabar códigos QR directamente sobre la piel de las frutas y hortalizas, que proporcionan información detallada sobre el producto, como su origen, fecha de cosecha, método de cultivo, proveedor y certificaciones. Esto facilita el acceso del consumidor a información relevante, fomentando una mayor transparencia y confianza en el proceso de producción y distribución de los alimentos.

La legibilidad de los códigos QR grabados mediante etiquetado láser es alta, gracias a la precisión y durabilidad de esta tecnología. Los dispositivos móviles pueden escanear fácilmente los códigos, lo que permite a los consumidores obtener información nutricional, recomendaciones de almacenamiento e incluso recetas culinarias asociadas al producto. Esto influye en la toma de decisiones de compra.

6.2.2 Grabado con Tinta[49]

Para garantizar la seguridad y cumplir con las normativas en las plantas de envasado de frutas, hortalizas y verduras, es fundamental contar con sistemas de codificación y marcado que puedan adaptarse a diferentes formatos de envasado. En este sentido, es necesario seleccionar cuidadosamente las tintas utilizadas, teniendo en cuenta las regulaciones y recomendaciones que prohíben la transferencia de sustancias no permitidas desde el envase hacia los alimentos.[50]



FIGURA 14. ENVASE CON GRABADO[51]

Para elegir la tinta adecuada, es importante considerar los siguientes puntos:

- Evitar el uso de sustancias carcinógenas, mutágenos o tóxicas de Categoría 1, 2 o 3 (CMR).
- Garantizar que el nivel de migración de cualquier sustancia se encuentre por debajo de los límites establecidos.
- Las sustancias evaluadas toxicológicamente deben cumplir con los límites de migración segura.
- En el caso de sustancias sin datos toxicológicos disponibles, no debe detectarse migración cuando el límite de detección se establezca en 10 partes por billón (0,01 mg/kg).
- El límite general de migración de todas las sustancias no debe superar los 60 mg/kg.

Con base en estas consideraciones, se sugiere utilizar la “Tinta negra marcaje sector alimentario S5182” como una opción inicial.[52]

6.2.3 Etiquetas RFID (Radio Frequency Identification)[44], [53]

La tecnología RFID (Identificación por Radiofrecuencia) ha evolucionado significativamente desde su invención en la Segunda Guerra Mundial. En la actualidad, su consumo masivo ha llevado a una reducción considerable de costos, con etiquetas adhesivas disponibles a precios accesibles. Esta tecnología ofrece numerosas ventajas en términos de trazabilidad y seguimiento de productos, lo que la hace altamente beneficiosa en diversos sectores.

La tecnología RFID permite la identificación remota de productos sin intervención humana, lo cual agiliza los procesos y minimiza errores. Esta tecnología cuenta con diferentes variantes, dependiendo de factores como la frecuencia de operación y los estándares utilizados.



FIGURA 15. ETIQUETA RFID[53]

En el caso de frecuencias bajas (125KHz, 13,56MHz), se emplea para aplicaciones de control de accesos, identificación y tarjetas de seguridad. Estas etiquetas tienen una distancia de lectura limitada, de unos pocos centímetros. Por otro lado, la tecnología NFC (Comunicación de Campo Cercano) es una variante del RFID que funciona a baja frecuencia y tiene funciones similares a un código QR, permitiendo la programación de acciones en dispositivos móviles al acercarlos a la etiqueta.

En cuanto a la tecnología RFID de alta frecuencia (UHF 860-920MHz), se utiliza en logística y retail, ya que permite distancias de lectura de hasta 15-20 metros con el equipo adecuado. Estos tags consisten en una antena de aluminio delgada y un chip de memoria unido a ella. Existen diversos fabricantes de chips que cumplen con el estándar EPC Class1 Gen2[54], lo cual proporciona flexibilidad en el desarrollo de proyectos basados en esta tecnología.

La existencia de estándares en la tecnología RFID garantiza la compatibilidad entre tags y lectores, lo que facilita su implementación en diferentes entornos. El tamaño, material y forma de las etiquetas están relacionados con su aplicación y el material sobre el que se aplicarán. Por ejemplo, en logística se utilizan tags que maximizan la distancia de lectura y minimizan los errores, mientras que en otros casos se busca una lectura de alta calidad con un alcance limitado.

Los lectores RFID también son variados, diferenciándose en el número de antenas y las interfaces de comunicación disponibles. Es importante dimensionar correctamente el lector según la aplicación específica. Asimismo, las antenas juegan un papel fundamental, con diferentes tamaños y grosores que se adaptan a distintas necesidades, desde múltiples antenas en una cinta transportadora hasta antenas cerámicas de tamaño reducido.

Las etiquetas RFID utilizan el Código Electrónico de Producto (EPC) para identificar los productos. Este código es el equivalente al código de barras en el RFID y contiene información necesaria para el seguimiento y la trazabilidad de los productos a lo largo de la cadena de suministro.

En resumen, el uso de etiquetas RFID ofrece una solución eficiente y precisa para la trazabilidad de productos. Su capacidad de identificación remota, la flexibilidad de los estándares, y las diversas opciones de etiquetas, lectores y antenas disponibles, hacen de esta tecnología una herramienta invaluable en la gestión de inventario, logística y control de calidad en diversos sectores industriales.

7 HARDWARE NECESARIO PARA LA TRAZABILIDAD

7.1 Grabadora Laser

Con la máquina de Laser Food[55] se puede marcar las frutas y hortalizas con QRs, pequeños números y códigos de barras, diferentes patrones y formas, logotipos o complejos objetos gráficos y figuras.



FIGURA 16. GRABADORA LASER[56]

Los productos se colocan individualmente o en paquetes o cajas, o incluso pueden verse caóticamente en la cinta transportadora. La cámara 3D integrada detecta automáticamente la posición y la orientación de los objetos que se van a tratar con láser, y la información se transmite al láser y cada producto se marca según los criterios preestablecidos, pudiéndose compensar diferencias de altura de 44 mm (+/- 22 mm).

En la actualidad existe en España una amplia oferta de maquinaria para el grabado, y se dan valores de carácter general que permite estimar el costo unitario:

- La vida estimada de un tubo láser es de 5,000 a 10,000 horas.
- El consumo de energía es de aproximadamente de unos 50 kWh por mes, equivalente al consumo de 2 PC de oficina.
- El tiempo de marcado es variable en función de la complejidad de lo grabado y del tipo de fruta u hortaliza; se estima que en 1 seg. se marca una fruta grande como es el melón y 64 sí es pequeña como es un kiwi o nuez.
- Etiquetar a laser 1000 melones cuesta 0.90 €[48] frente a unos 15- 30 € que costarían las etiquetas convencionales según los tipos utilizados.[57]

Modelo	Precio
Grabadora LaserFood	24,300 €
Affordable CO ₂ Laser Fruit Marking Machine for Coconut Original[58]	7,800 €

TABLA 4. GRABADORAS LASER

Se estima que la vida media del tuno laser es de unas 7,500 horas, y por lo tanto en función de la información disponible se estima un costo de la grabadora de unos $7,500 \text{ h} \times 60 \text{ min/h} \times 60 \text{ seg/min} \times 0.0009 \text{ €/unidades} \times 1 \text{ unidad/seg} = 24,300 \text{ €}$

Como se puede apreciar en la tabla anterior, existen precios muy diferentes en función de la que maquina a la hora de hacer el cálculo de los costes del cliente. Lo cierto, es que ambas maquinas son muy diferentes, pues la segunda tiene una producción por hora mucho menor que la primera. Además, el precio de la primera se ha calculado a partir de una estimación de los datos proporcionados por la página web.

7.1.1 Inyectora de tinta

Las impresoras de inyección de tinta de caracteres grandes de la serie D100 que se proponen, adoptan la tecnología de válvula solenoide de inyección de tinta Drop-On-Demand de alta fiabilidad. Por su rendimiento se puede decir que es fiable, fuerte y duradera. Las impresoras pueden trabajar normalmente en una variedad de entornos difíciles, como el polvo, la humedad y las vibraciones. Aun con una tecnología de alta precisión su mantenimiento es mínimo.

Modelo	Precio
Sirajet Marcador DOD 32 puntos[59]	5,500 €
Sirajet Marcador DOD 16 puntos[60]	4,400 €

TABLA 5. INYECTORAS DE TINTA

7.1.2 Impresora para etiquetas RFID

Las impresoras RFID están diseñadas específicamente para escribir datos en chips RFID integrados en etiquetas inteligentes. La impresora contiene un codificador de Radio Frecuencia, que transmite los datos al chip y los codifica.

Modelo	Precio
Zebra ZT410b Impresora industrial de etiquetas	1,207 €
Zebra ZT411 Impresora industrial de etiquetas	1,320 €
Zebra ZT510 Impresora industrial de etiquetas	1,851 €
Zebra ZT610 Impresora industrial de etiquetas	2,421 €

TABLA 6. IMPRESORAS DE ETIQUETAS RFID[61]

7.1.3 Antena RFID[62], [63]

La antena unida a la etiqueta es la responsable de la transmisión de información hacia el lector RFID. Normalmente cuanto mayor es la antena mayor es el rango de lectura o distancia de identificación. Al conjunto de etiqueta RFID más antena se le conoce como transpondedor (transmisor / respondedor) o más comúnmente **tag**, es decir dispositivo que emite una señal identificable en respuesta a una interrogación. Se propone el uso de una Antena RFID de ultra-alta frecuencia para permitir la lectura de la etiqueta RFID a varios metros de distancia.

Modelo	Precio
IMPINJ THRESHOLD IPJ-A0311-USA. UHF	487 €
IPJ-REV-R420-EU12M1. UHF	1,551 €
IMPINJ GUARDWALL IPJ-A0402-EU1. UHF	2,108 €

TABLA 7. ANTENAS RFID[62]

7.1.4 Lector RFID

El lector RFID o dispositivo de escaneo puede tener su propia antena para comunicarse con el tag. Los lectores varían en forma, tamaño y potencia y pueden ser móviles o estáticos. Los sistemas RFID utilizan el cifrado y la autenticación para evitar lecturas no autorizadas. Leer tags es el proceso de comunicación mediante ondas de radio frecuencia entre un tag y un lector funcionando a una determinada frecuencia. Un lector puede escanear un tag sin tenerlo a la vista y puede procesar el escaneo de varios tags de forma simultánea, lo que es una gran ventaja con respecto a los códigos de barras.

Los **lectores de Ultra-Alta Frecuencia (UHF) RFID** pueden realizar la lectura a distancias, de varios metros. Se encuentra en un rango de frecuencia entre los 300 MHz y 3 GHz y se caracteriza por poseer una velocidad de transmisión de datos muy alta. Se propone el uso de:

- Túneles RFID[64]
- Arcos y Portales RFID[65]

Los lectores tipo túneles RFID ejecutan lecturas masivas y grabaciones de tags en bloques (cajas, bandejas, elementos unitarios fruta u hortaliza, etc.). El túnel propuesto permite leer cajas con etiquetas RFID en su interior.



FIGURA 17. TÚNEL RFID[64]

Los lectores tipo arcos y portales RFID también se caracterizan por registrar multitud de datos en movimiento en tiempo real y por su versatilidad para adaptarse a diferentes entornos.



FIGURA 18. ARCO RFID[65]

Modelo	Precio
Impinj Xspan Gateway	2,375 €
Impinj xArray Gateway	2,726 €
Impinj xArray Gateway	3,015 €

TABLA 8. ARCOS RFID

7.1.5 Sensor de humedad y temperatura[66]

Este tipo de sensores se usa en las naves de las cooperativas para estar al tanto de la temperatura y humedad. Funcionan con baterías o con corriente eléctrica y una batería extra en caso de que se vaya la luz. Con ellos se pueden conocer las condiciones atmosféricas dentro de las naves o almacenes y conectar a la nube por conexiones GPRS / NB-IoT / LTECatM1.

Modelo	Precio
UbiBot Sensor de humedad de temperatura WiFi WS1[67]	60 €
Termómetro ethernet HWg-STE[68]	195 €

TABLA 9. SENSORES DE HUMEDAD Y TEMPERATURA

8 SOFTWARE NECESARIO PARA LA TRAZABILIDAD

8.1 Software Base de Datos (AWS)

8.1.1 Introducción

El almacenamiento y gestión de variables de trazabilidad de frutas y hortalizas es un aspecto crucial en la industria alimentaria. Hay varias opciones de bases de datos, pero la elección de la plataforma adecuada dependerá de varios factores, como la cantidad de datos a almacenar, la frecuencia de actualización y el presupuesto disponible para el proyecto.

Entre las opciones recomendadas se encuentran las bases de datos relacionales como MYSQL, POSTGRESQL o SQL SERVER, que permiten manejar grandes cantidades de datos y realizar consultas complejas de manera eficiente. Estas bases de datos son escalables y pueden asimilar fácilmente el aumento en la cantidad de datos a medida que el proyecto crece. Las bases de datos relacionales almacenan los datos en forma de tablas relacionadas entre sí, lo que permite una organización efectiva de la información. Para comunicarse con estas bases de datos, se utiliza el lenguaje de consulta estructurado (SQL), que le indica al servidor qué operaciones debe realizar, como consulta, manipulación, identidad de datos y control de acceso a los datos.

Existen varios tipos de bases de datos, cada una diseñada para un propósito específico y con sus propias ventajas y desventajas:

- **Bases de datos relacionales:** Las bases de datos relacionales son las más comunes y utilizadas en la actualidad. Estas bases de datos almacenan la información en tablas relacionadas entre sí a través de Primary Keys (PK)[69] o Foreign Keys (FK)[70]. La ventaja principal de este tipo de base de datos es que los datos se organizan de manera estructurada, lo que facilita la consulta y el análisis de la información. Además, ofrecen un alto nivel de seguridad y consistencia de datos.
- **Bases de datos NoSQL:** Las bases de datos NoSQL (Not Only SQL) se utilizan para almacenar grandes volúmenes de datos no estructurados o semi estructurados. A diferencia de las bases de datos relacionales, las bases de datos NoSQL no utilizan tablas relacionales para almacenar los datos, sino que utilizan otros métodos de almacenamiento, como documentos, gráficos, columnas o clave-valor. La ventaja principal de las bases de datos NoSQL es que son escalables y pueden manejar grandes volúmenes de datos de manera eficiente
- **Bases de datos en memoria:** Las bases de datos en memoria almacenan la información en la memoria principal del servidor en lugar de en el disco duro, lo que permite un acceso más rápido a la información y una mayor velocidad en las consultas. La ventaja principal de este tipo de base de datos es su alta velocidad de acceso a los datos.
- **Bases de datos espaciales:** Las bases de datos espaciales se utilizan para almacenar información geográfica, como mapas y coordenadas. La ventaja principal de este tipo de base de datos es su capacidad para manejar datos geoespaciales y ofrecer herramientas de análisis espacial.

- **Bases de datos de grafos:** Las bases de datos de grafos se utilizan para almacenar información en forma de nodos y relaciones. Este tipo de base de datos es útil para aplicaciones que requieren un alto nivel de relaciones entre los datos, como las redes sociales o las aplicaciones de recomendación. La ventaja principal de este tipo de base de datos es su capacidad para manejar grandes cantidades de relaciones entre los datos.

La elección de la plataforma dependerá en gran medida de las necesidades del proyecto. Amazon Web Services (AWS)[71] y Microsoft Azure[72] son dos opciones populares que ofrecen una variedad de servicios de bases de datos a diferentes precios y con diferentes características.

En cuanto a la elección de la base de datos, las bases de datos relacionales como MySQL o PostgreSQL son recomendadas para proyectos grandes, complejos y consolidados, mientras que las bases de datos no relacionales como MongoDB o Cassandra son adecuadas para proyectos pequeños y económicos.

Es importante considerar el costo de la plataforma y la base de datos elegidas, ya que las bases de datos relacionales suelen ser más costosas que las no relacionales. El costo real dependerá de la cantidad de datos almacenados, la frecuencia de actualización de la base de datos y otros costos asociados con el uso de la plataforma, como el almacenamiento de datos y el ancho de banda utilizado. Por ejemplo, el costo de AWS RDS para MySQL comienza en \$0.017/hora, mientras que el costo de AWS DynamoDB comienza en \$0.00065/hora. El costo real dependerá de la cantidad de datos almacenados, la frecuencia de actualización de la base de datos y costos asociados con el uso de la plataforma, como el almacenamiento de datos y el ancho de banda utilizado.

En conclusión, la elección de la base de datos y la plataforma dependerá de factores específicos del proyecto. Es importante evaluar cuidadosamente cada opción y seleccionar la que mejor se adapte a las necesidades específicas del proyecto en términos de costo, escalabilidad y eficiencia en el manejo de grandes volúmenes de datos.

En este caso se ha decidido utilizar Amazon RDS, ya que es una base de datos relacional administrada por Amazon Web Services que es muy adecuada para el almacenamiento y gestión de datos de trazabilidad. A continuación, se detallan las principales ventajas de utilizar Amazon RDS en este proyecto:

- **Estabilidad:** Amazon RDS es altamente disponible y resistente a fallos gracias a su arquitectura de múltiples zonas de disponibilidad. Además, es muy fácil de configurar y administrar, lo que reduce la posibilidad de errores humanos y aumenta la estabilidad del sistema.
- **Seguridad:** Amazon RDS ofrece un alto nivel de seguridad mediante el cifrado de datos en reposo y en tránsito, la gestión de accesos basados en roles y la implementación de medidas de seguridad avanzadas para la protección de datos sensibles.
- **Escalabilidad:** Amazon RDS permite una fácil escalabilidad vertical y horizontal, lo que significa que se pueden aumentar los recursos de la base de datos de manera

rápida y sencilla para manejar grandes cantidades de datos. Esto es importante para el proyecto hortofrutícola, ya que se espera que se almacenen grandes cantidades de datos de trazabilidad.

- **Compatibilidad:** Amazon RDS es compatible con diferentes motores de base de datos relacionales, como MySQL, PostgreSQL y Oracle, lo que permite a los usuarios elegir el motor de base de datos que mejor se adapte a sus necesidades.
- **Capacidad de Respuesta:** Amazon RDS ofrece una latencia baja y predecible, lo que permite una rápida recuperación de datos y una buena experiencia de usuario. Además, ofrece monitoreo de rendimiento en tiempo real para ayudar a optimizar el rendimiento de la base de datos.

En cuanto a los costos, Amazon RDS ofrece una estructura de precios flexible y escalable, lo que significa que los usuarios solo pagan por lo que utilizan. Además, ofrece planes gratuitos y de bajo costo para proyectos pequeños. En resumen, Amazon RDS es una excelente opción para el almacenamiento y gestión de datos de trazabilidad de frutas y hortalizas gracias a su estabilidad, seguridad, escalabilidad, compatibilidad y capacidad de respuesta.

AWS (Amazon Web Services) es una plataforma de computación en la nube que proporciona una amplia gama de servicios para ayudar a empresas y organizaciones a escalar y crecer de manera eficiente. Estos servicios incluyen almacenamiento en la nube, bases de datos, servicios de procesamiento, redes, herramientas de análisis, etc.

En este caso, se ha decidido utilizar AWS para desarrollar la plataforma de seguimiento de frutas. La razón principal para utilizar AWS es que proporciona una infraestructura escalable y segura en la nube, lo que permite concentrarse en el desarrollo de la aplicación en lugar de preocuparse por la gestión de servidores y otros aspectos técnicos de la infraestructura.

Además, AWS ofrece una gran cantidad de servicios muy útiles para este proyecto, como AWS Lambda para procesamiento de datos y eventos, IoT Core para gestionar los dispositivos IOT, Cognito para autenticación y autorización de usuarios, Amplify para el soporte de la web y API Gateway para crear y gestionar APIs.

8.1.2 Servicios de AWS

A continuación, se describen cada uno de los servicios de AWS propuestos para el desarrollo de la arquitectura de la plataforma.

- **AWS RDS:** es un servicio de base de datos relacional completamente administrado que permite a los usuarios crear, operar y escalar fácilmente bases de datos relacionales en la nube. RDS es compatible con una amplia gama de bases de datos relacionales, incluyendo MySQL, PostgreSQL, Oracle, Microsoft SQL Server y Amazon Aurora.
- **AWS Lambda:** es un servicio de computación sin servidor que permite ejecutar código sin aprovisionar ni administrar servidores. Se puede usar para crear aplicaciones altamente escalables y disponibilidad, automatizar tareas, procesar datos en tiempo real, integrar con otros servicios de AWS, entre otras posibilidades.

