



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales

Máster en Ingeniería Avanzada de Producción, Logística y Cadena de Suministro

Propuesta de un sistema de trazabilidad de productos para la cadena de suministro agroalimentaria

Estudiante	César Iván Sosa Leonardo
DNI	PSC8330084
Director Tesis	Prof. Faustino Alarcón Valero
Curso	2016/2017

Índice

1	Introducción	1
2	Objetivos	2
3	Metodología del trabajo	3
4	Estado del arte	5
4.1	Planteamiento	5
4.2	¿Qué es la trazabilidad?	5
4.2.1	Definiciones	5
4.2.2	Tipos de trazabilidad	11
4.2.3	Trazabilidad hacia atrás o ascendente (tracing)	11
4.2.4	Trazabilidad interna o de proceso	13
4.2.5	Trazabilidad hacia adelante o descendente (tracking)	15
4.2.6	Trazabilidad en algunos sectores económicos	19
4.2.7	Ventajas e inconvenientes	22
4.2.8	Marco legal: leyes y normativas para la trazabilidad	26
4.3	¿Cómo funciona un sistema de trazabilidad?	30
4.4	¿Qué requisitos debe tener un sistema de trazabilidad?	37
4.5	¿Qué procesos de negocio son utilizados para hacer funcionar los sistemas de trazabilidad agroalimentaria?	42
4.6	¿Qué elementos o subsistemas debe tener un sistema de trazabilidad?	47
4.7	¿Cómo deberían ser los sistemas de trazabilidad en un contexto de Cadena de Suministro?	56
4.8	¿Cómo deberían ser los sistemas de trazabilidad en un contexto de CdS agroalimentaria?	57
5	Diseño de un sistema de trazabilidad de la CdS en el sector agrícola	60
5.1	Aplicación web	61
5.2	Escenario de un sistema de trazabilidad agrícola puesto en marcha	68
6	Conclusión	71
	Referencias	74

Índice de figuras.

Figura 1. La trazabilidad en una cadena de suministro de alimentos.....	6
Figura 2. Flujo e intercambio de información registrada en un sistema de trazabilidad.....	7
Figura 3. Representación esquemática de la trazabilidad de una cadena de suministro de alimentos.	9
Figura 4. Recorrido de un producto agrícola bajo un sistema de trazabilidad.	10
Figura 5. Trazabilidad hacia atrás en dirección al actor implicado, “aguas arriba”.	12
Figura 6. Trazabilidad interna o de proceso.....	14
Figura 7. Trazabilidad hacia adelante a partir del actor implicado, “aguas abajo”.	16
Figura 8. Flujo de información de material y trazabilidad que mejor refleja el caso de la CdS de alimentos... ..	18
Figura 9. Proceso de trazabilidad en el sector agropecuario.	20
Figura 10. Proceso de trazabilidad en el sector salud.	21
Figura 11. Factores que inciden en cuanto a los beneficios por parte de un sistema de trazabilidad.	24
Figura 12. Materia prima proporcionada por un proveedor bajo un sistema de trazabilidad.	30
Figura 13. Información transferida por parte de producción para un sistema de trazabilidad.	31
Figura 14. Sistema de trazabilidad en la distribución y localización del producto.....	31
Figura 15. Funcionamiento de un sistema de trazabilidad a través de una base de datos.	34
Figura 16. Procesos de negocio para el funcionamiento de un sistema de trazabilidad.	45
Figura 17. Sistema de trazabilidad apoyado de las TI para monitoreo del producto.	45
Figura 18. Representación de los sistemas de identificación durante el recorrido del producto.....	48
Figura 19. Ejemplificación del GS1-128 utilizado para la identificación de producto.	49
Figura 20. Funcionamiento de un sistema de RFID para la recolección de información sobre el producto.....	51
Figura 21. Funcionabilidad del sistema EPC para la identificación de producto.....	52
Figura 22. Funcionabilidad del EDI para el intercambio de información.	54
Figura 23. Estructura de un sistema de trazabilidad agrícola a través de IoT.	55
Figura 24. Ejemplificación de una plataforma informática en el sector hortofrutícolas.	59
Figura 25. Propuesta de diseño sistema de trazabilidad agrícola, opción de «Inicio».	63
Figura 26. Propuesta de diseño sistema de trazabilidad agrícola, opción de «Lotes».....	63
Figura 27. Propuesta de diseño sistema de trazabilidad agrícola, opción de «editar lotes».....	64
Figura 28. Propuesta de diseño sistema de trazabilidad agrícola, opción de «eliminar lotes».	64
Figura 29. Propuesta de diseño sistema de trazabilidad agrícola, opción de «flujos».	65
Figura 30. Propuesta de diseño sistema de trazabilidad agrícola, opción de «editar flujo».	65
Figura 31. Propuesta de diseño sistema de trazabilidad agrícola, opción de «eliminar flujo».....	66
Figura 32. Flujo de proceso del producto, parámetros de temperatura/humedad y línea de tracking.	67
Figura 33. Sistema de trazabilidad agrícola propuesto de forma esquemática a través de IoT.....	68

Índice de tablas.

Tabla 1. <i>Codificación artículos seleccionados.</i>	4
Tabla 2. <i>Ventajas e inconvenientes que presenta un sistema de trazabilidad. (Fuente: elaboración propia)..</i>	25

Resumen

La actual propuesta de investigación está focalizada en destacar la relevancia de la trazabilidad de los productos en la actualidad, la cual tiene como denominador común el rastreo y la localización de un producto agrícola en las distintas etapas que atraviesa para su elaboración y distribución en la cadena de suministro (no sólo eso, también y más importante, proporcionar información sobre las etapas que ha atravesado). En este mismo orden, la trazabilidad confiere voluntariamente oportunidades de mejora en la cadena de suministro desde la perspectiva del sector, habilitando una respuesta a los actores principales (proveedores, productores, distribuidores, etc.) en el flujo de información del producto a lo largo del proceso de rastreo, de modo que se observará el seguimiento de una unidad logística (producto) partiendo de un punto de origen hasta la entrega del mismo en el tiempo pautado. Asimismo, se analizarán los múltiples atributos y características que comprende un sistema de trazabilidad en cuanto a su efectiva funcionabilidad al momento de su implementación en cadena de suministro agroalimentaria, resultando así ser rentable en términos de mejora continua. En resumen, este trabajo hace hincapié en describir las peculiaridades de un sistema de trazabilidad en una cadena de valor agroalimentaria, a fin de obtener respuesta y establecer lineamientos en aspecto de diseño de un sistema de trazabilidad mediante los resultados obtenidos.

Palabras clave: Trazabilidad, cadena de suministro, sector agroalimentario, producto agrícola.

Prefacio

La motivación para presentar esta Tesina Final de Máster tiene su particular génesis de la necesidad personal de responder inquietudes, que enfrenta en la actualidad la Ingeniería Industrial, si bien durante el proceso universitario tanto yo como colegas nos sumergíamos en conversaciones que desembocaban en ver las brechas que experimenta esta rama de la ingeniería. No fue hasta el año 2015 luego de concluir un grado que pude experimentar y descubrir en el viaje tanto bibliográfico como práctico la sinergia de las fronteras y paradigma a los que se aboca la ingeniería desde cada una de sus dimensiones logística, procesos, distribución, líneas de productos e incluso hasta el consumidor final.

En aras de contribuir a una respuesta efectiva para futuras mejoras en el campo de la Ingeniería de Industrial me apego firmemente a profundizar de modo particular en los enfoques y lineamientos sobre el sistema de trazabilidad para cadena de suministro en el sector agrícola, a los fines de crear y alcanzar mayores y mejores condiciones en el sentido de competencia y con el fin de revolucionar la funcionalidad del seguimiento, rastreo y/o control de un producto. Sabiendo en ese contexto que un sistema de trazabilidad hoy en día es considerado como una de la mayor infraestructura tecnológica de gran aporte para la empresa en el aspecto de aseguramiento de la calidad y seguridad del producto, en donde su utilización en este sector supone confiabilidad en cuanto al seguimiento del producto agrícola, es decir, desde su procedencia (campos de cultivo) en la plantación y cosecha, pasando por diversas etapas en la cadena de valor hasta su distribución a un destino final, o sea, el consumidor.

En fin, después de una larga trayectoria y con metas ambiciosas que cumplir, tengo a bien presentarles el fruto de un arduo esfuerzo y horas intensa de trabajo, que se desarrolló mediante el apoyo y a través del seno de esta universidad y de sus catedráticos. En tal sentido a consideración de ustedes queda expuesta la compilación de datos e información que contempla esta tesis para una mayor construcción del conocimiento sobre el tema.

Agradecer en primer lugar a Dios por darme la oportunidad de tener esta experiencia, a mis padres por ser eje y soporte en todo momento a pesar de la distancia mostrando así su apoyo incondicional al igual que mis hermanos y el resto de mi familia, a su vez al Ministerio de Educación Superior de la República Dominicana, por concederme la beca con el fin de cursar este master. Recordar que llegar hasta aquí no ha sido por mérito propio, ha sido el trabajo de un vasto equipo. Por tanto, evoco la palabra gracias que cobra sentido al compartirla con ustedes, cada una de las personas que me apoyaron y aportaron sus sugerencias, comentarios y tiempo, con el único propósito de estimularme a llegar a la meta, mis más sinceros agradecimientos, es pertinente agradecer enormemente al profesor Faustino Alarcón, asesor de este trabajo, por su ayuda y dedicación con carácter de entrega que me ha brindado para el cumplimiento y culminación de este proceso.

1 Introducción

En la actualidad una de las mayores preocupaciones de los consumidores es la seguridad alimentaria. La inocuidad de los alimentos es un tema que desde hace años ha sido un factor de preocupación tanto para los consumidores, como para los empresarios en el sector agroalimentario. Dada esa problemática las autoridades competentes han hecho hincapié en materia de reglamentaciones y exigencias en el aspecto de alimentos frescos, seguros y de buena calidad que los responsables de la cadena agroalimentaria deben de cumplir, todo esto basado en un sistema que permita el seguimiento, control y rastreo de esos alimentos, denominado sistemas de trazabilidad.

En este contexto, se tiene entendido el término de trazabilidad a grosso modo como la posibilidad de encontrar y seguir rastro de un producto (seguimiento) a través de una serie de fases o etapas de cultivos y/o producción, transformación y distribución de los productos o alimentos a todo lo largo y ancho de la *cadena de suministro (CdS)*, partiendo de un origen, es decir, desde el productor de la materia prima hasta el consumidor final o cliente. Este sistema de rastreo más bien es una herramienta el cual permite a las industrias agroalimentarias mejorar la seguridad, controlar la calidad y a la misma vez facilitar el manejo de cadenas logísticas en entornos más complejos.

En un mercado cada vez más expansivo, en el que los consumidores finales exigen mayor calidad, seguridad y mejores servicios, así como también la disponibilidad en materia de información tangible sobre los productos que adquieren, reduciendo en la mayoría de los casos la importancia del factor económico, por tanto, se hace indispensable la utilización de un sistema de trazabilidad como parte obligatoria en cuanto a la gestión de riesgo y calidad de los alimentos. La industria de la alimentación es pionera en el uso de sistemas de trazabilidad, como fin de identificar productos, así como registrar información acerca de la cadena de suministro para dicho sector.

Para ello la implantación de sistemas de trazabilidad involucra, en la mayoría de los casos, la incorporación de nuevas tecnologías de información que puedan posibilitar el registro admisible o fiable de los datos concernientes al proceso productivo en el sector agroalimentario (agrícola) y su transmisión a los diferentes eslabones que comprende dicha cadena de agroalimentaria. Teniendo en cuenta que una cadena de suministro agroalimentaria típica puede consistir en una serie de entidades vinculadas entre agricultores, proveedores de insumos, cooperativas, emparadoras, transportistas, exportadores, importadores, mayoristas, minoristas y, por último, consumidores, el sistema de trazabilidad para este tipo de cadena de suministro, en este caso en el sector agrícola debe ser; fiable, eficiente y a su vez preciso, es decir, debe de responder a las múltiples demandas de información que puedan ocurrir durante dicho proceso, con esto poder aplicar medidas correctoras correspondientes.

En definitiva, se puede decir que un sistema trazabilidad para dicho sector día tras día está tomando un papel cada vez más importante y sustancioso respecto a ser una herramienta de identificación, rastreo y registro de información respecto a todo tipo de actividades desde un punto de origen de las materias primas y los productos, hasta un destino dígase el cliente. En donde su correcta implementación debe ser afrontada de forma totalitaria e integrada por parte de todos los eslabones que conforma la cadena de suministros.

En el presente documento se estudian el concepto de trazabilidad para la cadena de suministro en el sector agrícola, siguiendo un esquema, en el que primero se hace una revisión de literatura relacionada a las cuestiones de investigación planteadas con el objetivo de darles respuestas. Estas cuestiones son:

1. ¿Qué es la trazabilidad de productos?
2. ¿Cómo funciona un sistema para la trazabilidad?
3. ¿Qué requisitos debe tener el sistema?
4. ¿Qué procesos de negocio son utilizados para hacer funcionar los sistemas de trazabilidad?
5. ¿Qué elementos o subsistemas debe tener un sistema de trazabilidad?
6. ¿Cómo deberían ser los sistemas de trazabilidad en un contexto de Cadena de Suministro?
7. ¿Cómo deberían ser los sistemas de trazabilidad en un contexto de CdS agroalimentaria?

Para dar respuesta a las preguntas anteriores se recurre a una revisión del estado del arte, a partir del cual se presenta una definición completa de trazabilidad para dar un mayor entendimiento del tema principal que se estudia. Dando respuesta a las preguntas anteriores y considerando las peculiaridades (características, requisitos, normativas, etc.) de un sistema de trazabilidad y otros aspectos más importantes encontrados por el alumno se propone un diseño de un sistema de trazabilidad para la cadena de suministro agroalimentaria (sector agrícola). Por último, se presentan las conclusiones del tema de estudio.

2 Objetivos

El objetivo primordial de este trabajo es describir las características de un sistema de trazabilidad, todo esto luego de compilar información sobre el tema y con esta información plantear un sistema de trazabilidad para la cadena de suministro del sector agrícola, tomando en consideración el desarrollo de las preguntas anteriormente propuestas. En este sentido, las propias preguntas pueden considerarse como objetivos específicos del presente trabajo:

1. Definir la trazabilidad de productos.
2. Describir el funcionamiento de un sistema para la trazabilidad.
3. Describir los requisitos que debe tener un sistema para la trazabilidad.
4. Describir los procesos de negocio que son utilizados para hacer funcionar los sistemas de trazabilidad.
5. Describir los elementos o subsistemas que debe tener un sistema de trazabilidad.
6. Describir cómo deberían ser los sistemas de trazabilidad en un contexto de CdS.
7. Describir cómo deberían ser los sistemas de trazabilidad en un contexto de CdS agroalimentaria.

3 Metodología del trabajo

Respecto al proceso de selección de las fuentes las cuales se apoyará este trabajo, se presentan los análisis de una serie de artículos siguiendo una estructura en la que primero se codifica cada artículo para una mejor comprensión y orden del documento, esto servirá para una organización efectiva de los mismos. Estos artículos salen de diversas revistas científicas de investigación concernientes al tema, los mismos seleccionados tomando como criterio palabras claves y número de citas, cuya búsqueda realizada a través de buscadores académicos. En este trabajo se van a incluir artículos directamente relacionados con el tema de trazabilidad para la cadena de suministro en el sector agroalimentario, tomando en cuenta sus palabras claves para ello se filtraron aquellos artículos que están fuertemente vinculados con el tema, para así poder captar más información. Ver tabla 1.