- **AWS IoT Core:** es un servicio que permite conectar dispositivos IoT a la nube y procesar datos generados por ellos. Se puede usar para recopilar datos de sensores, controlar dispositivos, enviar comandos a dispositivos, analizar datos en tiempo real, entre otras funciones.
- **AWS Cognito:** es un servicio que te permite agregar autenticación, autorización y gestión de usuarios a las aplicaciones web y móviles. Se puede usar para permitir que los usuarios inicien sesión con sus propias credenciales de usuario, utilizar proveedores de identidad social, administrar usuarios y grupos, entre otras funcionalidades.
- **AWS Amplify:** es un servicio de desarrollo de aplicaciones en la nube que simplifica la creación y el despliegue de aplicaciones web y móviles. Amplify ofrece una amplia gama de funcionalidades para acelerar el desarrollo de aplicaciones, proporcionando a los desarrolladores las herramientas necesarias para crear aplicaciones escalables, seguras y de alto rendimiento.
- **AWS API Gateway:** es un servicio que te permite crear, publicar, mantener, monitorizar y proteger las APIs de forma sencilla y rápida.

8.1.3 Arquitectura en AWS

A continuación, se presenta un diagrama de la arquitectura de la plataforma en AWS, con la base de datos relacional de AWS RDS en el centro de la misma, que es la encargada de gestionar los datos de las frutas y hortalizas y sus códigos QR únicos asociados.

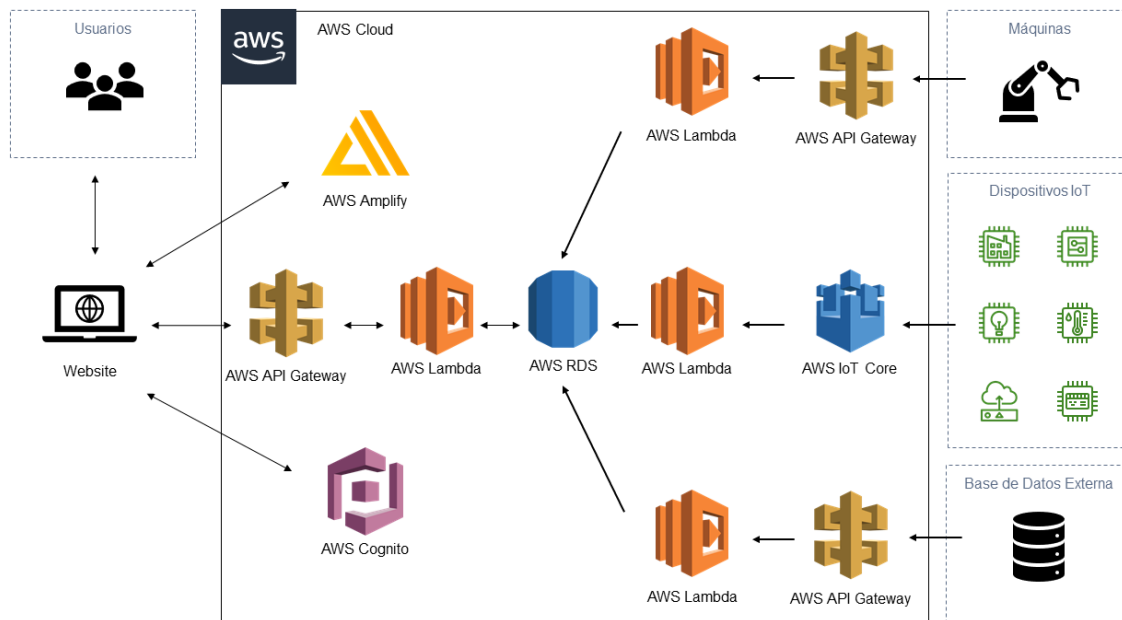


FIGURA 19. ARQUITECTURA AWS

A partir de esta base de datos, se ramifican cuatro módulos diferentes que cumplen funciones específicas:

1. El primer módulo está destinado a los usuarios finales, ya sean consumidores o clientes. Estos usuarios pueden acceder a la plataforma a través del escaneo del código QR de la fruta. Al hacerlo, son redirigidos a una página web que utiliza AWS Cognito para identificar al usuario y AWS Amplify para alojar la página web. Además, la página web se conecta con la base de datos a través de AWS API Gateway y AWS Lambda para solicitar la información específica de la fruta escaneada.
2. El segundo módulo es el encargado de la relación entre las máquinas y la base de datos. Por ejemplo, la máquina que graba los códigos QR en las frutas genera un nuevo código y lo guarda en la base de datos. Para realizar esta tarea, utiliza AWS API Gateway y AWS Lambda, que actúan como intermediarios entre la máquina láser y la base de datos.
3. El tercer módulo es el encargado de recibir los datos de los dispositivos IoT de los cooperativistas, centros logísticos y suministradores o supermercados. Este módulo utiliza AWS IoT Core y AWS Lambda para recibir los datos de los dispositivos, procesarlos y almacenarlos en la base de datos.
4. Por último, el cuarto módulo se encarga de obtener los datos procedentes de bases de datos externas como pueden ser la de los transportistas que utilizan el software Remote Container Management (RCM) para recolectar y almacenar los datos de sus camiones o contenedores marítimos. Para ello utiliza AWS API Gateway y AWS Lambda, que actúan como intermediarios entre la base de datos externa y la base de datos de la plataforma.

En resumen, la arquitectura de la plataforma se basa en una base de datos central que se conecta con diferentes módulos especializados para generar, grabar y procesar los códigos QR y los datos de las frutas y hortalizas. Todo ello gracias a la utilización de herramientas como AWS Lambda, API Gateway, IoT Core, Cognito y Amplify, que permiten una gestión sencilla y eficiente de los datos y procesos en la nube. AWS RDS es un servicio de base de datos relacional completamente administrado que proporciona una escalabilidad y alta disponibilidad integradas para permitir un rápido y predecible rendimiento en la gestión de los datos de la plataforma.

8.1.4 Base de Datos

Como se ha mencionado anteriormente se opta por hacer uso de la base de datos SQL de Amazon RDS (Relational Database Service). A continuación, se representa un esquema de la base de datos relacional desarrollada en MySQL Workbench[73], un software para la creación de bases de datos:

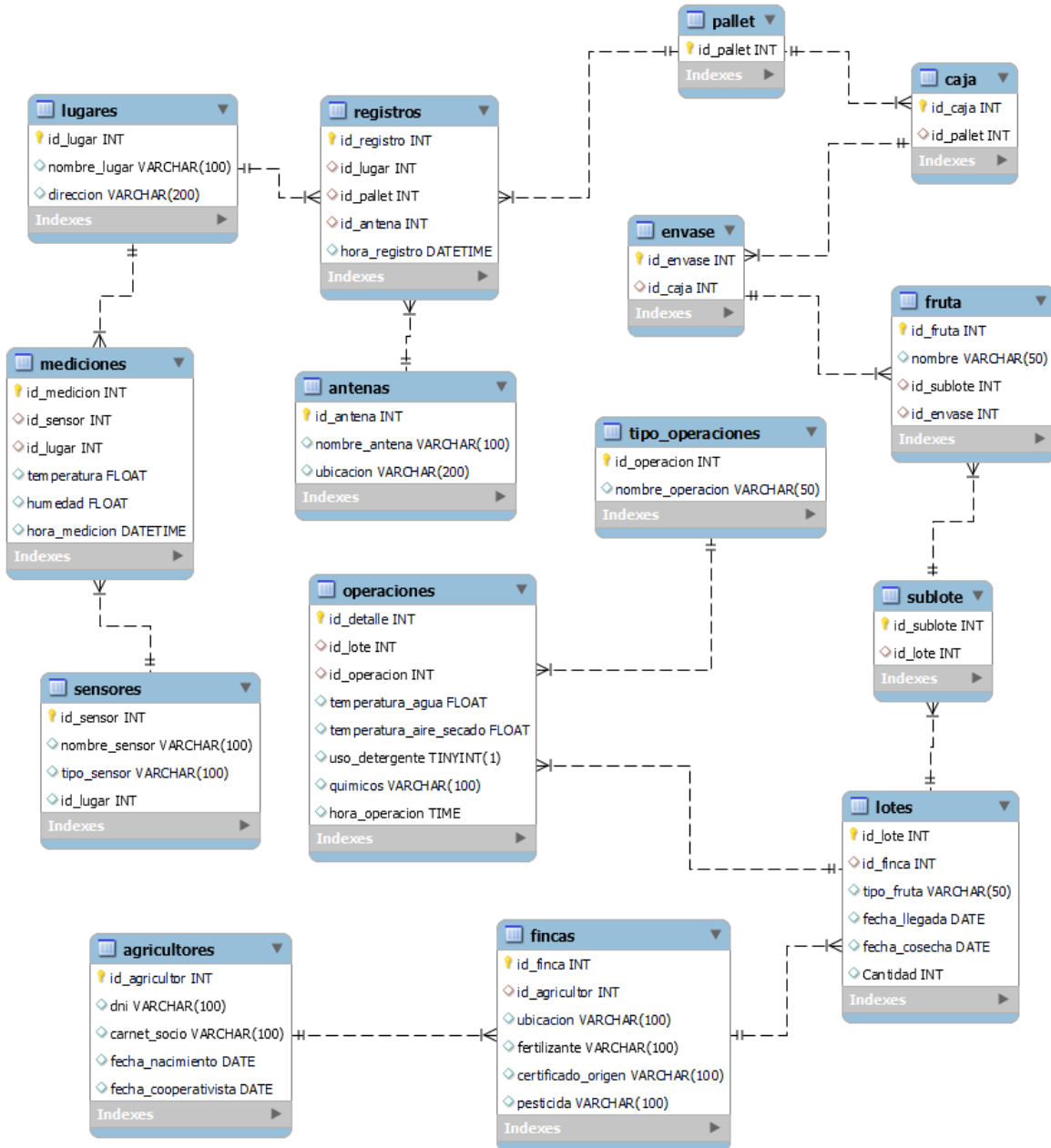


FIGURA 20. ESQUEMA DE LA BASE DE DATOS

8.1.4.1 Tablas

A continuación, se explican cada una de las tablas y se describen las variables de cada una de ellas, especificando cuales de ellas son PK y cuales FK.

La tabla "Agricultores" almacena información sobre los agricultores que participan en el sistema. Cada agricultor puede tener varias fincas, estableciendo una relación de 1:N entre la tabla "Agricultores" y la tabla "Fincas". La columna "id_agricultor" se define como Primary Key (PK) en la tabla, lo que significa que es un identificador único para cada agricultor.

	id_agricultor	dni	carnet_socio	fecha_nacimiento	fecha_cooperativista
▶	1	123456789	ABCD123	1990-01-01	2020-01-01
	2	987654321	EFGH456	1985-05-10	2018-06-15
	3	123456789A	CS001	1990-05-15	2020-01-01
	4	987654321B	CS002	1985-09-20	2015-06-10
	5	567890123C	CS003	1998-02-10	2021-03-05
*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

TABLA 10. BASE DE DATOS DE AGRICULTORES

En La tabla "Fincas" contiene información sobre las fincas asociadas a los agricultores. Cada finca está vinculada a un agricultor concreto a través de la columna "id_agricultor", que se establece como clave foránea (FK) para establecer la relación con la tabla "Agricultores". La columna "id_finca" de columna "id_finca" se define como Clave Primaria (PK) en la tabla, lo que la convierte en un identificador único para cada explotación.

	id_finca	id_agricultor	ubicacion	fertilizante	certificado_origen	pesticida
▶	1	1	Ubicación 1	Fertilizante 1	Certificado Origen 1	Pesticida 1
	2	1	Ubicación 2	Fertilizante 2	Certificado Origen 2	Pesticida 2
	3	2	Ubicación 3	Fertilizante 3	Certificado Origen 3	Pesticida 3
	4	2	Ubicación 4	Fertilizante 4	Certificado Origen 4	Pesticida 4
	5	3	Ubicación 5	Fertilizante 5	Certificado Origen 5	Pesticida 5
	6	3	Ubicación 6	Fertilizante 6	Certificado Origen 6	Pesticida 6
	7	4	Ubicación 7	Fertilizante 7	Certificado Origen 7	Pesticida 7
	8	4	Ubicación 8	Fertilizante 8	Certificado Origen 8	Pesticida 8
	9	5	Ubicación 9	Fertilizante 9	Certificado Origen 9	Pesticida 9
	10	5	Ubicación 10	Fertilizante 10	Certificado Origen 10	Pesticida 10

TABLA 11. BASE DE DATOS DE FINCAS

La tabla "Lotes" contiene registros de los lotes de frutas. Varios lotes pueden pertenecer a una misma finca, estableciendo una relación de N:1 entre la tabla "Lotes" y la tabla "Fincas". La columna "id_lote" se define como Primary Key (PK), lo que la convierte en un identificador único para cada lote. La columna "id_finca" se establece como Foreign Key (FK) para establecer la relación con la tabla "Fincas".

	id_lote	id_finca	tipo_fruta	fecha_llegada	fecha_cosecha	Cantidad
▶	1	1	Naranja	2023-01-01	2023-02-15	100
	2	1	Naranja	2023-02-10	2023-03-25	150
	3	2	Naranja	2023-01-15	2023-03-05	120
	4	3	Naranja	2023-02-20	2023-04-10	200
	5	4	Naranja	2023-03-01	2023-04-30	180
	6	2	Naranja	2023-02-05	2023-03-20	90
	7	5	Naranja	2023-01-20	2023-03-10	110
	8	3	Naranja	2023-02-15	2023-04-05	160
	9	4	Naranja	2023-02-28	2023-04-25	140
	10	5	Naranja	2023-03-10	2023-05-05	250

TABLA 12. BASE DE DATOS DE LOTES

La tabla "Operaciones" almacena registros de las operaciones realizadas en los lotes. Varias operaciones pueden estar asociadas a un mismo lote, estableciendo una relación de N:1 entre la tabla "Operaciones" y la tabla "Lotes". Además, varias operaciones pueden tener el mismo tipo de operación, estableciendo una relación de N:1 entre la tabla "Operaciones" y la tabla "Tipo_operaciones". La columna "id_detalle" se define como Primary Key (PK), lo que la convierte en un identificador único para cada operación. Las columnas "id_lote" y "id_operacion" se establecen como claves foráneas (FK) para establecer las relaciones con las tablas "Lotes" y "Tipo_operaciones", respectivamente.

	id_detalle	id_lote	id_operacion	temperatura_agua	temperatura_aire_secado	uso_detergente	quimicos	hora_operacion
▶	1	1	2	24.3652	26.2104	0	Químico A	15:46:25
	2	1	2	15.266	50.8259	0	Químico A	15:46:25
	3	1	2	27.722	29.4194	0	Químico B	15:46:25
	4	1	3	20.8164	23.0666	0	Químico B	15:46:25
	5	1	3	21.7404	57.0164	1	Químico C	15:46:25
	6	1	1	18.6701	31.0265	0	Químico C	15:46:25
	7	1	1	28.2271	34.4221	0	Químico A	15:46:25
	8	1	1	36.6781	47.7328	1	Químico C	15:46:25
	9	1	1	23.8876	30.8259	0	Químico C	15:46:25
	10	1	1	32.936	20.3446	0	Químico B	15:46:25
	11	1	2	25.7948	41.0389	1	Químico C	15:46:25
	12	1	2	32.0181	31.3971	1	Químico B	15:46:25
	13	1	1	13.2705	34.5435	0	Químico B	15:46:25
	14	1	1	20.8185	35.6073	0	Químico B	15:46:25
	15	1	3	33.7045	38.3692	0	Químico A	15:46:25
	16	1	1	38.1267	20.2221	1	Químico A	15:46:25
	17	1	1	21.7359	35.6324	0	Químico C	15:46:25
	18	1	3	19.1827	42.1497	1	Químico A	15:46:25
	19	1	1	12.4219	55.5666	0	Químico A	15:46:25
	20	1	2	34.3733	26.3518	0	Químico B	15:46:25

Tabla 13. Base de Datos de Operaciones

La tabla "Tipo_operaciones" contiene los diferentes tipos de operaciones. La columna "id_operacion" se establece como Primary Key (PK) para identificar de forma única a cada tipo de operación.

	id_operacion	nombre_operacion
▶	1	Limpieza
	2	Desinfección
	3	Secado

TABLA 14. BASE DE DATOS DE TIPOS DE OPERACIONES

La tabla "Sublote" almacena información sobre los sublotes asociados a los lotes. Varios sublotes pueden pertenecer a un mismo lote, estableciendo una relación de N:1 entre la tabla "Sublote" y la tabla "Lotes". La columna "id_sublote" se establece como Primary Key (PK), lo que la convierte en un identificador único para cada sublote. La columna "id_lote" se define como Foreign Key (FK) para establecer la relación con la tabla "Lotes".

	id_sublote	id_lote
▶	1	1
	2	1
	3	1
	4	2
	5	2
	6	2
	7	3
	8	3
	9	3
	10	4

TABLA 15. BASE DE DATOS DE SUBLOTES

La tabla "Fruta" contiene información sobre las frutas asociadas a los sublotes y envases. Varias frutas pueden pertenecer a un mismo sublote, estableciendo una relación de N:1 entre la tabla "Fruta" y la tabla "Sublote". Además, varias frutas pueden estar en el mismo envase, estableciendo una relación de N:1 entre la tabla "Fruta" y la tabla "Envase". La columna "id_fruta" se establece como Primary Key (PK), lo que la convierte en un identificador único para cada fruta. Las columnas "id_sublote" e "id_envase" se definen como claves foráneas (FK) para establecer las relaciones con las tablas "Sublote" y "Envase", respectivamente.

	id_fruta	nombre	id_sublote	id_envase	id_caja
▶	1	Naranja	7	61	3
	2	Naranja	13	16	33
	3	Naranja	23	60	2
	4	Naranja	10	78	38
	5	Naranja	2	29	22
	6	Naranja	2	9	8
	7	Naranja	13	30	3
	8	Naranja	17	30	30
	9	Naranja	22	37	6
	10	Naranja	4	13	19
	11	Naranja	2	60	12
	12	Naranja	24	97	37
	13	Naranja	10	1	37
	14	Naranja	21	15	16
	15	Naranja	25	15	12
	16	Naranja	17	100	23
	17	Naranja	9	92	8

TABLA 16. BASE DE DATOS DE FRUTAS

La tabla "Envase" almacena información sobre los envases utilizados en las cajas. Varios envases pueden estar en una misma caja, estableciendo una relación de N:1 entre la tabla "Envase" y la tabla "Caja". La columna "id_envase" se define como Primary Key (PK), lo que la convierte en un identificador único para cada envase. La columna "id_caja" se establece como Foreign Key (FK) para establecer la relación con la tabla "Caja".

	id_envase	id_caja
▶	1	18
	2	4
	3	16
	4	8
	5	7
	6	1
	7	10
	8	21
	9	28
	10	24
	11	8
	12	6
	13	29
	14	8

TABLA 17. BASE DE DATOS DE ENVASES

La tabla "Caja" contiene información sobre las cajas asociadas a los pallets. Varias cajas pueden estar asociadas a un solo pallet, estableciendo una relación de N:1 entre la tabla "Caja" y la tabla "Pallet". La columna "id_caja" se define como Primary Key (PK), lo que la convierte en un identificador único para cada caja. La columna "id_pallet" se establece como Foreign Key (FK) para establecer la relación con la tabla "Pallet".

pallet_bi	caja_bi
I	I
I	S
I	E
I	F
I	a
I	as
I	CS
I	ES
I	OS
S	a
S	v

TABLA 18. BASE DE DATOS DE CAJAS

La tabla "Pallet" almacena registros de los pallets utilizados en la operación. La columna "id_pallet" se establece como Primary Key (PK) en la tabla para identificar de forma única a cada pallet.

	id_pallet
▶	1
	2
	3
	4
	5
*	NULL

TABLA 19. BASE DE DATOS DE PALLETS

La tabla "Registros" almacena registros de eventos relacionados con los lugares, pallets y antenas. Cada registro está asociado a un lugar, un pallet y una antena, estableciendo una relación de N:1 entre la tabla "Registros" y las tablas "Lugares", "Pallet" y "Antenas", respectivamente. La columna "id_registro" se define como Primary Key (PK), mientras que las columnas "id_lugar", "id_pallet" y "id_antena" se establecen como claves foráneas (FK) para establecer las relaciones con las tablas "Lugares", "Pallet" y "Antenas", respectivamente.

	id_registro	id_lugar	id_pallet	id_antena	hora_registro
▶	1	2	1	1	2023-07-03 15:50:56
	2	1	2	2	2023-07-03 15:50:56
	3	2	3	3	2023-07-03 15:50:56
	4	1	3	2	2023-07-03 15:50:56
	5	1	2	2	2023-07-03 15:50:56
	6	3	1	2	2023-07-03 15:50:56
	7	1	3	2	2023-07-03 15:50:56
	8	1	4	2	2023-07-03 15:50:56
	9	3	1	3	2023-07-03 15:50:56
	10	3	3	2	2023-07-03 15:50:56
	11	2	4	2	2023-07-03 15:50:56
	12	3	1	1	2023-07-03 15:50:56
	13	3	2	1	2023-07-03 15:50:56
	14	3	5	3	2023-07-03 15:50:56
	15	1	5	2	2023-07-03 15:50:56
	16	2	2	3	2023-07-03 15:50:56
	17	2	5	1	2023-07-03 15:50:56
	18	1	2	2	2023-07-03 15:50:56
	19	3	1	2	2023-07-03 15:50:56
	20	1	5	1	2023-07-03 15:50:56

TABLA 20. BASE DE DATOS DE REGISTROS

La tabla "Antenas" almacena información sobre las antenas utilizadas en los registros. La columna "id_antena" se establece como Primary Key (PK) para identificar de forma única a cada antena.

	id_antena	nombre_antena	ubicacion
▶	1	Antena1	Ubicación1
	2	Antena2	Ubicación2
	3	Antena3	Ubicación3

TABLA 21. BASE DE DATOS DE ANTENAS

La tabla "Lugares" contiene información sobre los lugares relacionados con los registros. La columna "id_lugar" se establece como Primary Key (PK) para identificar de forma única a cada lugar.

	id_lugar	nombre_lugar	direccion
▶	1	Lugar A	Dirección A
	2	Lugar B	Dirección B
	3	Lugar C	Dirección C

TABLA 22. BASE DE DATOS DE LUGARES

La tabla "Mediciones" sirve como un repositorio para almacenar las mediciones de sensores capturadas en varias ubicaciones. Cada entrada de medición en esta tabla está vinculada a un sensor y una ubicación específica, estableciendo una relación N:1 con las tablas "Sensores" y "Lugares", respectivamente. La columna "id_medicion" está designada como la Clave Primaria (PK), mientras que las columnas "id_sensor" e "id_lugar" se definen como claves foráneas (FK), estableciendo las relaciones con las tablas "Sensores" y "Lugares", respectivamente.

	id_medicion	id_sensor	id_lugar	temperatura	humedad	hora_medicion
▶	1	1	1	25.5	60.2	2023-07-17 09:30:00
	2	1	1	26	58.7	2023-07-17 10:00:00
	3	2	2	28.3	55.1	2023-07-17 11:15:00
	4	3	3	22.8	63.5	2023-07-17 12:30:00
	5	2	3	24.7	59.8	2023-07-17 13:45:00

TABLA 23. BASE DE DATOS DE MEDICIONES

La tabla "Sensores" contiene información sobre los sensores utilizados en las mediciones. La columna "id_sensor" se establece como Primary Key (PK) para identificar de forma única a cada sensor.

	id_sensor	nombre_sensor	tipo_sensor	id_lugar
▶	1	Sensor A	Humedad	1
	2	Sensor B	Temperatura	2
	3	Sensor C	Humedad	3

TABLA 24. BASE DE DATOS DE SENSORES

8.1.4.2 Código

Este código de SQL consiste en una serie de instrucciones para crear tablas en una base de datos. Estas tablas están diseñadas para almacenar la información de las frutas y su relación con las cajas, envases, pallets, etc.