Código artículo	Título del artículo	Autores
P1	Traceability as a strategic tool to improve inventory management.	(Alfaro & Rábade, 2009).
P2	Patterns and technologies for enabling supply chain traceability through collaborative e-business.	(Bechini, Cimino, Marcelloni, & Tomasi, 2008)
P3	Business process reengineering of a supply chain and a traceability system.	(Bevilacqua, Ciarapica, & Giacchetta, 2008)
P4	Agricultural supply system traceability, Part I: Role of packing procedures and effects of fruit mixing.	(Riden & Bollen, 2007)
P5	Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. Food Control.	(Bosona & Gebresenbet, 2013)
P6	Food product traceability and supply network integration.	(Engelseth, 2009)
P7	ePedigree Traceability System for the Agricultural Food Supply Chain to Ensure Consumer Health.	(Farooq, Tao, Alfian, Kang, & Rhee, 2016)
P8	Traceability data management for food chains.	(Folinas, Manikas, & Manos, 2006)

P9	Traceability in the US food supply: Economic theory and industry studies.	(Golan et al., 2004)
P10	Designing and Planning Agricultural Supply Chain Traceability System Based on Modern RFID Technology.	(L. Huang, Yu, Luo, & Yu, 2011)
P11	A RFID field operation system design for agricultural traceability.	(Y. Huang, Kuo, & Kao, 2010)
P12	RFID-enabled traceability in the food supply chain.	(Kelepouris, Pramataris, & Doukidis, 2007)
P13	Traceability in the Greek fresh produce sector: drivers and constraints.	(Manos & Manikas, 2010)
P14	Perspectives on traceability in food manufacture.	(Moe, 1998)
P15	Traceability in agriculture and food supply chain: A review of basic concepts, technological implications, and future prospects.	(Opara, 2003)
P16	Design on Cucumber Traceability System Based on the Internet of Things.	(B. Qu et al., 2016)
P17	The constitution of vegetable traceability system in agricultural IOT.	(Y. Qu & Tao, 2014)
P18	Buyer – supplier relationship’ s influence on traceability implementation in the vegetable industry,	(Rábade & Alfaro, 2006)
P19	Traceability of food products: General framework and experimental evidence.	(Regattieri, Gamberi, & Manzini, 2007)
P20	TraceALL: a semantic web framework for food traceability systems. Journal of Systems and Information Technology.	(Salampasis, Tektonidis, & Kalogianni, 2012)
P21	Traceability from a European perspective.	(Schwagele, 2005)
P22	Traceability from a US perspective.	(Smith et al., 2005)
P23	Traceability adoption at the farm level: An empirical analysis of the Portuguese pear industry.	(Souza Monteiro & Caswell, 2008)
P24	Modeling traceability information in soybean value chains	(Thakur & Donnelly, 2010)
P25	Framework for implementing traceability system in the bulk grain supply chain.	(Thakur & Hurburgh, 2009)
P26	Consumer perceptions of traceability: A cross-national comparison of the associated benefits.	(van Rijswijk, Frewer, Menozzi, & Faioli, 2008)
P27	Insights from industry Food safety and traceability in the agricultural supply chain: using the Internet to deliver traceability.	(Wilson & Clarke, 2006)
P28	Traceability and Management Information Techniques of Agricultural Product Quality Safety in China,	(Xinting, Ming, Chuanheng, Jianping, & Zengtao, 2012)

Tabla 1. Codificación artículos seleccionados.

4 Estado del arte

4.1 Planteamiento

Un estado del arte es una recopilación de resultados de diversas investigaciones que sobre el tema de investigación a desarrollar han realizado aportes. Se trata por lo tanto de establecer qué trabajo e investigaciones se han realizado recientemente sobre el tema seleccionado.

Para el desarrollo de este trabajo y dar respuesta a las preguntas anteriormente planteadas es necesario la elaboración de un estado del arte, en el cual se presenta diferentes definiciones y acepciones relacionadas con el concepto de trazabilidad, las mismas recopiladas de diversos artículos a través de distintos trabajos que aportan información recabada sobre el tema en cuestión, así como también de libros y documentos asociados al tema de trazabilidad, es decir, dichas fuentes están fuertemente vinculadas en cuanto al aspecto de sistema de trazabilidad de productos para la cadena de suministro agroalimentaria, por ende, dicho estado del arte persigue dar mayor entendimiento del tema principal que se estudia. Establecido esto, se procede luego con el desarrollo de las demás preguntas, las cuales tienen un sentido de correlación, es decir, continuidad de una pregunta a la otra. La razón por la cual hace este tipo de compilación es para dar lugar a informaciones concretas que ayudan a responder a las preguntas establecidas y a su vez la información recabada en estos artículos, que en conjunto se empleará para proponer el diseño de un sistema de trazabilidad de producto para la cadena de suministro agroalimentaria.

4.2 ¿Qué es la trazabilidad?

4.2.1 Definiciones

En cuanto a definiciones sobre el término de «trazabilidad», se ha conceptualizado considerablemente en los últimos tiempos, orientada a diversas industrias, mostrando así la oportunidad de examinar la relación que esta presenta respecto a la agricultura y la alimentación.

Existen una gran multitud y, por ende, diversas acepciones concernientes a dicha terminología, de acuerdo con los múltiples trabajos e investigaciones realizadas por distintos autores, los cuales hacen importantes aportes en cuanto al desarrollo y comportamiento de la trazabilidad en los diversos campos de aplicación.

Estos a su vez dan una configuración más extensa respecto a la utilización de la misma en los diferentes sectores e industria de la alimentación, en este caso en un entorno agroalimentario. Muchas de esas definiciones difieren en su mayoría unas de otras en función del sector de origen (procedencia) o también según enfatizan ciertos aspectos en decremento de otros.

A continuación, se exterioriza una relación de estas definiciones, las cuales presentan varios conceptos en cuanto a la trazabilidad, partiendo de ser una herramienta que permite el seguimiento (rastreo) y a su vez localización exacta de un producto procedente desde un lugar de origen en un punto determinado a lo largo de toda la cadena de producción del mismo, hasta un destino final, es decir, el cliente o consumidor final.

El término «trazabilidad» es definido por la *Organización Internacional para la Estandarización ISO 9000*, como “la capacidad de rastrear la historia, la aplicación o la ubicación de lo que está bajo consideración” ISO (2005). Según el *Codex Alimentarius Alimentarius* (2017), la define como “la capacidad para seguir el movimiento de un alimento a través de etapa(s) especificada(s) de la producción, transformación y distribución”.

Se puede decir que la trazabilidad es considerada una herramienta de identificación y registro de información que posibilita la mejora procesos de control de un producto para las empresas que persiguen resultados fiables con el menor fallo posible en sus procesos productivos, es decir, aplicada por razones relacionadas con mejoras a los procesos de negocios de una empresa, la cual su presencia justifica: mayor eficiencia en procesos productivos, menores costes ante fallos, mejor servicio a clientes, etc. Ver figura 1.

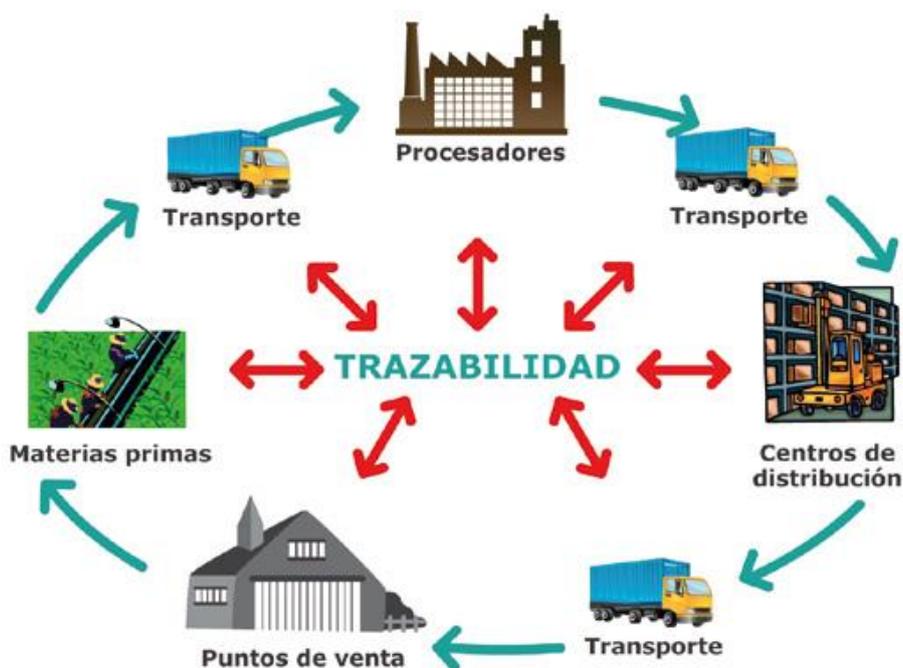


Figura 1. La trazabilidad en una cadena de suministro de alimentos.