- Crear tabla "Agricultores"

```
CREATE TABLE Agricultores (
  id_agricultor INT PRIMARY KEY,
  dni VARCHAR(100),
  carnet_socio VARCHAR(100),
  fecha_nacimiento DATE,
  fecha_cooperativista DATE
);
```

-- Crear tabla "Fincas"

```
CREATE TABLE Fincas (
  id_finca INT PRIMARY KEY,
  id_agricultor INT,
  ubicación VARCHAR(100),
  fertilizante VARCHAR(100),
  certificado_origen VARCHAR(100),
  pesticida VARCHAR(100),
  FOREIGN KEY (id_agricultor) REFERENCES Agricultores(id_agricultor)
);
```

```
-- Crear tabla "Pallet"

CREATE TABLE Pallet (id_pallet INT PRIMARY KEY);
-- Crear tabla "Caja"
CREATE TABLE Caja (
  id_caja INT PRIMARY KEY,
  id_pallet INT,
  FOREIGN KEY (id_pallet) REFERENCES Pallet(id_pallet)
);

-- Crear tabla "Envase"

CREATE TABLE Envase (
  id_envase INT PRIMARY KEY,
  id_caja INT,
  FOREIGN KEY (id_caja) REFERENCES Caja(id_caja)
);

-- Crear tabla "Lotes"

CREATE TABLE Lotes (
  id_lote INT PRIMARY KEY,
  id_finca INT,
  tipo_fruta VARCHAR(50),
  fecha_llegada DATE,
  fecha_cosecha DATE,
  Cantidad INT,
  FOREIGN KEY (id_finca) REFERENCES Fincas(id_finca)
);

-- Crear tabla "Sublote"

CREATE TABLE Sublote (
  id_sublote INT PRIMARY KEY,
  id_lote INT,
  FOREIGN KEY (id_lote) REFERENCES Lotes(id_lote)
);

-- Crear tabla "Tipo_operaciones"

CREATE TABLE Tipo_operaciones (
  id_operacion INT PRIMARY KEY,
  nombre_operacion VARCHAR(50)
);

-- Crear tabla "Operaciones"

CREATE TABLE Operaciones (
  id_detalle INT PRIMARY KEY,
  id_lote INT,
  id_operacion INT,
  temperatura_agua FLOAT,
  temperatura_aire_secado FLOAT,
  uso_detergente BOOLEAN,
  quimicos VARCHAR(100),
  hora_operacion TIME,
```

```

    FOREIGN KEY (id_lote) REFERENCES Lotes(id_lote),
    FOREIGN KEY (id_operacion) REFERENCES Tipo_operaciones(id_operacion)
);

-- Crear tabla "Fruta"

CREATE TABLE Fruta (
    id_fruta INT PRIMARY KEY,
    nombre VARCHAR(50),
    id_sublote INT,
    id_envase INT,
    FOREIGN KEY (id_sublote) REFERENCES Sublote(id_sublote),
    FOREIGN KEY (id_envase) REFERENCES Envase(id_envase)
);

-- Crear tabla "Antenas"

CREATE TABLE Antenas (
    id_antena INT PRIMARY KEY,
    nombre_antena VARCHAR(100),
    ubicacion VARCHAR(200)
);

-- Crear tabla "Lugares"

CREATE TABLE Lugares (
    id_lugar INT PRIMARY KEY,
    nombre_lugar VARCHAR(100),
    direccion VARCHAR(200)
);

-- Crear tabla "Registros"

CREATE TABLE Registros (
    id_registro INT PRIMARY KEY,
    id_lugar INT,
    id_pallet INT,
    id_antena INT,
    hora_registro DATETIME,
    FOREIGN KEY (id_lugar) REFERENCES Lugares(id_lugar),
    FOREIGN KEY (id_pallet) REFERENCES Pallet(id_pallet),
    FOREIGN KEY (id_antena) REFERENCES Antenas(id_antena)
);

-- Crear tabla "Sensores"

CREATE TABLE Sensores (
    id_sensor INT PRIMARY KEY,
    id_lugar INT,
    nombre_sensor VARCHAR(100),
    tipo_sensor VARCHAR(100),
    FOREIGN KEY (id_lugar) REFERENCES Lugares(id_lugar)
);

-- Crear tabla "Mediciones"

CREATE TABLE Mediciones (

```

```

id_medicion INT PRIMARY KEY,
id_sensor INT,
id_lugar INT,
temperatura FLOAT,
humedad FLOAT,
hora_medicion DATETIME,
FOREIGN KEY (id_sensor) REFERENCES Sensores(id_sensor),
FOREIGN KEY (id_lugar) REFERENCES Lugares(id_lugar)
);

```

8.1.4.3 Query Registros

La consulta muestra los registros asociados a un pallet específico que contiene la fruta con ID 1. Primero, se realiza una subconsulta para obtener el ID del pallet al que pertenece la fruta. Luego, se unen las tablas "Registros", "Pallet" y "Lugares" utilizando los identificadores correspondientes.

El resultado de la consulta incluye todos los campos de la tabla "Registros", junto con el nombre del lugar y su dirección. Esto proporciona información detallada sobre cada registro, como la hora de registro, el ID del lugar y los datos de ubicación del lugar. Al relacionar los registros con los pallets y las frutas, se obtiene una visión completa de los lugares por los que ha pasado la fruta específica, lo que facilita el seguimiento de su recorrido en la cadena de suministro.

```

SELECT R.*, L.nombre_lugar, L.direccion
FROM Registros R
JOIN Pallet P ON R.id_pallet = P.id_pallet
JOIN Lugares L ON R.id_lugar = L.id_lugar
WHERE P.id_pallet = (SELECT C.id_pallet
                     FROM Fruta F
                     JOIN Envase E ON F.id_envase = E.id_envase
                     JOIN Caja C ON E.id_caja = C.id_caja
                     WHERE F.id_fruta = 1);

```

	id_registro	id_lugar	id_pallet	id_antena	hora_registro	nombre_lugar	direccion
▶	29	1	1	3	2023-07-03 15:50:56	Lugar A	Dirección A
	30	1	1	2	2023-07-03 15:50:56	Lugar A	Dirección A
	50	1	1	3	2023-07-03 15:50:56	Lugar A	Dirección A
	92	1	1	3	2023-07-03 15:50:56	Lugar A	Dirección A
	94	1	1	3	2023-07-03 15:50:56	Lugar A	Dirección A
	97	1	1	1	2023-07-03 15:50:56	Lugar A	Dirección A
	1	2	1	1	2023-07-03 15:50:56	Lugar B	Dirección B
	42	2	1	3	2023-07-03 15:50:56	Lugar B	Dirección B
	44	2	1	3	2023-07-03 15:50:56	Lugar B	Dirección B
	46	2	1	2	2023-07-03 15:50:56	Lugar B	Dirección B
	47	2	1	2	2023-07-03 15:50:56	Lugar B	Dirección B
	73	2	1	3	2023-07-03 15:50:56	Lugar B	Dirección B
	6	3	1	2	2023-07-03 15:50:56	Lugar C	Dirección C
	9	3	1	3	2023-07-03 15:50:56	Lugar C	Dirección C
	12	3	1	1	2023-07-03 15:50:56	Lugar C	Dirección C
	19	3	1	2	2023-07-03 15:50:56	Lugar C	Dirección C
	21	3	1	3	2023-07-03 15:50:56	Lugar C	Dirección C
	24	3	1	2	2023-07-03 15:50:56	Lugar C	Dirección C
	28	3	1	1	2023-07-03 15:50:56	Lugar C	Dirección C
	41	3	1	1	2023-07-03 15:50:56	Lugar C	Dirección C
	49	3	1	2	2023-07-03 15:50:56	Lugar C	Dirección C
	55	3	1	1	2023-07-03 15:50:56	Lugar C	Dirección C
	61	3	1	2	2023-07-03 15:50:56	Lugar C	Dirección C
	62	3	1	1	2023-07-03 15:50:56	Lugar C	Dirección C
	88	3	1	2	2023-07-03 15:50:56	Lugar C	Dirección C
	93	3	1	2	2023-07-03 15:50:56	Lugar C	Dirección C

TABLA 25. RESULTADO DE LA QUERY REGISTROS

8.1.4.4 Query Pallet

La consulta proporciona información sobre las frutas que se encuentran en un pallet específico, en este caso, el pallet número 2. La consulta une varias tablas de la base de datos para obtener los detalles de cada fruta. Primero, se relacionan las frutas con los envases correspondientes utilizando un identificador compartido. Luego, se relacionan los envases con las cajas a través de otro identificador compartido. Por último, se relacionan las cajas con el pallet utilizando otro identificador compartido.

El resultado de la consulta muestra el ID y el nombre de las frutas, junto con el ID del envase y el ID de la caja en la que se encuentran. Esto permite conocer cómo se organizan y almacenan las frutas en el proceso de distribución, facilitando el seguimiento y control de la cadena de suministro.

```
SELECT F.id_fruta, F.nombre, E.id_envase, C.id_caja
FROM Fruta F
JOIN Envase E ON F.id_envase = E.id_envase
JOIN Caja C ON E.id_caja = C.id_caja
JOIN Pallet P ON C.id_pallet = P.id_pallet
WHERE P.id_pallet = 2;
```

	id_fruta	nombre	id_envase	id_caja
▶	100	Naranja	5	7
	149	Naranja	5	7
	101	Naranja	7	10
	184	Naranja	11	8
	53	Naranja	12	6
	125	Naranja	12	6
	153	Naranja	14	8
	65	Naranja	17	7
	83	Naranja	32	6
	173	Naranja	45	9
	68	Naranja	64	6
	85	Naranja	64	6
	87	Naranja	64	6
	106	Naranja	68	10
	98	Naranja	83	9
	51	Naranja	97	10
	111	Naranja	97	10
	167	Naranja	97	10

TABLA 26. RESULTADO DE LA QUERY PALLETS

8.1.4.5 Query Agricultores

Esta consulta obtiene información detallada sobre las frutas que han sido cultivadas por los agricultores con los identificadores 2 y 3. Muestra datos como el tipo de fruta, la fecha de llegada, la ubicación de la finca donde se cultivaron las frutas, y detalles personales de los agricultores como su número de identificación, carnet de socio, etc.

La consulta une varias tablas, como la tabla de frutas, sublotes, lotes, fincas y agricultores, utilizando información de conexión entre ellas. Esto nos permite obtener una visión completa de las frutas junto con los detalles relacionados con los agricultores y las fincas en las que se cultivaron.

```
SELECT F.*, A.id_agricultor, A.dni, A.carnet_socio, FC.id_finca,
FC.ubicacion, FC.certificado_origen
FROM Fruta F
JOIN Sublote SL ON F.id_sublote = SL.id_sublote
JOIN Lotes LT ON SL.id_lote = LT.id_lote
JOIN Fincas FC ON LT.id_finca = FC.id_finca
JOIN Agricultores A ON FC.id_agricultor = A.id_agricultor
WHERE A.id_agricultor IN (2, 3);
```

	id_fruta	nombre	id_sublote	id_envase	id_agricultor	dni	carnet_socio	id_finca	ubicacion	certificado_origen
▶	1	Naranja	23	31	2	987654321	EFGH456	3	Ubicación 3	Certificado Origen 3
	4	Naranja	22	62	2	987654321	EFGH456	3	Ubicación 3	Certificado Origen 3
	6	Naranja	11	52	2	987654321	EFGH456	3	Ubicación 3	Certificado Origen 3
	7	Naranja	26	95	2	987654321	EFGH456	4	Ubicación 4	Certificado Origen 4
	8	Naranja	25	24	2	987654321	EFGH456	4	Ubicación 4	Certificado Origen 4
	9	Naranja	29	74	3	123456789A	CS001	5	Ubicación 5	Certificado Origen 5
	10	Naranja	19	52	3	123456789A	CS001	5	Ubicación 5	Certificado Origen 5
	12	Naranja	25	61	2	987654321	EFGH456	4	Ubicación 4	Certificado Origen 4
	15	Naranja	28	2	3	123456789A	CS001	5	Ubicación 5	Certificado Origen 5
	17	Naranja	21	96	3	123456789A	CS001	5	Ubicación 5	Certificado Origen 5
	18	Naranja	30	60	3	123456789A	CS001	5	Ubicación 5	Certificado Origen 5
	19	Naranja	28	79	3	123456789A	CS001	5	Ubicación 5	Certificado Origen 5
	21	Naranja	30	86	3	123456789A	CS001	5	Ubicación 5	Certificado Origen 5
	23	Naranja	25	81	2	987654321	EFGH456	4	Ubicación 4	Certificado Origen 4
	26	Naranja	28	43	3	123456789A	CS001	5	Ubicación 5	Certificado Origen 5
	27	Naranja	19	47	3	123456789A	CS001	5	Ubicación 5	Certificado Origen 5
	30	Naranja	10	28	2	987654321	EFGH456	3	Ubicación 3	Certificado Origen 3
	32	Naranja	27	16	2	987654321	EFGH456	4	Ubicación 4	Certificado Origen 4
	33	Naranja	11	85	2	987654321	EFGH456	3	Ubicación 3	Certificado Origen 3

TABLA 27. RESULTADO DE LA QUERY AGRICULTORES

8.2 Remote Container Management (RCM) [74], [75]

El Remote Container Management (RCM)[76], [77] ofrece a los usuarios información en tiempo real sobre las condiciones y la ubicación de los productos transportados en contenedores refrigerados. Esta tecnología ha revolucionado la industria logística al permitir el monitoreo continuo de la carga durante todo el proceso de transporte. Mediante un sistema de monitoreo digital instalado en cada contenedor refrigerado, se controla:

- Temperatura
- Humedad
- Condiciones Atmosféricas
- Ubicación de la carga utilizando tecnología GPS
- Situación energética

Una de las ventajas significativas del RCM es su capacidad para prevenir pérdidas y desperdicio de alimentos. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), aproximadamente el 14% de los alimentos producidos en el mundo se pierden antes de llegar a los minoristas, y gran parte de estas pérdidas ocurren en las etapas de producción, almacenamiento, transporte y comercialización. Con el RCM, los productores y comerciantes pueden tomar decisiones basadas en datos en tiempo real para minimizar estas pérdidas. Por ejemplo, si se detecta que la temperatura en un contenedor refrigerado está ligeramente elevada, lo cual aceleraría el proceso de maduración de los productos, se pueden tomar medidas como vender primero ese cargamento específico.

Además, la conectividad digital y la visibilidad en tiempo real de los datos permiten a los remitentes evaluar la calidad del producto, optimizar el rendimiento de la cadena de frío y tomar decisiones informadas en los envíos globales de contenedores refrigerados. Los datos se registran incluso cuando el contenedor refrigerado no está en comunicación y se pueden recuperar cuando se restablece la comunicación. Esto significa que los datos no se pierden durante las interrupciones de la comunicación y se pueden utilizar para análisis posteriores.

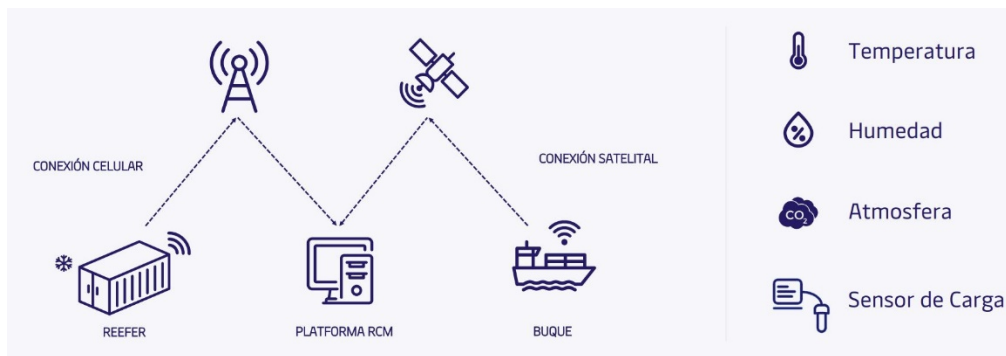


FIGURA 21. REMOTE CONTAINER MANAGEMENT (RCM)[74]

Para volcar estos datos generados por el RCM en una base de datos de AWS, es necesario utilizar una API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) que actúa como puente entre el sistema de RCM y la base de datos de AWS, permitiendo la transferencia de datos de manera segura y eficiente. La API puede ser configurada para recibir los datos generados por el sistema RCM y almacenarlos directamente en la base de datos de AWS, asegurando su disponibilidad y facilitando su posterior análisis y gestión por parte de los usuarios.

En la actualidad, el software está siendo utilizado por Maersk Line y Hamburg Süd, las cuales representan el 15,7% y 2,9% del mercado de transporte marítimo con contenedores. Esto puede limitar a las cooperativas, ya que pueden ver reducida su cartera de proveedores de transporte, pero esta iniciativa, no es más que el comienzo en una lucha por ganar clientes en este nicho, ya que se espera que la flota de contenedores inteligentes se multiplique por seis en el próximo lustro [78]

9 ANÁLISIS DE NEGOCIO

En el ámbito empresarial, encontrar una solución técnica para abordar una problemática es solo el primer paso en el camino hacia el éxito. Una vez que se ha ideado un enfoque técnico adecuado, se vuelve fundamental analizar la viabilidad económica para respaldar y dar sustento al proyecto. En este sentido, a continuación, se realiza el análisis de negocio y estudio financiero, etapas imprescindibles para evaluar la viabilidad y el rendimiento potencial de la empresa a lo largo de los próximos años.

El análisis de negocio se erige como una pieza clave en este proceso, pues permite valorar los factores que inciden directamente en la viabilidad del proyecto. Se examinan aspectos relevantes como la demanda del mercado, la competencia, los costos involucrados y los posibles riesgos que puedan surgir.