Según el artículo 3 del *Reglamento (CE) no 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo*, de 28 enero de 2002 *Reglamento 178/2002 del Parlamento Europeo & Consejo (2002)*, la trazabilidad es “la posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución, de un alimento, un pienso, un animal destinado a la producción de alimentos o una sustancia destinados a ser incorporados en alimentos o piensos o con probabilidad de serlo”. La misma tiene un carácter obligatorio que han de cumplir todos los países de la Unión Europea. Por tanto, se habla, de un sistema de seguimiento y control de vital importancia en cuanto a una gestión eficaz para las industrias alimentarias de manera garantizada, es decir, el funcionamiento efectivo de toda la cadena de suministro la cual es esencial en base a satisfacer las necesidades del consumidor.

Para la agencia estadounidense responsable de la regulación de alimentos, medicamentos, cosméticos, etc., para ello la *FDA (Food And Drug Administration)*, define el término de «trazabilidad» de la siguiente forma; “Trazabilidad significa la capacidad de seguir el movimiento de un producto a través de sus etapas de producción y distribución” *FDA (2011)*.

Como herramienta de seguridad alimentaria, la trazabilidad ayuda a las autoridades gubernamentales y a los funcionarios de la industria a localizar la fuente de contaminación (rastreo) y a localizar a quienes pudieron haber recibido los alimentos contaminados. Los registros suficientes para identificar los productos y rastrearlos rápidamente se consideran requisitos previos importantes para una retirada exitosa. Entre otras cuestiones se encuentran las posibles cargas administrativas y de costos que un programa regulatorio más extenso podría imponer a quienes están en el sistema alimentario, así como las preocupaciones de privacidad sobre los registros *FDA (2011)*. Ver figura 2.



Figura 2. Flujo e intercambio de información registrada en un sistema de trazabilidad.

Todo esto hace pertinente que dichas informaciones recabadas y previamente registradas permitan disponer de un conocimiento más detallado, además del seguimiento técnico, coherente, preciso y documentando de los procesos, acompañadas de tareas que respalden el análisis/control de las materias primas hasta el consumidor, sabiendo que este que este sistema por sí solo no garantiza la seguridad alimentaria, si bien se vale para controlar y detectar irregularidades durante todo el proceso de rastreo.

[Bosona & Gebresenbet \(2013\)](#) proponen una definición más completa de trazabilidad basándose en la comparación de diferentes artículos y en 3 componentes clave que debe tener la definición: seguimiento hacia atrás, seguimiento hacia adelante y la información histórica del producto; la definición que proponen es la siguiente: “La trazabilidad de los alimentos es parte de la gestión logística que captura, almacena y transmite datos adecuados sobre los alimentos, producción de alimentos en todas etapas de la cadena de suministro para el producto pueda ser chequeado para el control y seguridad de los alimentos, rastreado hacia atrás (tracing) y con seguimiento hacia adelante (tracking) en cualquier tiempo requerido”.

De acuerdo con [Opara \(2003\)](#), establece dos definiciones en cuanto a la trazabilidad enfocadas en sectores productivos diferentes, dígase, la trazabilidad agrícola y producto alimenticio. La primera “se refiere simplemente a la recolección, documentación, mantenimiento y aplicación de la información relacionados con todos los procesos de la cadena de suministro de garantizar al consumidor y a las otras partes interesadas el origen, la localización y la historia de vida de un producto, así como asistencia en la gestión de crisis en caso de una violación de calidad”.

Con respecto a un producto alimenticio, la trazabilidad representa “la habilidad de identificar el campo en el que fue cultivado y las fuentes de insumos utilizadas para su plantación, así como la capacidad de realizar un seguimiento general (hacia atrás y hacia adelante) para determinar su trayectoria y ubicación específica mediante registros”.

Concebida esa definición, se esclarece que la correcta implementación y aplicación de la trazabilidad en la cadena de suministro como parte del sistema de gestión de la calidad total y seguridad alimentaria en el sector agrícola, hace posible facilitar el intercambio de información/datos, proporcionando así un mecanismo para registrar, almacenar, analizar y transmitir datos relevantes sobre productos y actividades entre el consumidor y los interesados. Ver figura 3.



Figura 3. Representación esquemática de la trazabilidad de una cadena de suministro de alimentos.

Un sistema de trazabilidad es tomado en cuenta como una estrategia proactiva, basada en la información de gestión de la calidad y seguridad alimentaria, en el cual su fuerza se ve reflejada en la prevención de la incidencia de los peligros o riesgos para la inocuidad de los alimentos, y la reducción de fallos durante el proceso de rastreo, facilitando la identificación del (los) producto(s) y/o los lotes afectados detallando qué ocurrió, cuándo y dónde se produjo en la cadena de suministro, e identificar quién es el responsable.

Estableciendo con esto que la misma provee una mayor seguridad en aspectos de calidad del producto, y permite una rápida identificación de los problemas, además de ser un mecanismo para comunicar al consumidor y los actores de la cadena de suministro respecto a la viabilidad de este sistema como parte inherente en cuanto cumplimiento y entrega efectiva de dicho producto.

Para [Wilson & Clarke \(2006\)](#) abordan el concepto de trazabilidad más asociado a la industria agroalimentaria, en el cual estipulan lo siguiente, “la trazabilidad de los alimentos puede definirse como la información necesaria para describir la historia de producción de un cultivo alimenticio y cualquier transformación o proceso posterior al que el cultivo pueda estar sujeto en su viaje desde el productor hasta el plato del consumidor, la capacidad de recopilar esta información, y utilizarla para garantizar la calidad del producto en "tiempo real" proporcionado beneficios tangibles a la industria agroalimentaria”.

[Moe \(1998\)](#) describió la trazabilidad como “la capacidad de rastrear un producto o lote y su historia a través de todo o parte de un sistema de producción y define la unidad de recursos rastreables (TRU)” como “identificación única y rastreabilidad en cualquier sistema”.

Para los procesos por lotes, TRU es una unidad única, lo que significa que ninguna otra unidad puede tener características exactamente iguales o comparables desde el punto de vista de la trazabilidad. Como conclusión de este apartado, y habiendo observado y previamente leídas las distintas definiciones que se le han otorgado al término «trazabilidad», se propone una nueva definición referente al mismo:

Dígame que la trazabilidad es “la acción de rastreo del producto, o más bien una metodología de saber un cambio histórico en cuanto a la condición o situación de un producto, de acuerdo con la trayectoria que este ha continuado a lo largo de toda la cadena alimentaria, es decir, desde que se produce hasta que se consume. Por ende, es la capacidad de determinar cada intervalo de tiempo (momento) el origen, producción/ la transformación y la distribución de cualquier alimento hacia un destino final”. La figura 4 explica este tipo de metodología en cuanto al proceso productivo por el que pasan los alimentos y su posterior seguimiento.

En definitiva, se puede decir que un sistema trazabilidad para los distintos sectores de agroalimentarios (agrícola, cárnico, lácteos, etc.) día tras día está tomando un papel cada vez más importante y sustancioso respecto a ser una herramienta de identificación, rastreo y registro de información respecto a todo tipo de actividades desde un punto de origen de las materias primas y los productos, hasta un destino dígame el cliente. En donde su correcta implementación debe ser afrontada de forma totalitaria e integrada por parte de todos los eslabones que conforma la cadena de suministros.