De igual forma, el estudio financiero desempeña un rol fundamental al proporcionar una visión más concreta de la trayectoria financiera de la empresa. A través de este análisis, se podrá vislumbrar cómo se espera que evolucionen los ingresos y gastos a lo largo del tiempo, así como el rendimiento económico que se prevé alcanzar. Estas proyecciones permitirán a los involucrados tomar decisiones informadas y trazar una ruta hacia el crecimiento sostenible.

9.1 Business Model Canvas[79]

El Business Model Canvas, también conocido como modelo Canvas, es una herramienta estratégica empresarial que analiza de manera dinámica los modelos de negocio. Es especialmente relevante para un proyecto como este, ya que permite simplificar y visualizar las principales áreas que deben explorarse.

El análisis del modelo Canvas se enfoca en cuatro áreas fundamentales del negocio: los segmentos de mercado, la propuesta de valor, los canales de distribución, y la viabilidad económica. Estas áreas son esenciales para comprender a quiénes se dirige el negocio, qué lo hace único, cómo llegar a los clientes y cómo generar ingresos sostenibles.

En el Canvas se exploran los segmentos de mercado para identificar a los clientes y comprender sus características y necesidades. La propuesta de valor busca definir el valor diferencial y la ventaja competitiva del negocio. Los canales de distribución determinan cómo los clientes podrán adquirir los productos o servicios. La relación con el cliente establece la forma en que la empresa se comunica y se relaciona con sus clientes. Las fuentes de ingreso se definen a partir de un equilibrio entre la demanda y la oferta, y se establecen los recursos clave y las actividades clave necesarios para el funcionamiento del modelo de negocio. Los socios clave pueden ser aliados estratégicos que contribuyen al crecimiento y desarrollo del negocio. Por último, la estructura de costes se analiza para optimizar los recursos y crear un valor añadido para el consumidor.

9.1.1 Segmentación de clientes

Esta plataforma puede incluir a dos tipos principales de clientes: las cooperativas y distribuidoras y los comercializadores.

Las cooperativas son uno de los principales grupos de interés, ya que están altamente motivadas para diferenciar sus productos a través de la trazabilidad de principio a fin, facilitando la reducción del uso de plástico y envases. Gracias a esta plataforma, podrán ofrecer una trazabilidad unitaria y detallada de sus productos, lo que les permitirá negociar mejores precios para sus seguros al poder identificar fácilmente la causa de cualquier deterioro de frutas u otros productos. Sin embargo, será necesario encontrar transportistas que trabajen con el software Remote Container Management o alguno similar con el que puedan proporcionar los datos necesarios a la plataforma. Actualmente esto no todos los transportistas tienen un software de monitorización, pero como se ha comentado anteriormente, este es una metodología que será muy común en los próximos años.

Por otro lado, los comercializadores también pueden ser clientes potenciales, aunque puede resultar más difícil captar su interés inicialmente, ya que pueden percibir que el servicio no ofrece un gran valor añadido a su cadena de suministro. No obstante, estarán interesados en colaborar con cooperativas comprometidas con la trazabilidad y la reducción de envases, ya que esto les permitirá diferenciarse de otros supermercados y ofrecer productos con trazabilidad a nivel de pieza. Es importante destacar los beneficios que pueden obtener al promover la transparencia en la cadena de suministro y responder a la creciente demanda de información detallada por parte de los consumidores.

Empresas cooperativas y distribuidoras en España (2021) [6]	1,452
Empresas de grandes superficies de alimentación (2022) [73]	25,246
TOTAL DE CLIENTES POTENCIALES	26,698

TABLA 28. CLIENTES POTENCIALES

9.1.2 Socios clave

Dentro de los socios clave se encuentran los transportistas, quienes desempeñan un papel fundamental en la implementación exitosa de la plataforma. Estos socios trabajan en estrecha colaboración con la plataforma, utilizando el software Remote Container Management para garantizar la trazabilidad y la recopilación de datos precisos de sus contenedores y camiones de transporte. Al aprovechar esta tecnología, los transportistas pueden proporcionar información detallada sobre la ubicación, temperatura, humedad y condiciones de transporte de los productos, lo que asegura un seguimiento preciso y transparente en cada etapa del viaje. Esto no solo permite una mejor gestión de la cadena de frío y la trazabilidad de principio a fin, sino que también les brinda una ventaja competitiva al diferenciarse en el mercado como proveedores comprometidos con la calidad y la transparencia.

Otro socio clave en el modelo de negocio son las aseguradoras. Al recibir información sobre qué cooperativas hacen uso de la plataforma, las aseguradoras pueden evaluar de manera más precisa el riesgo asociado a las mercancías transportadas y ofrecer pólizas de seguro más personalizadas y a precios más competitivos. La trazabilidad completa y detallada que ofrece

la plataforma es de gran valor para las aseguradoras, ya que les permite identificar con mayor facilidad la culpabilidad en caso de incidentes o pérdidas durante el transporte. Esto les brinda una mayor confianza en la gestión de riesgos y les permite ajustar precios y coberturas en función de la trazabilidad y la calidad de los procesos implementados por las cooperativas.

Además, las empresas exportadoras de frutas también desempeñan un papel clave en la cadena de valor de la plataforma. Como socios estratégicos, estas empresas deben adaptar sus instalaciones y procesos para incorporar la información necesaria sobre el estado de los productos cuando pasan por sus instalaciones. Esto implica la instalación de sensores y dispositivos de monitoreo, así como la integración de los sistemas de la plataforma para recopilar y compartir los datos relevantes. Al hacerlo, las empresas exportadoras pueden beneficiarse de la trazabilidad mejorada y la transparencia en la cadena de suministro, lo que les permite garantizar la calidad de los productos que exportan y cumplir con los requisitos regulatorios y de calidad de sus clientes internacionales. Esta colaboración les brinda una ventaja competitiva al demostrar su compromiso con la trazabilidad y la garantía de calidad, lo que les permite diferenciarse en un mercado altamente competitivo.

Finalmente, es importante tener en cuenta que los consumidores finales de las frutas y hortalizas también desempeñan un papel crucial en este contexto, pues no son clientes porque no pagan a la plataforma, pero al ser usuarios de la misma, fomentan su uso y la necesidad de las cooperativas y comercializadores por formar parte de esta red. Cada vez más conscientes de la importancia de una alimentación saludable y sostenible, valorarán especialmente aquellas frutas que puedan ofrecer un mayor grado de información y trazabilidad. Al contar con una plataforma que garantiza la trazabilidad de principio a fin y facilita la reducción de envases, los consumidores podrán tomar decisiones más informadas y confiar en la calidad y frescura de los productos que adquieren.

Empresas de seguros en España (2020) [74]	199
Empresas de logística, transporte y almacenamiento en España (2022) [75]	63,528
Empresas exportadoras de productos agrarios en España (2021) [76]	20,228
TOTAL DE CLIENTES POTENCIALES	83,955

TABLA 29. SOCIOS CLAVE

9.1.3 Propuesta de valor

La propuesta de valor de este proyecto consiste en proporcionar información precisa y confiable sobre el historial de cada pieza de fruta, desde su lugar de origen hasta su destino final, mediante el uso de códigos QR y una plataforma digital. Esto permite a los consumidores acceder a datos transparentes y accesibles sobre la procedencia de las frutas, su calidad y su seguridad alimentaria. Al escanear los códigos QR de las frutas, los consumidores pueden obtener información detallada sobre su origen, los controles de calidad aplicados y las condiciones de almacenamiento, lo que les brinda confianza y les permite tomar decisiones informadas en sus compras.

Para los intermediarios logísticos, esta propuesta de valor implica una solución eficiente y efectiva para la gestión de la cadena de suministro de frutas. Estos intermediarios pueden

acceder a información detallada sobre el historial de cada pieza de fruta, lo que les permite optimizar la gestión de inventarios, reducir los riesgos de contaminación o pérdida de calidad y mejorar la eficiencia de sus operaciones. Además, las compañías de seguros también se benefician al conocer el origen y la causa de posibles fallos o incidentes durante el transporte, lo que les permite determinar los costos de los seguros de manera más precisa y fundamentada en datos históricos. Asimismo, las empresas exportadoras de frutas pueden obtener un conocimiento en tiempo real sobre el estado de su mercancía, lo que les permite tomar medidas preventivas y garantizar la calidad de los productos que envían a mercados internacionales.

Finalmente, cabe destacar que la plataforma no solo se limita a proporcionar información a los clientes y consumidores, sino que también ayuda e impulsa a cumplir con la legislación, pues favorece el no uso de envases y el etiquetado sostenible, lo que supone un ahorro para la cooperativa que genera el margen necesario para hacer una inversión como la planteada anteriormente.

9.1.4 Relación con los clientes

La relación con los clientes de la plataforma debe basarse en una comunicación clara, transparente y orientada a satisfacer sus necesidades y expectativas. Para las cooperativas, es importante establecer una colaboración estrecha, brindando soporte y asesoramiento en la implementación de la plataforma con el hardware de sus instalaciones y la recopilación de datos necesarios para la trazabilidad. Se deben ofrecer capacitaciones y recursos para ayudar a las cooperativas a maximizar los beneficios de la plataforma, como la negociación de mejores precios para los seguros.

En el caso de los comercializadores, es fundamental destacar los beneficios competitivos que pueden obtener al asociarse con cooperativas comprometidas con la trazabilidad y la reducción de envases. Se deben realizar esfuerzos para demostrarles el valor añadido que la plataforma puede ofrecer a su cadena de suministro, como la diferenciación en el mercado y la capacidad de ofrecer productos con trazabilidad a nivel de pieza. Se puede proporcionar información detallada sobre cómo la plataforma les ayudará a mejorar la gestión de inventarios, reducir riesgos y cumplir con las demandas de los consumidores en términos de transparencia y calidad.

Con respecto a los consumidores finales, se debe establecer una comunicación clara y directa sobre los beneficios de la plataforma en términos de trazabilidad, reducción de envases y garantía de calidad. Se pueden utilizar estrategias de marketing y comunicación para resaltar cómo la plataforma les proporciona información detallada y confiable sobre el origen, la calidad y las prácticas agrícolas de las frutas. Además, se pueden fomentar programas de educación y concientización para promover la importancia de una alimentación saludable y sostenible, destacando cómo la plataforma contribuye a esos objetivos.

En general, la relación con los clientes debe estar basada en la confianza, la colaboración y la satisfacción mutua. La plataforma debe estar preparada para brindar un excelente servicio al cliente, responder rápidamente a sus consultas y preocupaciones, y adaptarse a sus necesidades cambiantes a lo largo del tiempo. La retroalimentación de los clientes debe ser

valorada y utilizada para mejorar continuamente la plataforma y mantener relaciones sólidas y duraderas con ellos.

9.1.5 Recursos clave

Los recursos clave de la plataforma de trazabilidad son fundamentales para asegurar su funcionamiento. Estos recursos incluyen tecnología de AWS, el software Remote Container Management y el hardware utilizado en los centros de distribución.

En cuanto a la tecnología, se cuenta con una infraestructura robusta y escalable proporcionada por Amazon Web Services (AWS), que permite alojar y gestionar los servidores, el almacenamiento y las redes necesarias para la plataforma. Esta tecnología nos brinda la capacidad de adaptarnos a la demanda de datos y garantizar la disponibilidad y seguridad del sistema.

El software Remote Container Management juega un papel crucial en la colaboración con los transportistas, permitiendo obtener datos precisos sobre la ubicación, temperatura y condiciones de transporte de las frutas. Esto nos permite trabajar en estrecha colaboración con los socios clave y asegurar la trazabilidad completa de los productos en todo momento. Además, el hardware utilizado en los centros de distribución desempeña un papel importante. Se emplean sensores y dispositivos de monitoreo instalados en los contenedores y camiones de transporte, los cuales recopilan datos en tiempo real sobre la ubicación, temperatura, humedad y otras condiciones ambientales de las frutas. Estos dispositivos permiten un seguimiento detallado y preciso de cada fruta u hortaliza a lo largo de toda la cadena de suministro.

Por último, el equipo de profesionales es un recurso esencial. Este equipo está compuesto por programadores de software, expertos en logística y monitoreo. Estos profesionales se encargan del desarrollo y mantenimiento de la plataforma, asegurando su correcto funcionamiento, brindando soporte a los clientes y promoviendo la adopción de la trazabilidad en la cadena de suministro de frutas.

9.1.6 Fuente de Ingresos

La plataforma de trazabilidad de frutas genera sus ingresos a través de una única fuente: el cargo que se realiza a las cooperativas cada vez que se registra un identificador único para una nueva fruta. Este modelo de negocio se basa en proporcionar un servicio valioso y confiable a las cooperativas, permitiéndoles diferenciar sus productos a través de la trazabilidad unitaria y detallada. Al cobrar por cada registro de identificador, la plataforma asegura un flujo de ingresos sostenible que respalda la continua mejora y desarrollo de la plataforma, así como la provisión de un soporte y servicio de calidad a sus clientes. A medida que más cooperativas se unen y utilizan la plataforma, se espera un crecimiento en los ingresos generados, lo que contribuirá a la expansión y consolidación de la plataforma en el mercado de la trazabilidad de frutas.

9.1.7 Costes

La plataforma de trazabilidad de frutas tiene diversos costes asociados a su funcionamiento. En términos de gastos de capital (CAPEX), se incluye el coste de adquirir ordenadores, monitores y periféricos para el personal de la empresa. Estos elementos tienen una vida útil estimada de cuatro años y deben ser renovados periódicamente.

En cuanto a los gastos operativos (OPEX), se incluyen los costes recurrentes y continuos necesarios para el funcionamiento diario de la plataforma. Esto abarca áreas como el alquiler de una sede, los salarios del personal, marketing y publicidad.

Además, se deben considerar los costes asociados al uso de servicios de terceros, como la plataforma AWS. Estos costes pueden variar en función de los servicios utilizados y el nivel de uso requerido.

Es importante tener en cuenta que los costes exactos pueden variar dependiendo de la escala y las necesidades específicas de la plataforma.

9.2 Análisis DAFO[80]

Es importante realizar un análisis DAFO previo al lanzamiento de un proyecto, ya que permite evaluar de manera exhaustiva los diferentes aspectos y variables que rodean la iniciativa. Consiste en examinar detalladamente las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades del negocio. Realizar este análisis antes de lanzar un proyecto proporciona una visión clara y una base sólida para trazar un plan estratégico de crecimiento. Además, permite identificar los aspectos clave que requieren atención y mejora, lo que contribuye a minimizar los riesgos y maximizar las posibilidades de éxito.

9.2.1 Debilidades

Este proyecto presenta algunas debilidades que es importante considerar:

- **Implementación compleja y costosa:** La implementación de la plataforma en la cadena de suministro puede considerarse un proceso complejo y costoso. Esto puede retrasar su adopción generalizada, ya que requiere cambios en los sistemas existentes y la colaboración de múltiples actores. También los costos asociados con la implementación y la capacitación pueden representar una barrera para su adopción. Actualmente para ayudar a solucionar problemas como estos, la administración pública ha desarrollado un PERTE, que tiene como objetivos “*Mejora de la trazabilidad y seguridad alimentaria en España*” con un valor de 148,5 millones de euros y “*Mejora de la sostenibilidad del sector agroalimentario en España*”, con una asignación de 454 millones para digitalización.
- **Dependencia de tecnología avanzada:** La plataforma depende del uso de tecnología avanzada, lo cual puede ser una debilidad si surgen problemas de compatibilidad con los sistemas existentes o si la tecnología utilizada se vuelve obsoleta rápidamente. Es importante garantizar la compatibilidad y la actualización continua de la tecnología para mantener la eficacia y la viabilidad del proyecto. Los técnicos programadores

que desarrollen la plataforma deberán hacerlo con una mentalidad abierta, facilitando la incorporación de cambios a medida que se incremente el conocimiento sobre las tecnologías y el sector.

- Necesidad de adopción amplia: La plataforma solo será efectiva si se adopta en toda la cadena de suministro. Si algunos actores clave no están dispuestos o no pueden implementar la plataforma, se pueden crear brechas en la trazabilidad y la identificación unitaria de los productos alimentarios. Esto podría limitar los beneficios potenciales del proyecto y dificultar la obtención de resultados significativos. La administración puede jugar un papel importante, pero aún más los socios clave, quienes pueden impulsar el uso de estas tecnologías si ven en ellas una oportunidad para mejorar su negocio o facilitar su trabajo.
- Curva de aprendizaje y resistencia al cambio: La plataforma requerirá una curva de aprendizaje para los diferentes participantes en la cadena de suministro. La capacitación y la familiarización con la plataforma pueden llevar tiempo, y algunos usuarios pueden que tener enfrentar resistencia al cambio o dificultades para adaptarse a nuevas tecnologías. Es importante contar con estrategias de capacitación y apoyo adecuadas para facilitar la adopción y el uso efectivo de la plataforma. Contratar a personal con certificaciones de AWS y experiencia en logística puede ser muy enriquecedor para la empresa.
- Seguridad y protección de datos: El manejo de grandes volúmenes de datos sensibles relacionados con la trazabilidad y la identificación unitaria plantea preocupaciones sobre la seguridad y la protección de datos. Es crucial garantizar la seguridad de los datos y cumplir con las regulaciones de protección de datos aplicables. Esto requiere implementar medidas de seguridad robustas y establecer políticas claras para el manejo y la protección de la información. La ayuda de un despacho de abogados especializado en startups con gran potencial de crecimiento y en los datos de sus clientes puede ser crucial para el correcto uso de los mismos.
- La dependencia de los contenedores conectados a la red podría representar un problema en caso de que el número de ellos disponibles no crezca tanto como se espera, o en caso de que las empresas transportistas no encuentren la motivación para desarrollar softwares que permitan la interacción con la plataforma.

9.2.2 Amenazas

Este proyecto enfrenta varias amenazas que podrían afectar su éxito y viabilidad a largo plazo. A continuación, se detallan algunas de estas amenazas:

- Competencia directa: Existen soluciones similares en el mercado que podrían competir directamente con esta plataforma. La competencia puede dificultar la adquisición de clientes y la penetración en el mercado.
- Cambios en los requisitos gubernamentales: Los requisitos gubernamentales para la trazabilidad de los alimentos pueden cambiar en el futuro. Estos cambios podrían afectar la efectividad de la plataforma y requerir ajustes o adaptaciones para cumplir con las nuevas regulaciones.
- Inestabilidad económica: Las condiciones económicas adversas, como recesiones o crisis financieras, pueden afectar la capacidad del proyecto para obtener inversión y

clientes. La incertidumbre económica puede generar una reducción en la demanda y la inversión en nuevas soluciones tecnológicas.

- Falta de concienciación en origen: La falta de concienciación y comprensión sobre la importancia de la trazabilidad y la identificación unitaria de los productos alimentarios en los lugares de origen puede obstaculizar la adopción de la plataforma. Si los productores y proveedores no ven la necesidad o los beneficios de utilizar esta solución, podría ser difícil alcanzar una adhesión generalizada.
- Percepción de falta de seguridad: Existe la posibilidad de que algunos actores de la cadena de suministro perciban la plataforma como una solución insegura. La gestión de grandes volúmenes de datos sensibles puede generar preocupaciones sobre la privacidad y la protección de la información. Es importante implementar medidas sólidas de seguridad y comunicar de manera efectiva las salvaguardias implementadas para contrarrestar esta amenaza.
- Falta de adhesión de clientes: Si no se logra una adhesión significativa por parte de los diferentes actores de la cadena de suministro, la efectividad de la plataforma puede verse comprometida. Es esencial persuadir a un número suficiente de clientes para que adopten la solución y participen activamente en la trazabilidad y la identificación unitaria de los productos.
- Ataques informáticos: La plataforma se enfrenta al riesgo de ataques informáticos y ciberdelincuencia. Es crucial implementar medidas de seguridad robustas y mantenerse actualizado sobre las amenazas emergentes para proteger la integridad de los datos y la confidencialidad de la información.
- Adquisición de equipos informáticos: La implementación exitosa de la plataforma requiere que los clientes adquieran e integren una cantidad significativa de equipos informáticos. Esto puede representar una barrera para algunos actores de la cadena de suministro que pueden enfrentar limitaciones financieras o dificultades técnicas en la adquisición y el uso de dichos equipos.

9.2.3 Fortalezas

Este proyecto presenta diversas fortalezas que lo posicionan como una solución innovadora y atractiva para abordar la problemática de la trazabilidad de frutas y hortalizas en la cadena de suministro. A continuación, se detallan algunas de estas fortalezas:

- Solución a una problemática real: La trazabilidad de las frutas y hortalizas es una necesidad importante en la industria, y este proyecto propone una solución que brinda información detallada a lo largo de toda la cadena de suministro. Al proporcionar trazabilidad precisa y transparente, se mejora la seguridad alimentaria, se previenen enfermedades relacionadas con la alimentación y se reduce el desperdicio de alimentos.
- Perspectiva diferenciada: La plataforma propuesta ofrece una perspectiva única tanto para los consumidores como para los intermediarios logísticos. El uso de códigos QR grabados con láser y la obtención de información atmosférica en diferentes situaciones demuestran la adopción de tecnología innovadora. Esto hace que la plataforma sea más atractiva y diferenciada de otras soluciones existentes en el mercado.