Figura 4. Recorrido de un producto agrícola bajo un sistema de trazabilidad.

4.2.2 Tipos de trazabilidad

Saber que un sistema de rastreo requiere de múltiples factores para su funcionalidad respecto al control y localización de un producto o alimento, por ejemplo: número de lote, traslado del producto, trayecto, localización, almacenamiento, fecha, etc., todo este flujo de información y conjunto de datos permiten un conocimiento detallado del producto, además de la interacción constante por parte de los eslabones o actores de la cadena de suministro en dicha actividad de seguridad alimentaria, hace que la misma presente diferentes tipos de enfoques al momento de seguir y controlar un producto partiendo de un punto dado hasta su destino final.

Es por tanto que se dice que la trazabilidad muestra diferentes tipologías, las cuales son:

- Trazabilidad hacia atrás o ascendente (tracing).
- Trazabilidad interna o de proceso.
- Trazabilidad hacia adelante o descendente (tracking).

A continuación, se describirán brevemente cada una de ellas:

4.2.3 Trazabilidad hacia atrás o ascendente (tracing)

La trazabilidad hacia atrás se denota como aquella en cuanto a la recepción de productos, en ese instante, los registros son la herramienta necesaria para que pueda seguirse (traza) el movimiento de los productos hacia su origen, es decir, desde cualquier punto a su fase o etapa anterior.

De acuerdo con [Kelepouris et al. \(2007\)](#), dicen que dependiendo de la dirección en la cual la información es recordada en la cadena, trazabilidad hacia atrás o tracing “es la capacidad, en cada punto de la cadena de suministro, de encontrar el origen y las características de un producto en base a uno o varios criterios dados”. Además, la explican como “la capacidad de rastrear la historia, la aplicación o localización de una entidad por medio de identificaciones registradas”. La trazabilidad de la cadena puede por su parte quebrarse sino se dispone de buenos registros en el momento de la recepción de los productos. Es fundamental este tipo de trazabilidad en cuanto a registrar información sobre los proveedores, dígame, datos de contacto (nombre, dirección, teléfono, etc.).

Este tipo de trazabilidad tiene como objetivo conocer la utilización o composición en cuanto al producto, lote o pedido del cliente final, es decir, se dirige hacia la entidad misma.

La misma es oportuna respecto a establecer registros basados en datos identificativos del producto, número de lote o número de identificación de las agrupaciones de los productos que entran a la empresa. A su vez archivar datos como la fecha de caducidad, fecha de consumo, controles de calidad, etc. Por último, la fecha de recepción y registro el cual especifique datos respecto al lugar de almacenamiento o depósito del producto.

En el caso de Schwagele (2005) propone la siguiente definición sobre este tipo de trazabilidad, como “la capacidad de identificar el origen de un artículo o grupo de artículos, a través registros, aguas arriba (en dirección del actor implicado) en la cadena de suministro”. Esto se refiere al control a partir de la producción primaria, donde todos los productos entran en fase de utilización o aprovechamiento y sus respectivos proveedores, es decir, seguir exactamente el punto de origen de los productos o alimentos y los procesos por donde ha pasado hasta llegar al punto de destino.

Otra definición establecida para la trazabilidad hacia atrás es la estipulada por Manos & Manikas (2010), los cuales la conceptualiza como “la capacidad de rastrear la historia del producto a través de la cadena de suministro desde o hacia el lugar y hora de producción, incluyendo la identificación de los insumos utilizados y la producción operaciones llevadas a cabo”. Ver figura 5.

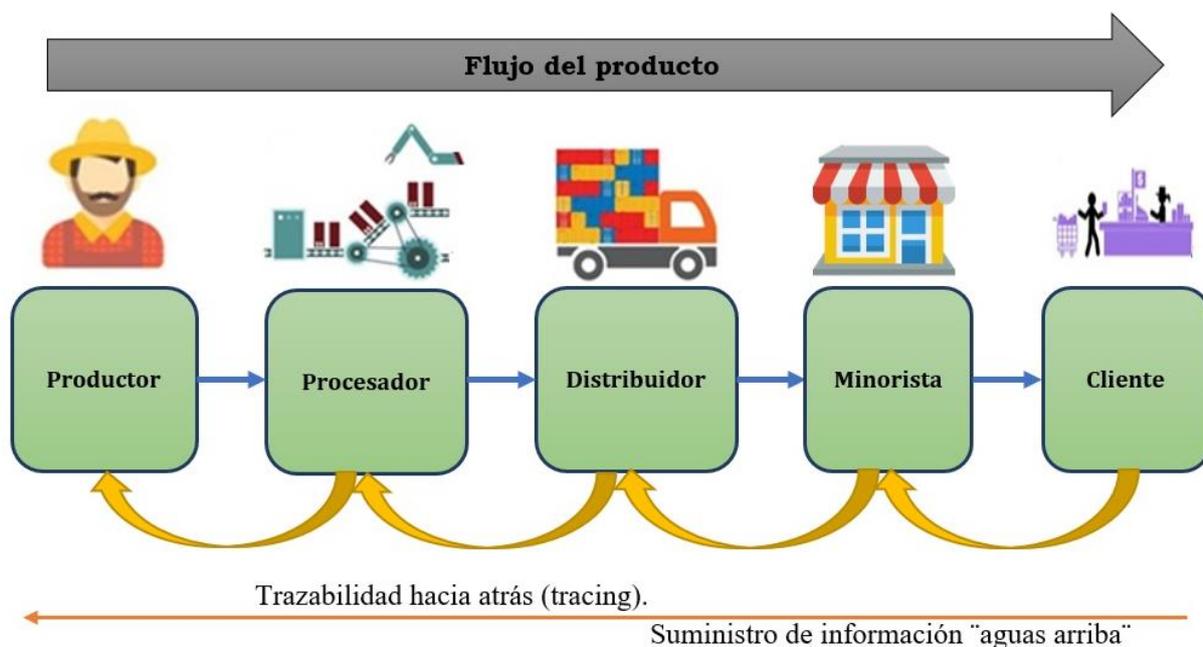


Figura 5. Trazabilidad hacia atrás en dirección al actor implicado, “aguas arriba”.

El tracing o trazabilidad hacia atrás responde a preguntas: “qué”, “de quién”, “cuándo”, y “cómo”:

¿Qué se recibe?

Aquí se determina la cantidad del producto entregado o provisto por parte del proveedor, así como la fecha de consumo, fecha de caducidad, etc. para el posterior registro de esta información/datos, apoyado de un el albarán y/o factura, siempre y cuando vengán reflejados con claridad los datos que identifiquen el producto.

¿De quién se recibe los productos?

En esta parte se establece el origen de los productos o alimentos a recibir y a su vez los datos del proveedor que debe de suministrar, el cual permita contactar con el mismo, en caso de presentarse cualquier problemática o incidencia.

¿Cuándo se recibe los productos?

Se registra la fecha de entrada del producto a recibir.

¿Cómo se recibe el producto?

Se especifica la cantidad suministrada por parte del proveedor, dígase, número de cajas y las referencias que la integra, además en la forma que vendrá si envasadas, empaquetadas, etc.

4.2.4 Trazabilidad interna o de proceso

La trazabilidad interna consiste en la trazabilidad del producto a lo largo de la cadena productiva de la empresa, industria o sector, desde la recepción de las materias primas hasta la expedición del producto terminado. Para la efectividad de este tipo de trazabilidad es pertinente y necesario poder relacionar los productos que entran a la empresa o industria con los procesos o más bien operaciones que sufrirán (mezclado, división, repaletizado, etc.) dentro de la misma, hasta llegar a los productos finales en condiciones para ser posteriormente expedidos hacia su destino.