- **Amplio mercado:** La industria de frutas y hortalizas representa un mercado amplio y en constante crecimiento. Esto brinda una oportunidad significativa para la plataforma, ya que hay una demanda creciente de soluciones que mejoren la trazabilidad y la seguridad alimentaria.
- **Sinergias y concentración zonal:** La concentración de empresas en una zona geográfica específica facilita la colaboración y el alcance de sinergias relacionadas con la trazabilidad. La cooperación entre diferentes actores de la cadena de suministro puede fortalecer el ecosistema y promover la adopción de la plataforma.
- **Predisposición a la formación:** Existe una predisposición por parte de las empresas y clientes a recibir formación e implementar soluciones innovadoras. Esto facilita la adopción de la plataforma y la capacitación de los actores clave involucrados en la cadena de suministro.
- **Cumplimiento normativo:** La plataforma garantiza el cumplimiento de la normativa internacional vigente en materia de trazabilidad de alimentos. Esto proporciona confianza tanto a los consumidores como a los reguladores y contribuye a una gestión responsable y segura de los alimentos.
- **Control y seguimiento en tiempo real:** La plataforma permite controlar y seguir el proceso productivo en tiempo real, lo que brinda mayor visibilidad y eficiencia en la cadena de suministro. Esto permite una toma de decisiones más informada y una gestión más efectiva de los recursos.
- **Mejora de la imagen comercial:** La adopción de esta plataforma puede diferenciar a las empresas de la competencia y mejorar su imagen comercial, especialmente en mercados internacionales exigentes y competitivos. Esto puede abrir nuevas oportunidades de negocios y aumentar la confianza de los consumidores.

9.2.4 Oportunidades

Este proyecto presenta diversas oportunidades que pueden contribuir a su éxito y crecimiento a largo plazo. A continuación, se describen algunas de estas oportunidades:

- **Demanda creciente de trazabilidad:** Existe una creciente demanda en la industria de frutas y hortalizas de soluciones que garanticen la trazabilidad y la seguridad alimentaria. Esta demanda surge de la necesidad de los consumidores por conocer el origen y la calidad de los productos que consumen, pero también por la exigencia legal que obliga a que los productos sean trazabilizados. A esta necesidad por trazabilizar los productos, se suma la dificultad generada por la ley que busca eliminar los envases, por ello la idea propuesta es una gran oportunidad para satisfacer esta demanda y captar un mercado en expansión.
- **Aplicabilidad en otras industrias:** La tecnología utilizada en la plataforma, como los códigos QR y la obtención de información atmosférica, tiene el potencial de ser aplicada en otras industrias que requieran trazabilidad, como la industria de productos lácteos, carnes, pescados y otros alimentos procesados. Esto amplía el alcance y el potencial de ingresos de la plataforma, ya que puede adaptarse y ser utilizada en diferentes contextos.
- **Etiquetado de calidad en origen:** La existencia de sistemas de etiquetado de calidad en origen, como Denominaciones de Origen (DO) y certificaciones, brinda una

oportunidad para la plataforma. Al integrar esta información en la trazabilidad de las frutas y hortalizas, se puede garantizar y resaltar la calidad y autenticidad de los productos, lo que puede generar confianza en los consumidores y diferenciarlos en el mercado.

- Aumento del consumo de productos elaborados y envasados: Se observa un incremento en el consumo de productos elaborados y envasados en la sociedad actual. Esto presenta una oportunidad para la plataforma, ya que el envasado facilita el etiquetado y la trazabilidad de los productos. Al proporcionar información precisa sobre el proceso de elaboración y envasado, la plataforma puede satisfacer la demanda de productos seguros y confiables.
- Incremento de productos de marca y procesos de calidad: El aumento de la conciencia sobre la calidad y los procesos de producción de alimentos ha impulsado la demanda de productos de marca y con certificaciones de calidad. Esto brinda una oportunidad para la plataforma, ya que puede proporcionar información detallada sobre el origen, la producción y la calidad de los productos, respaldando así la comercialización de productos de marca y procesos de calidad.

9.3 PESTEL[81]

El análisis PESTEL es una etapa importante antes de lanzar un proyecto, ya que permite examinar la coyuntura que rodeará a la iniciativa. Al considerar los factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales relevantes, se logra comprender mejor el entorno y se identifican los aspectos más relevantes. Esto ayuda a adaptar la estrategia y tomar decisiones informadas, maximizando oportunidades y minimizando riesgos en el proyecto.

9.3.1 Políticos

En Europa, particularmente en la Unión Europea (UE), se aplican regulaciones alimentarias estrictas que priorizan la seguridad alimentaria y la trazabilidad de los productos. Estas regulaciones desempeñan un papel fundamental en la protección de los consumidores y en el mantenimiento de altos estándares de calidad en la industria alimentaria.

Una de las normativas clave es el Reglamento (CE) N.º 178/2002[3], establecido por la UE en 2004. Este reglamento, conocido como "Reglamento de Trazabilidad de Productos Alimentarios", impone a los operadores de la cadena alimentaria la responsabilidad de llevar un registro exhaustivo de todas las etapas que preceden y siguen a su actividad, incluyendo la identificación precisa del producto y su origen. La finalidad de esta normativa es garantizar que los alimentos comercializados en la UE sean rastreables desde su producción hasta su distribución, lo que proporciona a los consumidores una mayor confianza en la calidad y seguridad de los productos que adquieren.

Asimismo, la UE ha promulgado el Reglamento (CE) N.º 853/2004[82], conocido como "Reglamento de Higiene de los Productos Alimenticios". Esta normativa establece requisitos específicos en cuanto a la higiene y seguridad alimentaria en todas las etapas de la cadena de producción, procesamiento y distribución de alimentos. Entre los aspectos abordados se incluyen las condiciones de higiene en las instalaciones, la formación del personal, el control

de plagas, la manipulación adecuada de alimentos y la trazabilidad de los ingredientes utilizados.

Además de estas regulaciones, la UE ha implementado el Reglamento (UE) N.º 1169/2011[36], que se refiere a la información alimentaria facilitada al consumidor. Este reglamento establece los requisitos para el etiquetado de productos alimentarios, incluyendo información sobre el origen, contenido, instrucciones de uso y advertencias relevantes para los consumidores. La transparencia en la información proporcionada en el etiquetado permite a los consumidores tomar decisiones informadas sobre los alimentos que compran y consumen.

El cumplimiento de estas normativas es esencial para el éxito de los negocios relacionados con alimentos en Europa. Los operadores de la cadena alimentaria deben garantizar que sus productos cumplan con los requisitos establecidos y mantener registros detallados que demuestren el cumplimiento de las normativas aplicables. Esto implica establecer prácticas de producción seguras, implementar sistemas de control de calidad y trazabilidad, y colaborar estrechamente con las autoridades reguladoras para garantizar la conformidad con las normas establecidas.

9.3.2 Económicos

El Programa Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica[83] en el sector agroalimentario de España, conocido como PERTE agroalimentario, es un componente relevante en el contexto de la Unión Europea. Este programa busca fortalecer y modernizar el sector agroalimentario español, promoviendo la innovación, la sostenibilidad y la competitividad de las empresas en el mercado europeo.

El PERTE agroalimentario se alinea con las tendencias económicas y demandas del mercado europeo. La Unión Europea tiene un mercado agroalimentario sólido, con una creciente demanda de productos alimentarios frescos y saludables. En este sentido, el mercado de frutas y hortalizas en Europa representa una gran oportunidad, con un valor estimado de alrededor de 63 mil millones de € y un pronóstico de crecimiento anual del 4,6% entre 2021 y 2026. Asimismo, se espera un crecimiento significativo en el mercado de la trazabilidad de productos alimentarios, con una tasa compuesta anual del 9,3% en el mismo periodo.[84] Estos datos refuerzan la perspectiva positiva para invertir en una empresa de logística alimentaria, ya que existe un mercado en expansión y una demanda creciente de servicios relacionados.

La logística alimentaria desempeña un papel esencial en el suministro y distribución de alimentos en la Unión Europea, debido a la diversidad de fuentes de producción y la necesidad de transportar los productos a diferentes mercados. Una empresa de logística alimentaria bien establecida y eficiente puede beneficiarse de este flujo constante de productos alimentarios en toda la región. Además, la trazabilidad y la seguridad alimentaria son aspectos cruciales en la UE, donde los consumidores valoran cada vez más la calidad y el origen de los alimentos que consumen. Una empresa de logística alimentaria que pueda ofrecer sistemas avanzados de trazabilidad y garantizar la seguridad de los productos puede ser considerada como un socio confiable por los productores y distribuidores de alimentos.

En el contexto del PERTE agroalimentario, se promueve la colaboración público-privada y la participación de diferentes actores del sector agroalimentario español, incluyendo empresas, instituciones de investigación y organismos públicos. Esto crea un entorno favorable para invertir en una empresa de logística alimentaria, ya que se fomenta la innovación, la digitalización y la transferencia de conocimiento, elementos clave para el crecimiento y desarrollo empresarial.

La implementación de regulaciones y normativas estrictas en la Unión Europea en cuanto a la seguridad alimentaria y las condiciones de transporte y almacenamiento de alimentos brinda una ventaja competitiva a una plataforma como la propuesta y por tanto, los inversores pueden considerar esta regulación como una garantía de calidad y confiabilidad en el mercado, lo que refuerza la idea de que invertir en una empresa de logística alimentaria en la Unión Europea puede ser una buena idea.

9.3.3 Sociales

Los consumidores europeos están cada vez más preocupados por la sostenibilidad y la responsabilidad social corporativa en la industria alimentaria.

“El 50% de los españoles está dispuesto a pagar un 10% más por los productos agroalimentarios producidos de manera más respetuosa con el entorno, limitando la llamada huella de carbono, según un Eurobarómetro publicado por la Comisión Europea (CE).

La media de europeos dispuestos a pagar más caro por esos alimentos está en el 60%. Una mayoría de españoles (60%) cree además que los agricultores y ganaderos europeos necesitan cambiar su manera de trabajar para combatir el cambio climático, incluso si ello supone que la agricultura europea vaya a ser menos competitiva, algo que opina el 67% de los europeos.”[85]

Según una encuesta realizada en todos los países de la UE que participaron en el estudio, el 54% señaló como lo más relevante al elegir alimentos el coste. El sabor va en segundo lugar (51%), seguido de la seguridad alimentaria y el origen (ambos 46%) y el contenido de nutrientes (41%). El impacto sobre el medio ambiente y el clima (16%) y la ética y las creencias (15%) ocupan los últimos lugares.[86]

9.3.4 Tecnológicos

En la Unión Europea, la coyuntura tecnológica es propicia para llevar a cabo un proyecto de logística alimentaria basado en tecnología avanzada. La región cuenta con una infraestructura tecnológica sólida y una amplia adopción de dispositivos móviles y acceso a internet por parte de los consumidores. Esto facilita la implementación de plataformas de trazabilidad y sistemas de seguimiento basados en tecnología de código QR, ya que la mayoría de los consumidores europeos estarían familiarizados y tendrían acceso a estas herramientas.

En el sector agrícola, también se ha producido un avance significativo en el ámbito tecnológico. La implementación de sensores y sistemas de monitoreo en tiempo real ha permitido un seguimiento más preciso de la calidad y ubicación de los productos agrícolas.

Esto brinda la posibilidad de obtener información detallada sobre las condiciones de transporte, almacenamiento y manipulación de los alimentos, lo que contribuye a garantizar su frescura y calidad.

9.3.5 Ecológicos

La coyuntura actual en la Unión Europea refuerza la importancia de la plataforma propuesta en la logística alimentaria, especialmente en aspectos ecológicos. En respuesta a las preocupaciones ambientales y la necesidad de reducir residuos, se valora cada vez más el consumo a granel y la eliminación de envases innecesarios.

La plataforma propuesta impulsa esta tendencia al permitir la identificación individual de frutas y hortalizas sin requerir envases. Mediante tecnologías como el Natural Branding mencionado previamente, es posible marcar y rastrear cada producto de forma única, eliminando así la necesidad de envoltorios adicionales. Esto contribuye significativamente a reducir el consumo de plástico, alineándose con las políticas y regulaciones de la Unión Europea que fomentan la sostenibilidad y la economía circular.

Además de los beneficios en la reducción de residuos, la plataforma propuesta también ofrece ventajas en términos de sostenibilidad ambiental al fomentar el consumo a granel. Al eliminar los envases individuales, se reduce el uso de recursos y la energía necesaria para su producción y transporte. Esto se traduce en una menor emisión de gases de efecto invernadero y una contribución positiva en la lucha contra el cambio climático.

Aunque se promueve el consumo a granel, es importante mencionar que la plataforma también considera la opción de utilizar envases sostenibles como otra forma de comercialización. Se busca incorporar envoltorios respetuosos con el medio ambiente, como aquellos fabricados con materiales biodegradables o reciclables. Esto proporciona flexibilidad a los productores y distribuidores para adaptarse a las preferencias del mercado, al tiempo que se garantiza la sostenibilidad de los envases utilizados y su trazabilidad. La plataforma ofrece una solución versátil que se ajusta a diferentes enfoques comerciales, sin comprometer los objetivos de reducción de residuos y sostenibilidad.

9.3.6 Legales

La plataforma propuesta en la logística alimentaria se ve influenciada por diversas coyunturas legales en la Unión Europea que respaldan su desarrollo y funcionamiento adecuado. Estas incluyen:

- Reglamento (CE) N.º178/2002[3]: Este reglamento establece los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria en la Unión Europea, lo que garantiza la seguridad y la calidad de los productos alimentarios. También crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y establece procedimientos relativos a la seguridad alimentaria.
- Reglamento (CE) N.º853/2004[82]: Este reglamento se centra en la higiene de los productos alimenticios. Establece normas estrictas sobre prácticas higiénicas y condiciones de producción, procesamiento y distribución de alimentos. Cumplir con

este reglamento es crucial para garantizar la seguridad alimentaria y la calidad de los productos.

- Reglamento de Ejecución (UE) N.º543/2011[37]: Este reglamento establece disposiciones de aplicación en los sectores de las frutas y hortalizas, y de las frutas y hortalizas transformadas. Estas disposiciones regulan aspectos como la clasificación, el etiquetado y las normas de comercialización de estos productos. Cumplir con este reglamento es esencial para garantizar la calidad y la trazabilidad de las frutas y hortalizas.
- Ley 17/2011[87] y Ley 28/2015[88]: Estas leyes españolas se refieren a la seguridad alimentaria y la defensa de la calidad alimentaria, respectivamente. Ambas leyes establecen normas y requisitos adicionales para garantizar la seguridad y la calidad de los productos alimentarios en el territorio español.
- Real Decreto Legislativo 1/2007[89]: Este decreto aprueba el texto refundido de la Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios y otras leyes complementarias en España. Establece los derechos y las protecciones de los consumidores y usuarios, lo que incluye la información clara y transparente sobre los productos alimentarios que se comercializan.
- Proyectos de ley de prevención de las pérdidas y el desperdicio alimentario: Estos proyectos de ley, en curso de tramitación en las Cortes Generales de España, buscan establecer medidas para prevenir y reducir las pérdidas y el desperdicio de alimentos. La plataforma propuesta puede estar alineada con estos proyectos de ley al promover la trazabilidad y el uso eficiente de los alimentos.

Estas coyunturas legales brindan un marco sólido y establecen normas claras para el desarrollo y funcionamiento de la plataforma propuesta en la logística alimentaria. Cumplir con estas regulaciones es esencial para garantizar la seguridad, la calidad y la transparencia en la cadena de suministro de alimentos, y contribuye al fortalecimiento de la confianza de los consumidores en el sistema alimentario.

En cuanto al marco legal que afecta al uso de datos personales en una plataforma y a la utilización de Amazon Web Services (AWS), es fundamental comprender las siguientes leyes y su impacto en la plataforma propuesta. Es importante garantizar el cumplimiento de estas regulaciones para salvaguardar la privacidad y la seguridad de los usuarios:

- Reglamento General de Protección de Datos (GDPR)[90]: Esta legislación establece las normas para el procesamiento de datos personales de los ciudadanos de la Unión Europea. La plataforma debe cumplir con los principios fundamentales del GDPR, como obtener el consentimiento adecuado para el tratamiento de datos, garantizar su seguridad y privacidad, y permitir a los usuarios ejercer sus derechos de protección de datos.
- Ley de Protección de Datos de España (LOPD)[91]: En el caso específico de España, la Ley Orgánica de Protección de Datos (LOPD) establece las obligaciones y los derechos en relación con el tratamiento de datos personales. La plataforma debe seguir los requisitos de la LOPD y garantizar que los datos de los usuarios estén protegidos y se utilicen de manera adecuada y legal.

- **AWS y seguridad de datos:** Al utilizar Amazon Web Services como proveedor de servicios en la nube, es esencial asegurarse de que se cumplan los requisitos de seguridad y privacidad establecidos por la legislación aplicable. AWS ofrece una amplia gama de herramientas y servicios para ayudar a los clientes a cumplir con las regulaciones de protección de datos, como la conformidad con GDPR y las certificaciones de seguridad relevantes.

En conclusión, el marco legal que afecta al uso de datos personales en una plataforma y a la utilización de AWS implica el cumplimiento del GDPR, las leyes nacionales de protección de datos, como la LOPD en España, y las regulaciones de seguridad y privacidad establecidas por AWS. Garantizar el cumplimiento de estas leyes y regulaciones es fundamental para proteger los derechos de privacidad de los usuarios y mantener la seguridad de los datos en la plataforma.

9.4 Las Cinco Fuerzas de Porter[92]

El análisis de las cinco fuerzas de Porter es una herramienta útil para evaluar la competitividad de un mercado y cómo las fuerzas que actúan en él pueden afectar a una empresa. A continuación, se analizan cada una de las cinco fuerzas en relación con este modelo de negocio.

9.4.1 Amenaza de nuevos competidores

La aparición de competidores que ofrecen servicios similares puede representar una amenaza para el proyecto. A medida que más empresas ingresan al mercado con propuestas similares, la competencia se intensifica y se crea un entorno más desafiante. Esto puede generar una serie de casuísticas:

- **Pérdida de cuota de mercado:** La presencia de competidores directos puede llevar a una fragmentación de la base de clientes, lo que dificulta la captación y retención de clientes. Esto puede resultar en una pérdida de cuota de mercado y una disminución de los ingresos. Para luchar contra este problema, la mejor solución es aportar un producto completo y diferenciador, ya que no solo facilita el trabajo al cooperativista, sino que también beneficia al transportista y satisface las necesidades legales y los requerimientos del cliente.
- **Presión sobre los precios:** Con la llegada de más competidores, es posible que se produzca una competencia de precios, lo que puede llevar a una reducción de los márgenes de beneficio. Esto puede afectar la viabilidad económica del proyecto y su capacidad para ofrecer servicios de calidad. Por ello, utilizar una plataforma competitiva y que permita la escalabilidad como es AWS es una estrategia muy beneficiosa para la empresa.
- **Deterioro de la diferenciación:** Si los competidores ofrecen servicios muy similares, puede resultar difícil diferenciarse en el mercado. Esto puede llevar a una disminución de la ventaja competitiva y una pérdida de la preferencia de los clientes. Sin embargo, hasta el momento, no se ha observado esta situación, ya que las empresas que podrían considerarse competencia, aportan soluciones parciales al problema.

- **Innovación acelerada:** La competencia puede impulsar la necesidad de innovar constantemente para mantenerse relevante en el mercado. Esto puede requerir una mayor inversión en investigación y desarrollo, así como una respuesta ágil a las demandas cambiantes de los clientes. Por ello, es importante que los arquitectos de la plataforma tengan la experiencia y conocimientos suficientes para poder competir en el sector.
- **Consolidación del mercado:** En algunos casos, la competencia intensa puede llevar a la consolidación del mercado, donde los competidores más fuertes adquieren o absorben a los más débiles. Esto puede limitar las oportunidades de crecimiento para los actores más pequeños, aunque también puede representar una oportunidad para conseguir la ayuda de una multinacional que invierta en el desarrollo de la plataforma.

Para hacer frente a estas casuísticas, es importante desarrollar estrategias sólidas de diferenciación, enfocarse en la calidad del servicio y mantener una constante innovación para mantenerse por delante de la competencia. Además, establecer alianzas estratégicas y buscar oportunidades de colaboración pueden ser enfoques efectivos para enfrentar la competencia en un mercado fragmentado.

9.4.2 Poder de negociación de los proveedores

El poder de negociación de los proveedores, como AWS en este caso, puede tener un impacto significativo en el proyecto. Dado que AWS es un proveedor líder en servicios de computación en la nube, su posición dominante y su amplia base de clientes pueden generar ciertas casuísticas. Por un lado, al haber pocas alternativas comparables en el mercado, es posible que AWS tenga un mayor poder de fijación de precios y condiciones contractuales. Esto podría afectar la rentabilidad del proyecto y requerir una cuidadosa negociación para obtener términos favorables.

Además, la dependencia del proyecto de los servicios de AWS podría generar una cierta vulnerabilidad. En caso de cambios en las políticas o tarifas de AWS, o si se experimentan interrupciones en los servicios, el proyecto podría enfrentar dificultades operativas y costos adicionales. Por lo tanto, es esencial mantener una estrecha vigilancia y establecer una relación sólida con AWS para minimizar posibles riesgos y garantizar una colaboración efectiva.

Asimismo, al ser proveedores reconocidos y contar con una amplia cartera de clientes, AWS puede tener una posición de poder al establecer requisitos específicos para la integración y compatibilidad de la plataforma con sus servicios. Esto puede requerir una estrecha coordinación y adaptación del proyecto para cumplir con los estándares y las directrices de AWS.

9.4.3 Poder de negociación del cliente

El poder de negociación de los clientes, en este caso las cooperativas a las que se les presta servicios a través de la plataforma pueden tener un impacto significativo en el éxito del producto. Dado que actualmente no existe en el mercado una alternativa tan completa, los clientes pueden tener un poder de negociación limitado en busca de soluciones sustitutivas.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que los clientes aún pueden influir en la relación comercial a través de sus demandas y requisitos específicos. Pueden tener expectativas particulares sobre la calidad del servicio, los plazos de entrega, la personalización u otros factores relevantes para ellos. Satisfacer estas expectativas y mantener su satisfacción es fundamental para asegurar su lealtad y retención como clientes.

Además, aunque no haya una competencia directa en el mercado, es importante reconocer que los clientes tienen la opción de no utilizar el producto y buscar soluciones internas o utilizar servicios parciales de otros proveedores. Por lo tanto, mantener una comunicación constante con ellos, comprender sus necesidades en evolución y adaptar la oferta en consecuencia seguirá siendo crucial para mantener su confianza y preferencia hacia el producto.

9.4.4 Amenaza de productos sustitutos

La aparición de productos sustitutos en el mercado puede representar una amenaza potencial para la plataforma propuesta. Aunque no haya un producto tan completo como el que se ofrece, existen compañías de transporte que garantizan la trazabilidad de principio a fin y ofrecen un nivel de seguridad similar. Sin embargo, estas compañías no proporcionan al consumidor la misma información detallada de todo el proceso a través de una interfaz web. Esto significa que los clientes podrían optar por utilizar estos productos sustitutos que ofrecen una trazabilidad básica, pero no facilitarían al consumidor el acceso a la misma información y detalle que brinda esta plataforma. Esta situación podría generar una disminución en la demanda del producto propuesto, especialmente por parte de los consumidores que no valoren la información completa y la facilidad de acceso a través de una interfaz amigable.

Para contrarrestar esta amenaza, es importante destacar y comunicar las ventajas diferenciales de la plataforma, como la información detallada a lo largo de toda la cadena de suministro, la capacidad de realizar seguimiento en tiempo real y la posibilidad de acceder a datos específicos sobre los productos. Además, se pueden explorar oportunidades de colaboración con las compañías de transporte para complementar sus servicios con la plataforma, creando así una propuesta de valor más sólida y atractiva para los consumidores.

9.4.5 Rivalidad entre competidores

La rivalidad con la competencia puede presentar un desafío para la plataforma propuesta de trazabilidad de frutas y hortalizas. Actualmente, existen competidores en el mercado que ofrecen servicios de trazabilidad, suficientes para cumplir con los requisitos mínimos.

Por ello, es crucial para la plataforma destacar y comunicar efectivamente sus fortalezas diferenciales a los diferentes actores del mercado. Aspectos como la profundidad de la información proporcionada, la capacidad de seguimiento en tiempo real, una interfaz amigable y el acceso fácil a los datos para todos los participantes de la cadena de suministro pueden marcar la diferencia y atraer a aquellos clientes y empresas que valoran la transparencia y la excelencia en la trazabilidad.

Al analizar algunos competidores existentes, se observan diferencias en sus enfoques. A continuación, se citan algunos de ellos y se analiza las tecnologías que utilizan:

- Fomesa Packing Software[93]: Se enfoca principalmente en la identificación individualizada de la trazabilidad para cada pallet y caja de producto mediante etiquetas con códigos de barras. No realiza la trazabilidad de las piezas de frutas y hortalizas a nivel individual ni utiliza etiquetas RFID. Tampoco menciona monitoreo de condiciones medioambientales en el transporte.
- Grupo Hispatec[94]: Ofrece soluciones de trazabilidad y control informático de todo el proceso de producción y comercialización. Sin embargo, la información disponible es generalista y no especifica si realiza trazabilidad individual de piezas de frutas y hortalizas.
- Crosingenieros[95]: Proporciona soluciones que incluyen etiquetas con códigos de barras 1D, 2D y RFID para el etiquetado de cajas y pallets. Ofrecen gestión de Base de Datos de trazabilidad, pero no queda claro si realiza trazabilidad individual de piezas de frutas y hortalizas desde la entrada al almacén hasta la llegada al cliente, y el monitoreo de condiciones medioambientales en el transporte.
- Agroptima[96]: Esta empresa ofrece una solución de trazabilidad agrícola basada en una plataforma digital que permite a los agricultores registrar y rastrear la información sobre sus cultivos, incluyendo frutas y hortalizas. Utilizan tecnologías IoT para recopilar datos en tiempo real, como la monitorización de condiciones ambientales y el uso de sensores en el campo.
- HarvestMark (ahora parte de Trimble)[97]: Proporciona una solución de trazabilidad que utiliza etiquetas con códigos QR para rastrear y verificar la procedencia y calidad de las frutas y hortalizas. Los consumidores pueden escanear los códigos para acceder a información detallada sobre el producto y su cadena de suministro. Tiene como singularidades disponer de información en relación al feedback de los consumidores, es decir, qué es lo que piensan del producto y dónde lo están comprando, y de geolocalización de sus productos al momento en que se están consumiendo. No sé hacer referencia al monitoreo de condiciones medioambientales en el transporte.
- SmartWard[98]: Se especializa en soluciones de trazabilidad basadas en RFID para la industria agrícola. Utilizan etiquetas RFID para el seguimiento de las frutas y hortalizas a lo largo de la cadena de suministro, lo que permite una identificación rápida y precisa de los productos en cada etapa.
- Agri-Trace[99]: Ofrecen una plataforma de trazabilidad agrícola que incluye la de frutas y hortalizas. Utilizan tecnologías como códigos QR y RFID para registrar la información del producto y rastrear su recorrido desde el campo hasta el mercado.

Todos ellos proponen una la trazabilidad de los productos, pero no aportan una solución que permita interactuar al consumidor desde el nivel de pieza unitaria de fruta u hortaliza y que todos los actores de la cadena de suministro puedan acreditar el cumplimiento de sus obligaciones.

10 ESTIMACIONES FINANCIERAS

10.1 Estimación de la demanda[6]

La estimación de la demanda de la plataforma de trazabilidad se basa en la producción de frutas en España y en la cuota de mercado alcanzable en el primer año. Según los datos disponibles, la producción total de frutas en España alcanza los 29 millones de toneladas por año, con un peso medio de 0,2 kilogramos por fruta. Esto se traduce en una producción de aproximadamente 145.000.000.000 de unidades al año.

Para estimar la demanda, se ha considerado que el primer año se puede alcanzar una cuota de mercado estimada del 0,1%. Esto implica que se trazarán alrededor de 29 millones de kilos de frutas al año, es decir, 145.000.000 de unidades al año. Estas estimaciones proporcionan una visión general del volumen de negocio que se puede alcanzar el primer año.

Producción de España (Kg)	29,000,000,000	Kg/año
Peso medio por Fruta	0.2	Kg/Ud.
Producción de España (Ud.)	145,000,000,000	Ud./año
Cuota de Mercado Estimada	0.1%	
Kilos Trazados	29,000,000	Kg/año
Ud. Trazadas	145,000,000	Ud./año

TABLA 30. CONSUMO ANUAL DE FRUTAS EN ESPAÑA

10.2 Estimación de los costes

10.2.1 CAPEX

Los gastos de capital (CAPEX) se refieren a las inversiones realizadas por una empresa para adquirir activos a largo plazo que generarán beneficios económicos futuros. Estos gastos incluyen la compra de equipos, maquinaria, infraestructura, tecnología, bienes raíces y otros activos físicos necesarios para el funcionamiento del negocio.

10.2.1.1 Hardware

El coste de hardware para un startup con tres empleados puede variar dependiendo de las necesidades específicas de la empresa y el tipo de trabajo que realicen. Sin embargo, a continuación, se presenta una estimación general de los elementos de hardware y sus costos asociados para la actividad que se va a desarrollar:

	Unidades	Coste por Unidad	Coste Total
Ordenadores	5	1,500 €	7,500 €
Monitores	5	450 €	2,250 €
Periféricos	5	150 €	750 €
TOTAL			10,500 €

TABLA 31. COSTE HARDWARE

Se entiende que los productos considerados como hardware, tienen una vida útil media de cuatro años y que, por tanto, el gasto total se puede prorratear en cuatro tramos.

10.2.2 OPEX

Los gastos operativos (OPEX) son los costos recurrentes y continuos necesarios para el funcionamiento diario de una empresa o negocio. Estos gastos incluyen diversas áreas como alquileres, salarios del personal, suministros, servicios públicos, marketing y publicidad, mantenimiento, entre otros.

10.2.2.1 Personal

Se considera que inicialmente el personal necesario para la creación y desarrollo inicial de la empresa y hasta llega a alcanzar la cuota de mercado estimada para el primer año, es el siguiente:

Tipo de Empleado	Nº Empleados	Salario
Director de la empresa	1	50,000 €
Jefe de Proyecto en redes y sistemas	1	41,627 €
Técnico en redes y sistemas	3	93,606 €
TOTAL		185,233 €

TABLA 32. COSTE DEL PERSONAL

Estos empleados, no solo se encargarán del desarrollo de la plataforma y su mantenimiento sino también de los proyectos de instalación de los sistemas RFID en las cooperativas cliente. Es un proceso sencillo y que apenas interfiere en el funcionamiento habitual de la planta de procesamiento, pero que requiere de las conexiones de red oportunas para que los equipos puedan interactuar entre sí, leyendo y transmitiendo la información almacenada en las etiquetas. Además, se puede realizar en un plazo menor a los 3 meses[100], por lo que los empleados, tendrían que visitar la planta cliente, pero no necesitan dedicar todo su tiempo, por lo que pueden continuar con la actividad de la empresa desde cualquier lugar, de ahí la necesidad de buscar una sede barata pero funcional para aquellas ocasiones en las que sea necesaria.[101]

- El salario bruto de un Técnico en Redes y Sistemas es de 23.611,00 € por mes, lo que a la empresa le supone 31.201,94 €[102]
- El salario bruto de un Jefe de Proyecto en Redes y Sistemas es de 31.500,00 € por mes, lo que a la empresa le supone 41.627,25 €[103]

10.2.2.2 Sede empresa

Madrid Emprende es una institución que opera bajo la Dirección General de Innovación y Emprendimiento, perteneciente al Área de Gobierno de Economía, Innovación y Empleo del Ayuntamiento de Madrid. Se trata de un vivero de empresas que ofrece un entorno propicio para el desarrollo de emprendimientos y brinda servicios de apoyo y asesoramiento a los emprendedores.

Dentro de los servicios que Madrid Emprende[104] proporciona se encuentra el uso de despachos, que son espacios destinados a actividades profesionales del sector servicios. Estos despachos están disponibles para aquellos emprendedores que requieren un espacio privado

y funcional para llevar a cabo su actividad empresarial. Además, Madrid Emprende también ofrece espacios gratuitos de coworking, que permiten a los emprendedores trabajar y colaborar en un entorno compartido.

El importe mensual del alquiler de los despachos en Madrid Emprende se calcula en base al número de metros cuadrados autorizados para cada emprendedor. Durante el primer año, se aplica una tarifa de aproximadamente 8 € por metro cuadrado, mientras que, del segundo al cuarto año, la tarifa aumenta a aproximadamente 10 € por metro cuadrado.

	Coste (€/m2)	Espacio (m2)	Coste Total Anual
Espacio Alquilado	8	20	1,920 €
TOTAL			1,920 €

TABLA 33. COSTE DE LA SEDE

10.2.2.3 Uso de la Plataforma AWS

Los costes de AWS (Amazon Web Services) varían en función del uso y los servicios utilizados. AWS ofrece una estructura de precios flexible, donde los usuarios pagan únicamente por los recursos que consumen. Factores como el tipo y tamaño de las instancias de servidor, la cantidad de almacenamiento utilizado, el tráfico de red, la transferencia de datos y el tiempo de ejecución de los servicios pueden influir en los costes.

Es fundamental tener en cuenta que cada servicio de AWS tiene su propia estructura de precios, por lo que es necesario evaluar los costes asociados a cada servicio utilizado. Para tener una idea más precisa de los gastos, se puede realizar una estimación utilizando las herramientas y calculadoras de costes proporcionadas por AWS. Esto permitirá planificar y ajustar el presupuesto de acuerdo con las necesidades específicas del negocio.

A continuación, se muestra una tabla con un ejemplo de presupuesto realizado en la página web de AWS para el primer año de utilización de la plataforma. Cabe destacar que este presupuesto se basa en un volumen de negocio pequeño, y a medida que la empresa crezca, será posible incrementar el uso de los servicios y, por ende, los costes de AWS. Es importante revisar regularmente los costes y optimizar el uso de los recursos para mantener un equilibrio entre funcionalidad y gastos.

Service	Coste Mensual	Coste Anual
Amazon API Gateway	2,469 €	29,630 €
Amazon Cognito	458 €	5,492 €
Amazon RDS for MySQL	6,453 €	77,439 €
AWS Amplify	344 €	4,132 €
MQTT	374 €	4,491 €
AWS Lambda	68 €	819 €
TOTAL	10,167 €	122,003 €

TABLA 34. PRESUPUESTO AWS[105]

Todos estos costes mencionados anteriormente, asumiendo que los dispositivos tienen una vida útil de 4 años, suponen 319,656€ de gasto al año.

10.3 Estimación de los ingresos

Para estimar los ingresos de la plataforma en el primer año, se realiza un cálculo basado en el punto de equilibrio, teniendo en cuenta el costo de realizar la trazabilidad de un kilogramo de frutas o una unidad media. Suponiendo que se logre alcanzar una cuota de mercado del 0,1%, se obtiene un costo de 0,0087€ por kilogramo.

Kilos Trazados	29,000,000	Kg/año
Ud. Trazadas	145,000,000	Kg/Ud.
Costes Anuales	319,656.05	€
Coste por Kilo	0.0110	€/kg
Coste por Ud.	0.0022	€/Ud.

TABLA 35. BREAK EVEN POINT

A este costo, se le añade un margen de ganancia esperado del 10%. Con este margen, se establece un precio estimado de uso de la plataforma de 0,0108€ por kilogramo, o lo que equivale a 0,0022€ por unidad. Multiplicando estos precios por el volumen de frutas trazadas, se obtiene una estimación de ingresos anuales de 343,747.13 € euros.

Coste por Kilo	0.0110	€/kg
Coste por Ud.	0.0022	€/Ud.
Margen de Beneficio	10	%
Precio por Kilo	0.0121	€/kg
Precio por Ud.	0.00242	€/Ud.
Kilos Trazados	29,000,000	Kg/año
Ud. Trazadas	145,000,000	Kg/Ud.
Ingresos	351,622	€/año

TABLA 36. BENEFICIO

Estas estimaciones de ingresos son de vital importancia para evaluar la viabilidad financiera del negocio y planificar estrategias de crecimiento y desarrollo. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los ingresos reales pueden variar debido a diversos factores, como las fluctuaciones en los precios de los proveedores de servicios y la demanda de los consumidores.

10.4 Proyecciones financieras

Las proyecciones financieras nos permiten visualizar el potencial de crecimiento de la plataforma en diferentes escenarios. Es importante tener en cuenta que estas proyecciones son estimaciones y están sujetas a cambios en el mercado y otros factores externos. Sin embargo, brindan una visión general de las posibilidades y nos ayudan a planificar estratégicamente el crecimiento y el desarrollo de la plataforma.

10.4.1 Escenario Optimista

En el escenario optimista, se espera un crecimiento sustancial. A medida que se aumenta la participación en el mercado, los ingresos también aumentan de manera significativa. En el primer año, con una cuota de mercado del 0,1%, los ingresos alcanzan los 343,747.13 €, con un margen del 9%. Sin embargo, a medida que avanzan los años, el margen va aumentando progresivamente, llegando al 24% en el octavo año, con una cuota de mercado del 1,71%. Estos resultados reflejan la escalabilidad del negocio y su capacidad para generar mayores beneficios con el tiempo.

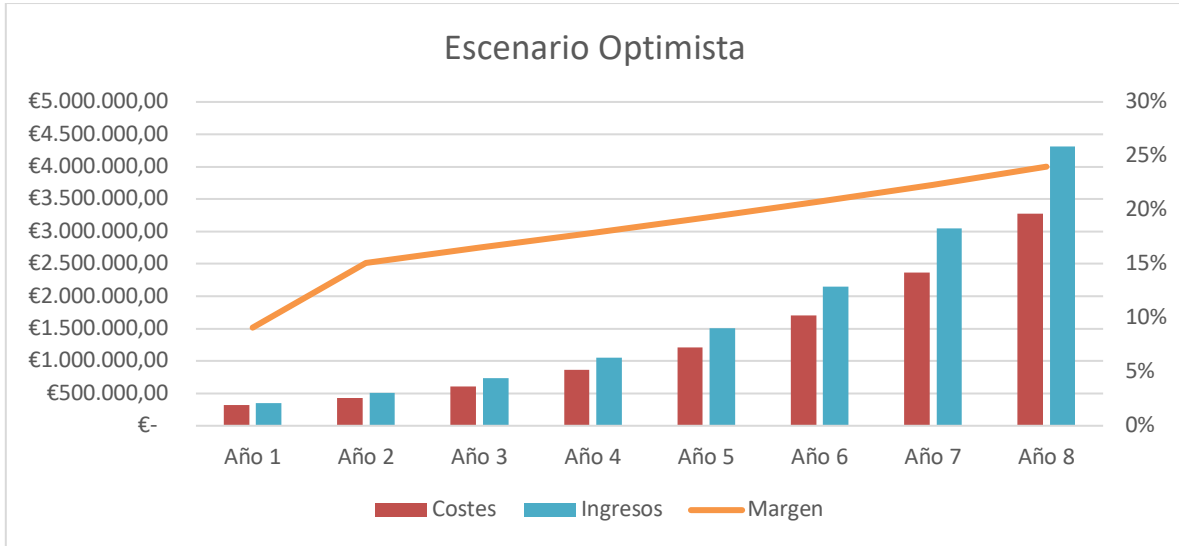


FIGURA 22. ESCENARIO OPTIMISTA

10.4.2 Escenario Pesimista

En el escenario pesimista, las proyecciones son más conservadoras, pero igualmente positivas. Aunque el crecimiento es más moderado, se sigue evidenciando una tendencia alcista. Con una cuota de mercado del 0,1% en el primer año, los ingresos son de 343.747,13 €, con un margen del 9%. A medida que avanzamos en los años, los ingresos y el margen continúan creciendo gradualmente, alcanzando un margen del 20% en el octavo año, con una cuota de mercado del 0,63%. Estas cifras indican que, incluso en un escenario menos favorable, el negocio se mantiene rentable y muestra un progreso constante.