Muchas ventajas pueden resultar de tener trazabilidad interna dentro de un paso en la cadena. Un mínimo de trazabilidad interna, siendo capaz de rastrear la materia prima que entró en un producto final, es en el interés de la mayoría de los fabricantes de alimentos. Establecer la trazabilidad interna puede ser bastante fácil para el procesamiento por lotes puro, sin embargo, para el procesamiento continuo o semicontinuo puede ser muy difícil.

El producto no está funcionando como un proceso y cualquier modificación de las condiciones de procesamiento puede resultar en un retraso antes de que se devuelva la estabilidad. Bajo tales condiciones, la unidad de recursos trazable (Traceable Resource Unit-TRU) ideal. Puede ser muy pequeño y por lo tanto muchos procesadores de alimentos no tienen trazabilidad hasta el TRU ideal. En su lugar, tienen una especie de trazabilidad "suficiente" cuando se sabe que los productos procesados dentro de un período de tiempo proceden de un lote determinado de materia prima, con un poco de mezcla en ambos extremos.

Sin embargo, sólo un sistema de trazabilidad interno que esté cerca de trazar la TRU ideal puede ser utilizado como una cuadrícula para combinar datos de control de procesos, gestión de calidad y otros sistemas de gestión Moe (1998). Ver Figura 6.

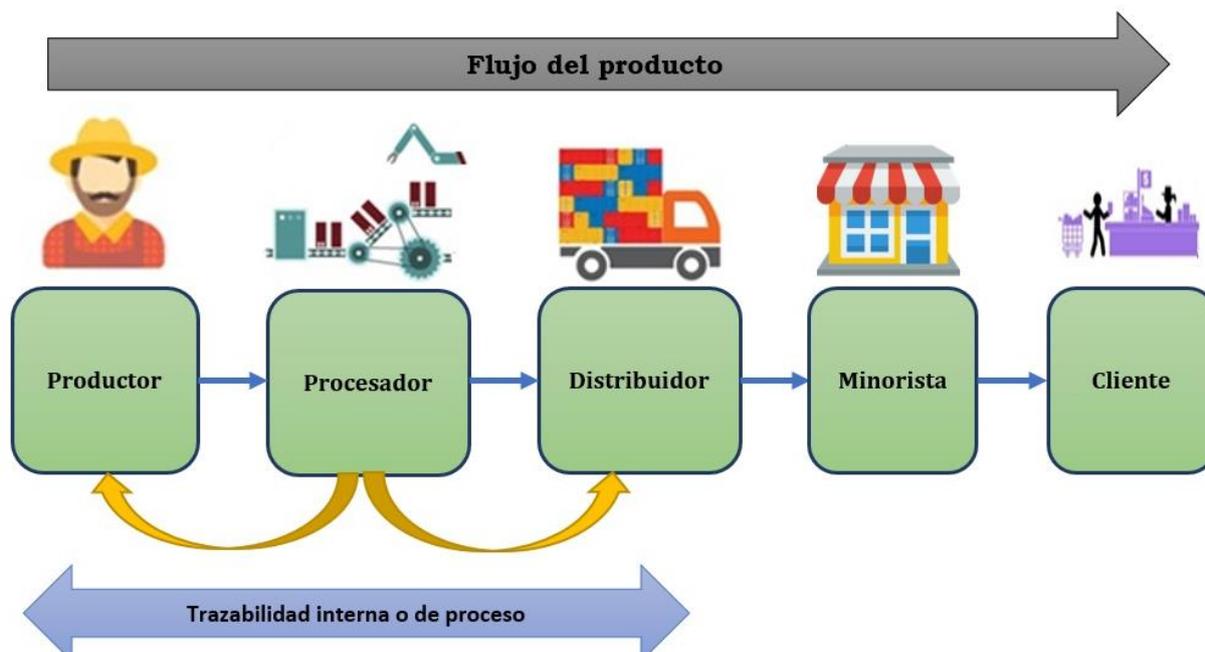


Figura 6. Trazabilidad interna o de proceso.

En este caso, para la trazabilidad interna y su buena gestión debe de existir un modo claro en cuanto a la definición de los lotes o número de agrupación de los productos para la identificación de los mismos. La información recabada en este tipo de trazabilidad, la cual debe de registrarse es la siguiente:

- Los **puntos de procesos**, es importante establecer un registro para conocer de manera concisa por donde los productos o alimentos se dividen, cambia o se mezclan.

- **Registrar todo aquello que se produce**, dígame, por medio a la identificación de los productos intermedios que se generan durante todo el proceso de producción y luego identificando el producto terminado ya obtenido y que a su vez está listo para ser entregado al consumidor final, la utilización de códigos que suministren información sobre el producto, por ejemplo: número de agrupación o lote, número de parcela de donde se produjo dicho alimento. El código identificativo acompañará el producto una vez sale de la industria hasta el instante en el que es suministrado al cliente.
- Otra información importante que debe tener presente la trazabilidad de proceso es el de establecer **registros para las materias primas a utilizar** como punto de partida en la elaboración para el producto final o que se añade durante el procesado. Sabiendo con esto los aditivos, alimentos y todo producto incorporando durante el proceso, para ello los registros de recepción de materias primas en el cuál debe especificar consigo el número de lote del producto.
- **Las operaciones que se ejecutan para obtener el producto final**, es necesario un tipo de registro para capturar este tipo de información, en el cual se conozca los tipos de operaciones que se realizan durante el procesado del producto, es decir, acciones como transformación, elaboración, almacenaje, división, paletizado, etc., deben de registrarse.
- Ya obtenidas estas informaciones surge la pregunta, **¿cuándo se produce?** Esto representa un aspecto elemental que se debe hacer en los registros, estableciendo consigo la fecha de recogida del producto, datos de procesado, productos agregados al proceso, etc., lo cuales son datos imprescindibles al momento de trazar un camino que sigue dicho producto a lo largo de toda la actividad realizada.

4.2.5 Trazabilidad hacia adelante o descendente (tracking)

Según distintos autores este tipo de trazabilidad tiene el objetivo de rastrear, es decir, localizar la entidad (lote, pedido, componente, etc.). De acuerdo con Schwagele (2005), dice que la trazabilidad hacia adelante puede definirse como “la capacidad de seguir el camino de un elemento a medida que se mueve aguas abajo (a partir del actor implicado) a través de la cadena de suministro desde el principio hasta el final”. Este tipo de trazabilidad debe permitir conocer el destinatario inmediato o cliente final del producto elaborado. Para Rábade & Alfaro (2006) plantean que este tipo de trazabilidad en el ámbito de producción, definiéndola como “el registro y seguimiento de piezas, procesos y materiales utilizados en producción”, establecido esta definición se podría decir que este tipo de trazabilidad comprende objetivos operativos, dígame, dar seguimiento físico a la entidad hasta el final de su trayecto o de su vida.

La trazabilidad hacia adelante es aquella aplicada a los productos que salen de la empresa, tomando en cuenta el destino y los clientes a los que van destinados dichos productos o alimentos. Dicha trazabilidad debe de garantizar información para su posterior registro para los clientes a los que se les suministra los productos, cantidad enviada o lotes y a su vez la fecha de distribución o expedición de los mismos.

En los sistemas de trazabilidad la única vía de garantizar que se respete la trazabilidad hacia adelante, es acompañar todos los productos que se despachan de sus correspondiente registro que sirve de vínculo para el sistema de trazabilidad respecto a los clientes, es decir, la información y datos sobre la trazabilidad contenida en cuanto a los registros de la misma, debe ser clara y de la misma forma facilitar que el cliente pueda relacionar la información que contiene, por ejemplo: identificación, información del producto, etc., de acuerdo a su propio sistema de registro. Ver figura 7.



Figura 7. Trazabilidad hacia adelante a partir del actor implicado, "aguas abajo".

Por tanto, este tipo de trazabilidad responde a las preguntas, tales como: "a quién", "qué", "cuánto" y "cuándo":

¿A quién se entrega?

Se refiere de forma explícita a la entidad o persona que recibe el producto una vez el lote o pedido llega a ser entregado, o sea, la empresa o responsable de la recepción física del producto.