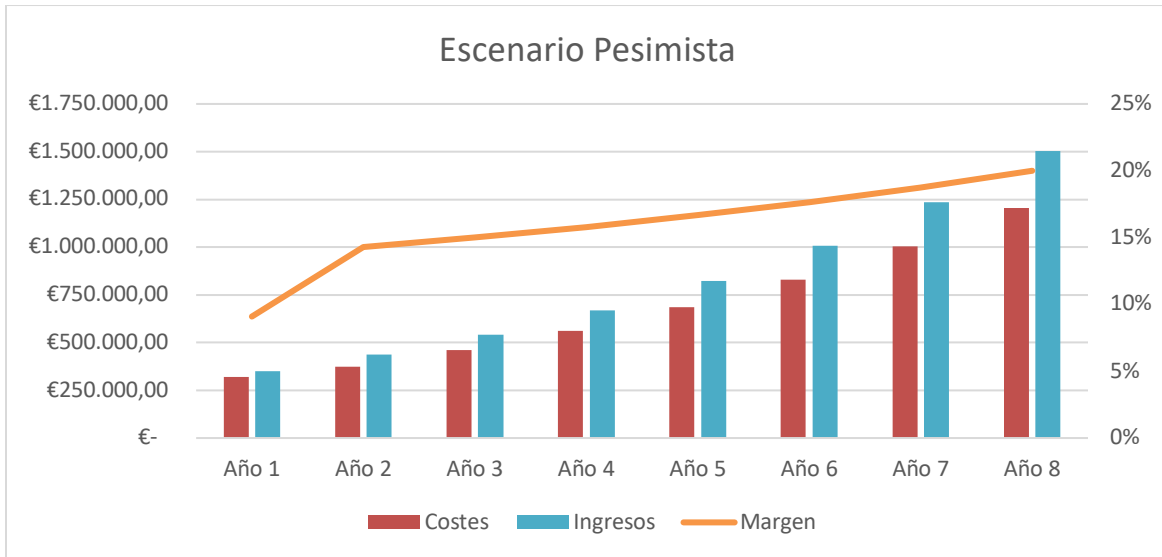


FIGURA 23. ESCENARIO PESIMISTA

11 ESTRUCTURA DE COSTES DEL CLIENTE[106]

Se debe hacer un cálculo de los costes que el cliente tiene que asumir para poder implantar el uso de una plataforma como esta. Se considera, que el cliente de esta plataforma, y quien tiene que hacer una inversión inicial para que esta plataforma se pueda integrar, son las cooperativas y los comercializadores.

11.1 Estimación del volumen diario

Se ha asumido un volumen diario de frutas y hortalizas procesadas es de 60 toneladas, el cual es el valor máximo asumible por una cooperativa tomada como referencia.[106]. Este valor podría ser menor y, si se atiende al número de toneladas producidas al año en España y al número de cooperativas existentes en el país, sería de unas 20 toneladas, pero es preferible tomar el valor máximo para obtener un resultado conservador. Una vez establecida la capacidad máxima de procesamiento, se debe calcular el número de piezas, envases individuales, cajas de transporte y pallets necesarios, para poder determinar la cantidad de códigos QR que se deben generar diariamente, la cantidad de envases a etiquetar en caso de venderse en packs, y también la de etiquetas RFID necesarias.

Para realizar estos cálculos, se utiliza un peso promedio de 200 gramos[107] para las frutas y hortalizas individuales, y se considera que los envases de consumo individual tienen un peso de 1,5 kg. Es importante destacar que estos envases deben estar fabricados con materiales biodegradables, no contaminantes y reciclables.

En cuanto a las unidades de transporte o comercialización, su peso generalmente oscila entre 5 y 20 kg[40]. Es esencial que este tipo de envases sean fáciles de manejar y apilar, y que puedan ser manipulados por una sola persona. Además, deben tener dimensiones adecuadas para adaptarse a los vehículos de transporte.

El pallet o tarima, por otro lado, es la unidad utilizada para cargar y transportar productos tanto a nivel nacional como internacional. Se estima que un pallet tiene una capacidad de carga de alrededor de 750 kg[108].

VOLUMEN DIARIO		
Cantidad Procesada	60000	Kg/día
Jornadas de Trabajo	1	Turnos
Horas de Trabajo	8	horas
Q (kg/hora)	7500	kg/hora
PIEZAS INDIVIDUALES (0,2 KG)	300000	Ud./día
ENVASES DE CONSUMO (1,5 KG)	40000	Ud./día
CAJAS DE TRANSPORTE (20 KG)	3000	Ud./día
PALLETS (750 KG)	80	Ud./día

TABLA 37. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DIARIO DE UNA COOPERATIVA

Estos cálculos se traducen en la necesidad de utilizar 28,800 etiquetas RFID al año para los pallets que transportan las cajas de frutas al por mayor, así como 1,080,000 etiquetas RFID

al año para dichas cajas. En total, se requerirán 1,108,800 etiquetas RFID. Además, se estima que se realizarán 14,400,000 grabados con tinta en los envases de consumo individual en los casos en que el producto se comercialice de esta manera.

11.2 Coste del hardware

Todos estos números conllevan una inversión inicial por parte de los clientes para poner en marcha el funcionamiento del producto. A continuación, se describen los detalles de dicha inversión.

11.2.1 Clientes Productores

En este apartado, se detallan los costes que deben asumir las cooperativas para actualizar los dispositivos en sus instalaciones y asegurar su conectividad con la plataforma. A continuación, se presenta una tabla con los diferentes elementos y los costes asociados.

Estos costes representan la inversión inicial necesaria para actualizar los dispositivos y garantizar su correcto funcionamiento en la plataforma. Es importante tener en cuenta tanto el precio mínimo como el máximo de cada elemento para tener una estimación más precisa del coste total.

11.2.1.1 Frutas y hortalizas a granel

En el caso de las cooperativas que manejan frutas y hortalizas a granel, se requiere una inversión inicial para actualizar los dispositivos existentes en sus instalaciones y asegurar su conectividad con la plataforma. Estos costes incluyen elementos como antenas RFID, túneles lectores RFID, grabadoras láser, impresoras de etiquetas RFID para envases de transporte y sensores de humedad y temperatura, etc.

CLIENTE TIPO PRODUCTOR						
COSTES		Núm. (Ud.)	Precio min.	Total	Precio máx.	Total
FIJOS	Antena RFID	3	81.17 €	243.50 €	351.33 €	1,054.00 €
	Túnel Lector RFID	3	395.79 €	1,187.38 €	502.47 €	1,507.40 €
	Grabadora Laser	1	1,300.00 €	1,300.00 €	4,050.00 €	4,050.00 €
	Impresora etiqueta RFID envase transporte	3	201.14 €	603.43 €	403.42 €	1,210.27 €
	Sensor de Humedad y Temperatura	3	5.32 €	15.95 €	13.33 €	40.00 €
VARIABLE	Grabados Laser	109,500,000	- €	- €	- €	- €
	Etiquetas RFID Cajas	1,095,000	0.02 €	24,090.00 €	0.08 €	85,410.00 €
	Etiquetas RFID Pallets	29,200	0.02 €	642.40 €	0.08 €	2,277.60 €
COSTE TOTAL				28,082.65 €		95,549.27 €

TABLA 38. COSTE DEL HARDWARE PARA PRODUCTOS A GRANEL

Como se puede apreciar, un gran parte del coste de estos gastos procede de las etiquetas RFID, las cuales se contemplan como si no fuesen reutilizables, pero lo cierto es que el sector de la tecnología RFID busca que estas etiquetas sean reutilizables para reducir su impacto ambiental. Tanto es así que ya existen pallets[109] y cajas[110] de fruta que llevan incorporada la tecnología RFID y que contempla su reutilización. Por lo que, en el futuro, este coste se verá reducido pues el uso de cajas y pallets retornables abaratará su uso. Esta es una idea muy parecida a la explicada en la conferencia de RFID de INDITEX[111], pues esta

empresa ya incorpora las etiquetas RFID en el interior de alarma, para que estas vuelvan a la fábrica y sean reutilizadas, reduciendo al mínimo el coste de uso de esta tecnología.



FIGURA 24. ALARMA RFID[112]

11.2.1.2 Frutas y hortalizas envasadas

En el caso de las cooperativas que manejan frutas y hortalizas envasadas, la inversión inicial necesaria para actualizar los dispositivos existentes y lograr la conectividad con la plataforma es ligeramente mayor. Esto se debe a la necesidad de etiquetar los envases de consumo, lo que requiere la adquisición de impresoras adicionales. Además de las antenas RFID, los túneles lectores RFID, las grabadoras láser y los sensores de humedad y temperatura, se debe considerar el costo de las etiquetas RFID para los pallets.

CLIENTE TIPO PRODUCTOR						
COSTES		Núm. (Ud.)	Precio min.	Total	Precio máx.	Total
FIJOS	Antena RFID	3	81.17 €	243.50 €	351.33 €	1,054.00 €
	Túnel Lector RFID	3	395.79 €	1,187.38 €	502.47 €	1,507.40 €
	Grabadora Laser	1	1,300.00 €	1,300.00 €	4,050.00 €	4,050.00 €
	Grabadora envase consumo	3	916.66 €	2,749.98 €	733.33 €	2,199.99 €
	Impresora etiqueta RFID envase transporte	3	201.14 €	603.43 €	403.42 €	1,210.27 €
	Sensor de Humedad y temperatura	3	5.32 €	15.95 €	13.33 €	40.00 €
VARIABLE	Grabados Laser	109,500,000	- €	- €	- €	- €
	Etiquetas Envase Consumo	14,600,000	- €	- €	- €	- €
	Etiquetas RFID Cajas	1,095,000	0.02 €	24,090.00 €	0.08 €	85,410.00 €
	Etiquetas RFID Pallets	29,200	0.02 €	642.40 €	0.08 €	2,277.60 €
COSTE TOTAL				30,832.63 €		97,749.26 €

TABLA 39. COSTE DEL HARDWARE PARA PRODUCTOS ENVASADOS

11.2.2 Clientes Comercializadores

Para los clientes comercializadores, independientemente de si manejan frutas y hortalizas con o sin envase, la inversión inicial se centra en adquirir los equipos y dispositivos necesarios para proporcionar los datos de trazabilidad a la plataforma. A diferencia de los

clientes productores, los comercializadores no tienen costes variables relacionados con etiquetas RFID o elementos similares. Su enfoque principal es invertir en el capital necesario (CAPEX) para garantizar la integración fluida de los datos de trazabilidad en la plataforma. Esto implica la adquisición de dispositivos de captura de datos, como escáneres de códigos de barras o sistemas de etiquetado, así como la infraestructura tecnológica requerida para transmitir los datos de manera segura a la plataforma. El objetivo principal es asegurar que todos los productos comercializados estén debidamente trazados y registrados en la plataforma, lo que permite una gestión más eficiente y una mayor transparencia en la cadena de suministro.

CLIENTE TIPO COMERCIALIZADOR						
COSTES		Núm. (Ud.)	Precio min.	Total	Precio máx.	Total
FIJOS	Antena RFID	3	81.17 €	243.50 €	351.33 €	1,054.00 €
	Túnel Lector RFID	3	395.79 €	1,187.38 €	502.47 €	1,507.40 €
	Sensor de Humedad y temperatura	3	5.32 €	15.95 €	13.33 €	40.00 €
COSTE TOTAL				1,446.83 €		2,601.40 €

TABLA 40. COSTE DEL HARDWARE PARA CLIENTES COMERCIALIZADORES

12 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)[113]

Este proyecto de plataforma en la logística alimentaria está directamente vinculado a cuatro Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas. Estos ODS son una guía integral para abordar desafíos globales y promover un desarrollo sostenible en diversos aspectos. A continuación, se detallan los ODS en los que este proyecto tiene un impacto significativo:

- **Objetivo 2: Hambre Cero:** El proyecto está estrechamente relacionado con este objetivo, ya que busca facilitar la reducción de envases mediante la identificación unitaria de productos alimentarios. Al permitir la trazabilidad precisa de las frutas a lo largo de la cadena de suministro, se mejora la seguridad alimentaria y se previenen enfermedades relacionadas con la alimentación. Además, al promover prácticas que reducen el desperdicio de alimentos, el proyecto contribuye a abordar el desafío del hambre y la malnutrición.
- **Objetivo 12: Producción y Consumo Responsables:** Este objetivo se enfoca en promover la sostenibilidad en la cadena de suministro y garantizar una gestión responsable de los recursos. El proyecto cumple con este objetivo al facilitar la identificación unitaria de productos alimentarios y promover la trazabilidad. Al proporcionar información transparente sobre el origen, la calidad y los procesos de producción, se empodera a los consumidores para tomar decisiones informadas y fomentar el consumo responsable.
- **Objetivo 13: Acción por el Clima:** El proyecto también está alineado con este objetivo al reducir el uso de envases plásticos y promover prácticas sostenibles en la industria alimentaria. Al implementar soluciones que minimizan la huella de carbono y mejoran la eficiencia energética, se contribuye a la mitigación del cambio climático y a la adaptación a sus efectos.
- **Objetivo 15: Vida de Ecosistemas Terrestres:** Este objetivo busca proteger, restaurar y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres. El proyecto se relaciona con este objetivo al fomentar prácticas de producción sostenible de alimentos y al promover la trazabilidad en la cadena de suministro. Al garantizar la procedencia y la calidad de las frutas, se contribuye a la conservación de la biodiversidad y se previene la deforestación.

Además de estos ODS principales, el proyecto también puede conectar con otros objetivos, como el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) debido a su enfoque en el uso de tecnología avanzada, el ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles) al facilitar la adopción de soluciones sostenibles en la industria alimentaria, y el ODS 17 (Alianzas para lograr los objetivos) al fomentar colaboraciones entre diferentes actores del sector.

13 CONCLUSIONES

Se pueden extraer diferentes conclusiones importantes a partir del estudio del negocio existente alrededor de la plataforma de trazabilidad hortofrutícola:

1. Reducción de envases e identificación unitaria: La implementación de la identificación unitaria de productos a través de tecnologías laser y códigos QR puede facilitar la reducción de envases innecesarios. Al permitir a los consumidores acceder a información detallada sobre los productos a través de la plataforma, se fomenta una mayor conciencia y transparencia y favorece la reducción de envases y residuos.
2. Coyuntura legal favorable y trazabilidad en la Unión Europea: La legislación alimentaria de la Unión Europea fomenta o exige la trazabilidad en la cadena de suministro alimentaria y la reducción de envases. La plataforma puede aprovechar esta coyuntura legal favorable al proporcionar una solución integral que garantice la trazabilidad y cumpla con los estándares reguladores. Esto fortalece la confianza de los consumidores y brinda un valor agregado a los actores de la industria.
3. Amazon Web Services (AWS) ofrece una amplia gama de servicios y herramientas que pueden ser aprovechados por la plataforma. La infraestructura escalable, la disponibilidad global y la robustez de los servicios de AWS son beneficios clave para el desarrollo y el funcionamiento de la plataforma. Además, el soporte técnico proporcionado por AWS garantiza un respaldo confiable y una rápida resolución de problemas.
4. Oportunidad de comenzar en España: España, como país miembro de la Unión Europea, representa una oportunidad estratégica para el inicio del proyecto. La relevancia y tamaño del mercado español, así como su posición geográfica estratégica, pueden facilitar la adopción temprana y el crecimiento de la plataforma. Comenzar en España permite establecer una base sólida antes de expandirse a otros países europeos.
5. Momento tecnológico oportuno en Europa: Existe un buen momento tecnológico en Europa, donde la población tiene un alto grado de familiaridad con tecnologías como los códigos QR y las páginas web. Además, la conectividad de redes en Europa permite la utilización de tecnologías emergentes, como la Internet de las cosas (IoT), para habilitar la recopilación de datos en tiempo real y mejorar la eficiencia de la cadena de suministro.
6. Las empresas aseguradoras, están interesadas en un producto como este, ya que puede crear los argumentos necesarios, basados en datos, para justificar la culpabilidad de las partes en caso de que hubiese algún problema. Prueba de ello es el interés de AON por reconocer este trabajo.

En conclusión, este proyecto presenta oportunidades significativas en términos de fomento de la transparencia, reducción de envases, protección del medioambiente, escalabilidad del negocio, coyuntura legal favorable, utilización de servicios de AWS, oportunidad de comenzar en España, y el buen momento tecnológico en Europa. Aprovechar estas ventajas puede conducir al desarrollo exitoso de la plataforma, brindando beneficios tanto a los consumidores como a los actores de la industria alimentaria.

14 BIBLIOGRAFÍA

- [1] «La innovación como respuesta a la gestión del riesgo». <https://www.comillas.edu/noticias/19-comillas-icai/4617-la-innovacion-como-respuesta-a-la-gestion-del-riesgo> (accedido 17 de julio de 2023).
- [2] «Cuál es la diferencia entre verdura y hortaliza». <https://www.bonviveur.es/preguntas/cual-es-la-diferencia-entre-verdura-y-hortaliza> (accedido 10 de julio de 2023).
- [3] Parlamento Europeo y del Consejo, «Reglamento (UE) N.º 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo.», 2022.
- [4] «La industria de alimentación y bebidas amortiguó en 2021 gran parte del impacto del COVID-19 | FIAB», 2022. <https://fiab.es/la-industria-de-alimentacion-y-bebidas-amortiguio-en-2021-gran-parte-del-impacto-del-covid-19/#:~:text=De%20nuevo%2C%20el%20sector%20repite,de%2038.202%20millones%20de%20euros.> (accedido 9 de julio de 2023).
- [5] «Especial Transporte Frigorífico 2022 de Cadena de Suministro», 2020. <https://www.cadenadesuministro.es/revista-pdf/ESPFRIGO22/#page=1> (accedido 9 de julio de 2023).
- [6] P. y A. Ministerio de Agricultura, «Frutas y hortalizas», 2021. https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/frutas-y-hortalizas/informacion_general.aspx (accedido 9 de julio de 2023).
- [7] Statista, «Sector fruta y verdura: número de empresas en España», 2022. <https://es.statista.com/estadisticas/495580/numero-de-empresas-en-la-industria-frutas-y-verduras/#:~:text=El%20sector%20espa%C3%B1ol%20de%20la,del%20territorio%20nacional%20en%202021.> (accedido 9 de julio de 2023).
- [8] Statista, «Fruta y verdura: número de trabajadores 2009-2021», 2023. <https://es.statista.com/estadisticas/495935/trabajadores-de-la-industria-de-fruta-y-verdura-en-espana/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [9] «Frutas y hortalizas: exportaciones españoles por región en 2022 | Statista». <https://es.statista.com/estadisticas/1203570/exportaciones-espanolas-de-fruta-y-hortalizas-por-comunidad-autonoma/> (accedido 12 de julio de 2023).
- [10] «ANUARIO ESTADÍSTICO 2021 del Sistema Portuario de Titularidad Estatal Annual statistical report of the State-owned Port System», Accedido: 12 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.puertos.es/es-es/estadisticas/RestoEstad%C3%ADsticas/anuarioestadisticos/Documents/Anuario%20Estad%C3%ADstico%20OPPE%202021.pdf>
- [11] «Informes del Grupo de alto nivel de expertos», 2014, Accedido: 9 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe/informes/es/>
- [12] «Desperdicio de alimentos, la “gran cuenta pendiente” de España: cada ciudadano tira 31 kilos de comida al año». <https://www.20minutos.es/noticia/4852187/0/desperdicio-de-alimentos-la-gran-cuenta-pendiente-el-40-de-la-comida-se-tira-a-la-basura-en-espana/> (accedido 12 de julio de 2023).
- [13] Boletín Oficial del Estado (BOE), «Proyecto de Ley 121/000107», 2022.

- [14] «Ley de Envases: Real Decreto que regula los Envases y sus residuos», 2022. <https://www.eurofins-environment.es/es/ley-de-envases/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [15] Boletín Oficial del Estado (BOE), «Real Decreto 1055/2022», 2022. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2022-22690> (accedido 9 de julio de 2023).
- [16] «Directiva (UE) 2018/852 del Parlamento Europeo y del Consejo», 2018.
- [17] Parlamento Europeo y del Consejo, «Directiva (UE) 2019/904 del Parlamento Europeo y del Consejo.»
- [18] Eduardo Martínez Ruiz, «Logística de distribución: qué es y cuáles son sus etapas | Programa Transporte», 2022. <https://programadetransporte.es/logistica-de-distribucion/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [19] «Administración de la Cadena de Suministro. Una perspectiva logística. 9a. Ed. John J. Coyle et, al. by Cengage - Issuu». https://issuu.com/cengagelatam/docs/administracion_de_la_cadena_de_suministro_9a_ed. (accedido 9 de julio de 2023).
- [20] Parlamento Europeo y del Consejo, «Reglamento (UE) N.º 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo.», 2018.
- [21] Ernesto Conesa Roca, «Línea de manipulación: lavado, tratamiento, selección, calibrado y envasado.», 2018.
- [22] S. General de Transportes Movilidad, C. de Publicaciones, M. de Transportes, y M. Agenda Urbana, «Acuerdo sobre transportes internacionales de mercancías perecederas y sobre las unidades especiales utilizadas en estos transportes · ATP 07-2020», 2020, Accedido: 9 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://apps.fomento.gob.es/CVP/>
- [23] Judith Comtel, «Las particularidades del transporte con temperatura controlada - Transporte multimodal», 2022. <https://www.interempresas.net/Transporte-multimodal/Articulos/389606-Las-particularidades-del-transporte-con-temperatura-controlada.html> (accedido 9 de julio de 2023).
- [24] Maritima Sureste, «Transporte marítimo en contenedores». <https://maritimasureste.com/maritimo/en-contenedores/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [25] «Principales claves del transporte marítimo de productos frescos y/o perecederos», 2020. <https://jcvshipping.com/claves-del-transporte-maritimo-de-productos-frescos-y-perecederos/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [26] «Transporte ATP . Transporte de mercancías perecederas». <https://www.empleoytransporte.es/transporte-atp/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [27] «CoolRailCoolRail - Europe - CoolRail Europe». <https://www.coolraileurope.com/es> (accedido 9 de julio de 2023).
- [28] «El ferrocarril ya está listo para el transporte refrigerado», 2019. <https://www.cadenadesuministro.es/noticias/el-ferrocarril-ya-esta-listo-para-el-transporte-refrigerado/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [29] «¿Qué tipos de transporte de mercancías existen y cómo elegir?». <https://www.logismarket.es/blog/tipos-transporte-mercancias-como-elegir> (accedido 13 de julio de 2023).
- [30] «El acuerdo ATP de mercancías perecederas - tuteorica». <https://tuteorica.com/blog/el-acuerdo-atp/> (accedido 9 de julio de 2023).

- [31] Boletín Oficial del Estado (BOE), «Real Decreto 1202/2005», 2005. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2005/10/10/1202/con> (accedido 9 de julio de 2023).
- [32] Alejandra Cabornero, «El transporte refrigerado logra crecer en los primeros meses del año pese a la incertidumbre económica», 2022. <https://www.logisticaprofesional.com/texto-diario/mostrar/3890138/transporte-refrigerado-logra-crecer-primeros-meses-ano-pese-incertidumbre-economica> (accedido 9 de julio de 2023).
- [33] «Observatorio del Almacenamiento en Frio ALDEFE». <https://www.aldefe.org/sobre-aldefe/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [34] Sandra Piccolo de Castro, «Logística portuaria: modelo de optimización de los movimientos de contenedores vacíos aplicado al puerto de valencia», 2014.
- [35] Boletín Oficial del Estado (BOE), «Real Decreto 367/2005», 2005. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2005-6795> (accedido 9 de julio de 2023).
- [36] Parlamento Europeo y del Consejo, «Reglamento (UE) N.º 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo», 2011.
- [37] Parlamento Europeo y del Consejo, «Reglamento de Ejecución (UE) N.º 543/2011», 2011.
- [38] «Lasers can now add produce branding to fruits without labels or packaging - Viable Earth». <https://viable.earth/plant-based-food/lasers-can-now-add-produce-branding-to-fruits-without-labels-or-packaging/> (accedido 14 de julio de 2023).
- [39] «Caja de Fruta Plastica 50x30x25 cm C3M | paletsmultipal.com». <https://www.paletsmultipal.com/producto/caja-de-fruta-plastica-50x30x25-cm-c3m.html> (accedido 9 de julio de 2023).
- [40] «Capítulo 2. Preparación para el mercado». <https://www.fao.org/3/y4893s/y4893s05.htm> (accedido 9 de julio de 2023).
- [41] «La venta de frutas y verduras en envases de plástico estará prohibida». <https://lawebcinera.es/la-venta-de-frutas-y-verduras-en-envases-de-plastico-estara-prohibida-en-espana-en-2023/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [42] «Sector hortofrutícola | Naeco». <https://naeco.com/es/info/hortofruticola/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [43] Boletín Oficial del Estado (BOE), «Real Decreto 126/2015», 2015. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2015/02/27/126> (accedido 9 de julio de 2023).
- [44] «Trazabilidad RFID para frutas y verduras - Kiwanda», 2020. <https://kiwandalabs.com/trazabilidad-rfid-para-frutas-y-verduras/?cn-reloaded=1&cn-reloaded=1> (accedido 9 de julio de 2023).
- [45] Comisión Europea, «Reglamento (CE) N.º 1580/2007 de la Comisión Europea», 2007.
- [46] «Etiquetado láser para alimentos frescos», 2022. <https://thefoodtech.com/maquinaria-para-ensado-y-procesamiento/este-es-el-etiquetado-laser-para-frutas-y-verduras/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [47] «La codificación en frutas y verduras. - Macsa ID». <https://www.macsa.com/blog/aplicaciones/codificacion/la-codificacion-en-frutas-y-verduras/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [48] «Láser para grabar en la piel de las frutas la etiqueta y reducir los residuos del etiquetado convencional». <https://efeagro.com/tecnologia-laser-etiquetas-fruta/> (accedido 9 de julio de 2023).

- [49] «Marcadoras para frutas y verduras | Videojet». <https://www.videojet.es/es/homepage/industry-solutions/fruits-and-vegetables.html> (accedido 9 de julio de 2023).
- [50] «Eco Friendly Packaging». <https://rightcustomboxes.com/custom-eco-friendly-packaging/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [51] «Dos grandes innovaciones para un envase responsable con el medio ambiente para frutas y hortalizas exóticas». <https://www.freshplaza.es/article/9187099/dos-grandes-innovaciones-para-un-envase-responsable-con-el-medio-ambiente-para-frutas-y-hortalizas-exoticas/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [52] «Tinta negra marcaje sector alimentario 1 litre». <https://sirajet.com/es/Consumibles-Markem-Imagen-Tintas/black-food-packaging-ink-tinta-negra-marcaje-sector-alimentario-1-litre.html> (accedido 9 de julio de 2023).
- [53] «¿Qué es el RFID? - Kiwanda». <https://kiwandalabs.com/que-es-el-rfid/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [54] Yago, «EPC Class1 Gen2», 2011. <https://www.acore.es/blog/5/Escribir-y-leer-en-inventario-mas-de-96-bits-en-EPC-Class1-Gen2> (accedido 9 de julio de 2023).
- [55] «L'empresa d'Alzira Laser Food guanya un premi i inicia l'exportació a EEUU - riberaexpress.es». <https://www.riberaexpress.es/2020/02/19/empresa-dalzira-laser-food-guanya-un-premi-i-comenca-a-exportar-a-eeuu/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [56] «Natural Branding - EcoMark». <https://eco-mark.de/en/natural-branding/#top> (accedido 9 de julio de 2023).
- [57] «Ortur Laser Engraving Machines | Laser Engravers». <https://ortur.net/en-de> (accedido 9 de julio de 2023).
- [58] «Affordable CO2 Laser Fruit Marking Machine for Coconut | STYLECNC». <https://www.stylecnc.com/co2-laser-marking-machine/coconut-CO2-laser-marker-for-sale.html> (accedido 11 de julio de 2023).
- [59] «Marcador DOD 32 puntos». <https://sirajet.com/es/sjet-dod-series/dod-32-impresora.html> (accedido 11 de julio de 2023).
- [60] «Marcador DOD 16 puntos». <https://sirajet.com/es/sjet-dod-series/dod-16-impresora.html> (accedido 11 de julio de 2023).
- [61] «Impresoras de etiquetas de código de barras | Logiscenter». <https://www.logiscenter.com/impresoras/impresoras-codigo-barras?manufacturer=5140> (accedido 12 de julio de 2023).
- [62] «Antenas RFID Impinj al mejor precio | Barcodesite». <https://www.barcodesite.com/rfid/antenas/rfid-impinj> (accedido 9 de julio de 2023).
- [63] «Impinj IPJ-REV-R420-EU12M1 RFID Reader - Barcodesinc.com». <https://www.barcodesinc.com/impinj/part-ipj-rev-r420-eu12m1.htm> (accedido 9 de julio de 2023).
- [64] «Túnel RFID | Dipole». <https://www.dipolerfid.es/producto/Tunel-RFID-DIPOLE> (accedido 9 de julio de 2023).
- [65] «Arco RFID | Dipole». <https://www.dipolerfid.es/producto/arco-rfid-dipole> (accedido 9 de julio de 2023).
- [66] «Sensor NBIoT / LTE de temperatura y humedad | M2C Solutions». <https://www.m2csolutions.com/blog/sensor-de-temperatura-y-humedad-conectado-a-la-nube/> (accedido 11 de julio de 2023).
- [67] «Especially Data Logger | UbiBot». <https://ubibotus.com/> (accedido 11 de julio de 2023).

- [68] «Termómetro ethernet HWg-STE ideal para salas de servidores — Tienda DITECOM». <https://www.ditecom.com/tienda/monitorizacion/temperatura-y-humedad-remota/termometro-ip-hwg-ste/termometro-ethernet-hwg-ste/> (accedido 11 de julio de 2023).
- [69] «Definition of Primary Key». <https://www.techtarget.com/searchdatamanagement/definition/primary-key> (accedido 10 de julio de 2023).
- [70] «Definition of Foreign Key». <https://www.techtarget.com/searchoracle/definition/foreign-key> (accedido 10 de julio de 2023).
- [71] «Cloud Computing Services - Amazon Web Services (AWS)». <https://aws.amazon.com/> (accedido 10 de julio de 2023).
- [72] «Servicios de informática en la nube | Microsoft Azure». <https://azure.microsoft.com/es-es> (accedido 16 de julio de 2023).
- [73] «MySQL :: MySQL Workbench». <https://www.mysql.com/products/workbench/> (accedido 10 de julio de 2023).
- [74] «Captain Peter».
- [75] «¿Cómo combatir el desperdicio de alimentos en la industria logística?», *Boletín Oficial del Estado (BOE)*. <https://www.portalambiental.com.mx/sabias-que/20220822/como-combatir-el-desperdicio-de-alimentos-en-la-industria-logistica> (accedido 9 de julio de 2023).
- [76] «Remote Container Management (RCM) - YouTube». <https://www.youtube.com/watch?v=-2oBE7QW7Qo> (accedido 9 de julio de 2023).
- [77] «Hamburg Süd explains Remote Container Management (RCM) - YouTube». https://www.youtube.com/watch?v=Fk0_14Cb0Ng (accedido 9 de julio de 2023).
- [78] «La flota de contenedores inteligentes se multiplicará por seis en el próximo lustro - Cadena de Suministro». <https://www.cadenadesuministro.es/carrusel/la-flota-de-contenedores-inteligentes-se-multiplicara-por-seis-en-el-proximo-lustro/> (accedido 17 de julio de 2023).
- [79] «Modelo canvas: ¿Qué es y cómo elaborarlo? + Ejemplos». https://www.holded.com/es/blog/en-que-consiste-el-modelo-canvas-a-la-hora-de-planificar-tu-negocio?utm_adgroupid=61706694846&utm_keyword=&campaignid=1330918973&adgroupid=61706694846&adid=525565262827&hld_device=c&hld_network=g&hld_matchtype=&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=dsa_1330918973&utm_term=&utm_content=61706694846_525565262827&hsa_src=g&hsa_kw=&hsa_mt=&hsa_acc=7276020979&hsa_grp=61706694846&hsa_ad=525565262827&hsa_cam=1330918973&hsa_tgt=dsa-1655314568595&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gclid=Cj0KCQjw8e-gBhD0ARIsAJiDsaWJhUQpgMER3pnoVG9xEJ86g2wA6y9HzAF5nNnb_6UFrWE91BqurmUaAq2oEALw_wcB (accedido 10 de julio de 2023).
- [80] «Análisis DAFO». <https://www.infoautonomos.com/plan-de-negocio/analisis-dafo/> (accedido 10 de julio de 2023).
- [81] «Análisis PESTEL». <https://es.eserp.com/articulos/que-es-analisis-pestel/> (accedido 10 de julio de 2023).

- [82] Comisión Europea, «Reglamento (CE) N.º 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo», 2004. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2004-81035> (accedido 10 de julio de 2023).
- [83] C. y T. Ministerio de Industria, «Perte Agroalimentario», 2022.
- [84] «El Futuro de la Trazabilidad Alimentaria - DiMuto». <https://dimuto.io/es/2020/01/31/el-futuro-de-la-trazabilidad-alimentaria/> (accedido 10 de julio de 2023).
- [85] «Un 50% de españoles pagaría más por alimentos con menos impacto ambiental - Alimentación». <https://www.interempresas.net/Alimentaria/Articulos/393130-Un-50-por-ciento-de-espanoles-pagaria-mas-por-alimentos-con-menos-impacto-ambiental.html> (accedido 10 de julio de 2023).
- [86] «¿Qué pedimos los ciudadanos a nuestro modelo alimentario?» <https://www.aseprhu.es/hablamos-del-futuro-de-la-ganaderia-2/> (accedido 10 de julio de 2023).
- [87] Boletín Oficial del Estado (BOE), «Ley 17/2011», 2011. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-11604> (accedido 10 de julio de 2023).
- [88] Boletín Oficial del Estado (BOE), «Ley 28/2015», 2015. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-8563> (accedido 10 de julio de 2023).
- [89] Boletín Oficial del Estado (BOE), «Real Decreto Legislativo 1/2007», 2007. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-20555> (accedido 10 de julio de 2023).
- [90] Parlamento Europeo y del Consejo, «Reglamento (UE) N.º 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo.», 2016. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1532348683434&uri=CELEX%3A02016R0679-20160504> (accedido 10 de julio de 2023).
- [91] Boletín Oficial del Estado (BOE), «Ley Orgánica 3/2018», 2018. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2018-16673> (accedido 10 de julio de 2023).
- [92] «Las 5 fuerzas de Porter». <https://asana.com/es/resources/porters-five-forces> (accedido 10 de julio de 2023).
- [93] «Equipment - Fomesa Fruitech». <https://www.fomesafruitech.net/en/equipment-2/> (accedido 18 de julio de 2023).
- [94] «Hispacec, software y AgTech para la agricultura global». <https://www.hispatec.com/> (accedido 18 de julio de 2023).
- [95] «CROS Ingenieros - Control de producción, trazabilidad, OEE». <http://www.crosingenieros.com/ES/> (accedido 18 de julio de 2023).
- [96] «Software y Aplicación de gestión agrícola fácil de usar | Agroptima®». <https://www.agroptima.com/es/> (accedido 18 de julio de 2023).
- [97] «HarvestMark: Una herramienta de trazabilidad completa y al instante – Simfruit». <https://www.simfruit.cl/harvestmark-una-herramienta-de-trazabilidad-completa-y-al-instante/> (accedido 18 de julio de 2023).
- [98] «SMARTWard® Ward Warehouse Medication/Supply Management Module - STOCKART». <https://stockart.com/en/smartward-ward-medicationsupply-warehouse-management-module/> (accedido 18 de julio de 2023).

- [99] «Agriculture | Agritrace Institute». <https://www.agritraceinstitute.org/> (accedido 18 de julio de 2023).
- [100] «Cómo implantar la tecnología RFID en nuestra empresa». <https://www.tecnipesa.com/blog/124-como-implantar-la-tecnologia-rfid-en-nuestra-empresa> (accedido 9 de julio de 2023).
- [101] «Calculadora coste empresa contratar un trabajador | Factorial». <https://factorialhr.es/calculadora-coste-trabajador> (accedido 9 de julio de 2023).
- [102] «Sueldo de Técnico/a de redes en España». <https://es.indeed.com/career/t%C3%A9cnico-de-redes/salaries> (accedido 9 de julio de 2023).
- [103] «¿Cuánto cobra un/a Jefe de proyecto/Jefa de proyecto en Madrid? | InfoJobs Salarios». <https://salarios.infojobs.net/jefe-de-proyecto-jefa-de-proyecto/madrid> (accedido 9 de julio de 2023).
- [104] «Espacios - Plataforma Madrid Emprende». <https://www.madridemprende.es/espacios/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [105] «AWS Pricing Calculator». <https://calculator.aws/#/> (accedido 18 de julio de 2023).
- [106] «Cooperativa de agricultores productores de frutas y hortalizas Polonia Manzana». <https://grupawitabo.pol-agro.eu/es.html> (accedido 9 de julio de 2023).
- [107] «Cuánto pesa una naranja - UDOE». <https://udoe.es/cuanto-pesa-una-naranja/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [108] «PALET PARA FRUTAS - RECIPALET». <https://www.recipale.com/es/productos/palet-para-frutas/> (accedido 9 de julio de 2023).
- [109] «Control de palets y contenedores retornables con RFID». <https://www.tecnipesa.com/soluciones/soluciones-tecnologia-rfid/control-palets-contenedores-retornables-rfid> (accedido 17 de julio de 2023).
- [110] «Bekuplast lanza caja plegable con chip RFID». <https://www.freshplaza.es/article/3059872/bekuplast-lanza-caja-plegable-con-chip-rfid/> (accedido 17 de julio de 2023).
- [111] «El secreto de Zara para controlar Stock: etiquetas RFID - Labelmarket». <https://www.labelmarket.es/noticias/el-secreto-de-zara-para-controlar-stock-etiquetas-rfid/> (accedido 17 de julio de 2023).
- [112] «RFID technology in ZARA | The blog of Logistics at MGEPS at UPV». <https://logisticsmgepsupv.wordpress.com/2017/04/11/rfid-technology-in-zara/> (accedido 17 de julio de 2023).
- [113] «Objetivos de Desarrollo Sostenible». <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> (accedido 10 de julio de 2023).

15 ANEXO A

Este código genera ejemplos aleatorios de consultas SQL para tres tablas diferentes: "frutas", "mediciones" y "registros". Cada tabla tiene diferentes columnas y se generan valores aleatorios para llenar esas columnas en cada consulta.

En el primer bloque de código, se generan ejemplos para la tabla "frutas". Esta tabla representa información sobre casa una de las frutas. Se generan 200 ejemplos aleatorios con valores como el nombre de la fruta (en este caso, "Naranja"), el sublote, el número de envase y el número de caja. Estos valores se almacenan en una cadena de texto llamada "texto_valores" y luego se imprime.

En el segundo bloque de código, se generan ejemplos para la tabla "mediciones". Esta tabla podría representar datos de sensores que miden la temperatura y humedad en diferentes lugares. Se generan 100 ejemplos aleatorios con valores como el ID del sensor, el ID del lugar, la temperatura, la humedad y la hora de la medición. Las fechas de las mediciones se generan dentro de un rango específico. Los ejemplos se almacenan en una cadena de texto llamada "mediciones_sql" y se imprime.

En el tercer bloque de código, se generan ejemplos para la tabla "registros". Esta tabla podría representar registros de productos almacenados en un almacén. Se generan 100 ejemplos aleatorios con valores como el ID del registro, el ID del lugar, el ID del pallet (un tipo de plataforma para el transporte de mercancías) y el ID de la antena. También se genera una fecha y hora de registro dentro de un rango específico. Los ejemplos se almacenan en una cadena de texto llamada "registros_sql" y se imprime.

```
import random
import time
from datetime import datetime, timedelta

# Generar ejemplos aleatorios
texto_valores = ""
for i in range(1, 201):
    nombre = "Naranja"
    sublote = random.randint(1, 30)
    envase = random.randint(1, 100)
    envase = random.randint(1, 100)
    caja = random.randint(1, 40)

    # Generar el contenido de la query
    texto_valores += f"({i}, '{nombre}', {sublote}, {envase}, {caja}),\n"

# Imprimir la query SQL generada
print(texto_valores)

# Generar ejemplos aleatorios
mediciones_sql = ""

fecha_inicial = datetime(2023, 4, 1) # Fecha inicial del rango
fecha_final = datetime(2023, 4, 30) # Fecha final del rango
```

```
dias_totales = (fecha_final - fecha_inicial).days + 1

for id_medicion in range(1, 101):
    id_sensor = random.randint(1, 10)
    id_lugar = random.randint(1, 5)
    temperatura = random.uniform(0, 100)
    humedad = random.uniform(0, 100)
    hora_medicion = fecha_inicial + timedelta(days=random.randint(0,
dias_totales))

    # Generar el contenido de la query
    mediciones_sql += f"({id_medicion}, {id_sensor}, {id_lugar},
{temperatura}, {humedad}, '{hora_medicion}'),\n"

# Imprimir la query SQL generada
print(mediciones_sql)
# Generar registros aleatorios
registros_sql = ""

fecha_inicial = datetime(2023, 4, 1) # Fecha inicial del rango
fecha_final = datetime(2023, 4, 30) # Fecha final del rango

dias_totales = (fecha_final - fecha_inicial).days + 1

for id_registro in range(1, 101):
    id_lugar = random.randint(1, 10)
    id_pallet = random.randint(1, 100)
    id_antena = random.randint(1, 5)
    hora_registro = fecha_inicial + timedelta(days=random.randint(0,
dias_totales))

    # Generar el contenido de la query
    registros_sql += f"({id_registro}, {id_lugar}, {id_pallet},
{id_antena}, '{hora_registro}'),\n"

# Imprimir la query SQL generada
print(registros_sql)
```