Para ello se requiere el nombre y la dirección del destinatario (establecimiento, transportista, etc.) que permita la correcta para contactar con el mismo, es decir, la persona a quien se entrega el producto.

¿Qué se ha vendido exactamente?

Esto de acuerdo con los productos suministrados al minorista, en cuanto a la transacción comercial (ventas) a realizar para el mismo, tomando en cuenta; el formato de presentación, número de lotes a través de fechas identificadoras (fecha de caducidad), etc.

¿Cuánto se ha vendido?

En esta parte es necesario establecer y consigo saber el volumen total vendido respecto a cada producto suministrado para su posterior venta.

¿Cuándo se ha vendido?

Se establece la fecha de transacción, es decir, la fecha de envío en base aquellos para los productos que han sido vendidos. Es importante llevar a cabo un registro de las fechas de salida como de entrega, permitiendo así ser un método de identificación para el producto una vez es expedido hacia su destino final.

En este tipo de trazabilidad, de manera general se trata de la obtención de datos referentes al abastecimiento, almacenamiento, producción, empaquetado, almacenado y comercialización del producto.

4.2.5.1 Combinación sobre tracing y tracking

Según varios autores, la trazabilidad en sí tiene como finalidad la seguridad de los alimentos, en el sentido de las distintas normas y restricciones para asegurar la conformidad del producto, así como la ejecución en cuanto al control de las operaciones o secuencias en términos industriales, logísticos y a su vez administrativos. Por tanto, hacen acepciones relacionadas para ambos tipos de trazabilidad, es decir, la trazabilidad hacia atrás (tracing) y la trazabilidad hacia adelante (tracking) orientadas al seguimiento y/o rastreo de un producto de acuerdo con la dirección que tome la información en la cadena de suministro. Para [van Rijswijk et al. \(2008\)](#) estipulan lo siguiente para ambos tipos; “la capacidad de rastrear y seguir alimentos e ingredientes alimenticios a través de la cadena de suministro”; por lo tanto la trazabilidad puede ser aplicada a través de todas las etapas de producción, procesamiento y distribución.

De acuerdo con Engelseth (2009) es “la capacidad de rastrear y seguir a un alimento, productor de alimentos o sustancia a través de todas las etapas de producción y distribución”. "La historia de un producto en términos de las propiedades directas de ese producto y/o propiedades que están asociadas con ese producto una vez que estos productos han sido sometidos a determinados procesos de agregación de valor utilizando medios de producción asociados y en condiciones ambientales asociadas " Regattieri et al. (2007).

Según Salampasis et al. (2012) sus acepciones sobre ambos enunciados van algo enfocada con la anteriormente planteada por Engelseth (2009), profundizándola un poco más y proponiendo lo siguiente “la capacidad de rastrear y seguir a un alimento, pienso, productor de alimentos o sustancia destinada a ser o que se espera que sea incorporada en un alimento o pienso a través de todas las etapas de producción, procesamiento y distribución”. Se puede decir que la trazabilidad, al igual que la elaboración o fabricación de un producto, es un proceso y actividad en cadena, donde cada sector, empresa o industria representa un eslabón de la misma.

De acuerdo con el lugar de la cadena en la que se encuentre ésta se podrá definir bien su tipo de trazabilidad (tracing o tracking), y claro está dependiendo de la dirección en la que la información para seguir y rastrear un producto tome a lo largo de la cadena de suministro, es decir, la aplicación de los tipos de trazabilidad para con un producto será dependiente de acuerdo con las actividades de la propia empresa en cuanto a la gestión de las informaciones y datos sobre el producto. Ver figura 8.

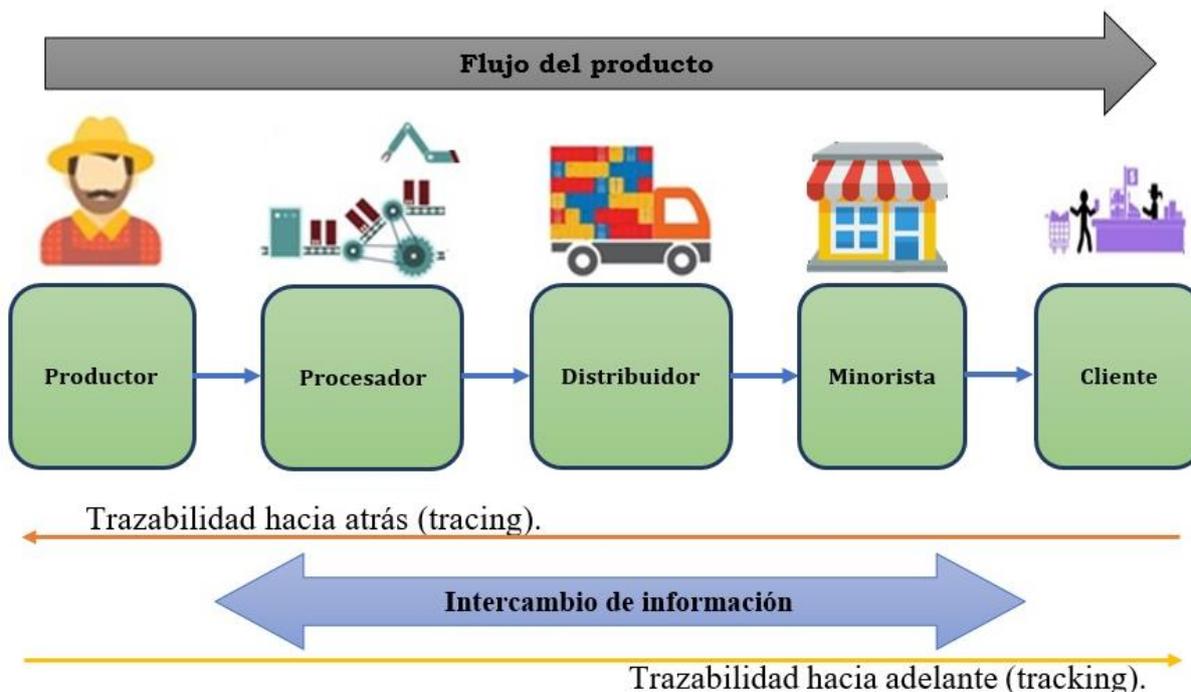


Figura 8. Flujo de información de material y trazabilidad que mejor refleja el caso de la CdS de alimentos.

4.2.6 Trazabilidad en algunos sectores económicos

Las empresas utilizan sistemas de trazabilidad junto con una serie de otras herramientas de administración, mercadeo y seguridad/control de calidad. La interacción dinámica de los costos y beneficios de estas herramientas ha impulsado diferentes tasas de inversión en la trazabilidad entre sectores y continúa haciéndolo (Golan et al., 2004).

Saber que la trazabilidad está enfrascada en la logística y que sus herramientas a la misma vez pueden ser utilizadas para compartir e implementarse en cualquier empresa, independientemente a que se dedique a desarrollar productos o servicios. Las aplicaciones de la trazabilidad no tienen límites, ya que es de gran importancia hacer el seguimiento de los productos en cualquier empresa, industria o sector en cualquier etapa de su proceso. Aplicación de la trazabilidad en algunos sectores económicos:

4.2.6.1 Sector agropecuario

La trazabilidad en este sector es empleada de forma totalitaria, es decir, de manera muy eficiente en bovinos, aves, cerdos, pescado, leche, ovejas, entre otros, ya que existen bases de datos diseñadas para la recolección/captura de información e identificación de los animales, así como sus movimientos en cuanto al destino de los productos y subproductos que se origina a través de estos. Ver figura 9.

Respecto a la identificación de los animales, este es el punto más importante en el proceso productivo en este sector, dado a que se utiliza el lote o el número de identificación individual del animal. Hoy en día esto se logra con identificación electrónica mediante chips y a su vez la utilización de elementos identificadores por radiofrecuencia o RIFD. Para el proceso efectivo de la trazabilidad en este sector se utilizan datos que propicien información fiable para el seguimiento eficiente de dicho producto una vez sale de la granja, tales como:

- Documento identificativo del animal con sus tratamientos veterinarios.
- Nombre y dirección de proveedores.
- Fecha de suministro. Documentos de entrada (identificación individual del animal o lote).
- Documentos de transporte con los números de los animales.
- Identificación de los canales utilizados para el procesado de los animales (matadero).
- Numero de etiquetas con todos los datos relativos del canal de origen.
- Fecha de entrada/salida del producto.
- Nombre y dirección del cliente.

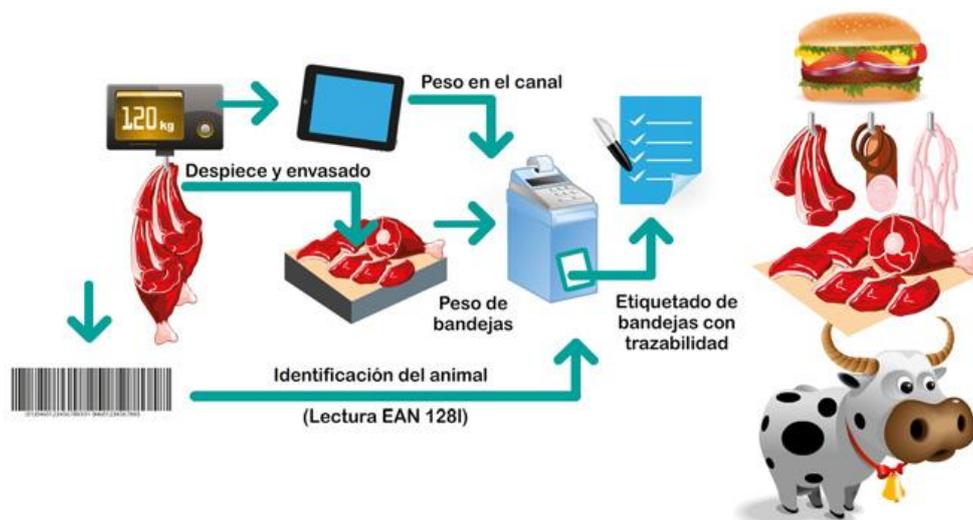


Figura 9. Proceso de trazabilidad en el sector agropecuario.

4.2.6.2 Sector agrícola

Dado el auge que ha mostrado la trazabilidad de los alimentos y la economía en el sector agrícola, la cual demanda atributos basados en la producción de alimentos frescos, seguros y de buena calidad, representando esto desafíos considerables para las industrias del sector agrícola, la trazabilidad en la dicho sector ha manifestado mucha motivación en la utilización de un sistema de rastreo de alimentos una vez salen de la cosecha hasta el consumidor final, debido a la seguridad alimentaria, las exigencias y normativas establecidas por las distintas autoridades responsables en temas de inocuidad y seguridad de los alimentos en los países importadores y exportadores de productos frutas, vegetales y hortalizas.

Para el proceso efectivo de la trazabilidad en este sector se utiliza datos que propicien información fiable para el seguimiento eficiente de dicho producto una vez sale de la plantación, tales como:

- Nombre del productor o agricultor.
- Número de parcela y número de lote del producto.
- Fecha de cosecha.
- Fecha de caducidad del producto.
- Cantidad producida.
- Número y dirección del proveedor.
- Fecha de suministro/datos de recepción del producto.
- Fecha de almacenamiento del producto.
- Fecha de salida y entrega del producto.
- Nombre y dirección del cliente.

4.2.6.3 Sector Salud

La trazabilidad en este sector se ha ido consolidando debido a la necesidad de disminuir (reducir) costos y operar de manera más eficiente, dado que mejorar aspectos referentes a la calidad y a su vez de la reducción de costo requiere de un sistema efectivo en cuanto a todos los procesos orientados al tratamiento de pacientes. Una de las razones por la cual la trazabilidad se ha empoderado en este sector, es debido a las grandes exigencias que presenta un tema como la globalización de acuerdo con las organizaciones del sector de la salud, señalando la necesidad del uso de estándares internacionales. Por medio del uso herramientas asociadas con la trazabilidad, dígame, código de barras, también patrones estándar de identificación basados en estándares aceptados de forma internacional, asimismo el intercambio electrónico de documentos, en el cual las compañías pueden reducir de manera significativa los costos administrativos y logísticos. Ver figura 10.

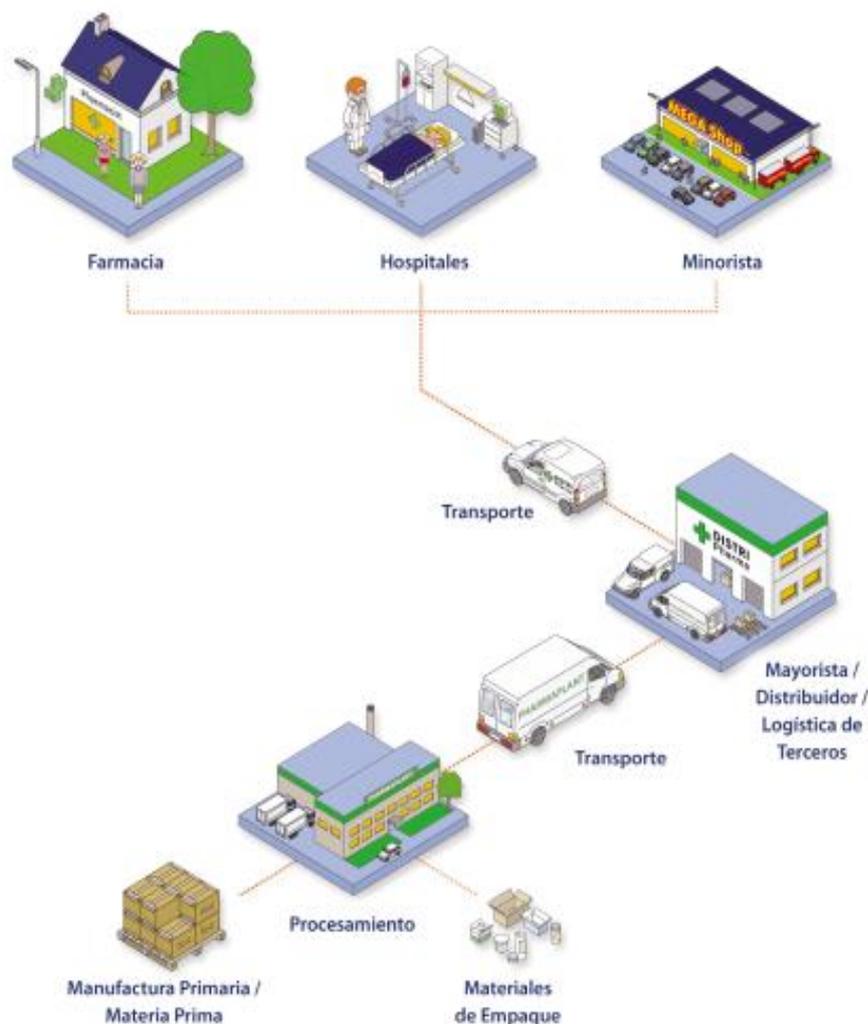


Figura 10. Proceso de trazabilidad en el sector salud.

4.2.7 Ventajas e inconvenientes

Es indudable que la trazabilidad utilizada como un sistema de identificación, rastreo y control de un producto desde un punto de salida hasta un destino final, se está consolidando como una herramienta compleja, pero a su vez eficiente y necesaria. En un mercado cada vez más expansivo (globalizado) que tiende a la total integración de las operaciones logísticas, dígase, suministro de materias primas, proceso/manufactura del producto, almacenaje y distribución del mismo, apoyándose también de operaciones comerciales para la compra y venta efectiva del producto, para ello todo tipo de información capaz de optimizar/mejorar los servicios exigidos por el cliente en cuanto a la conformidad y satisfacción del mismo.

Algunos autores demostraron que un buen sistema de trazabilidad no sólo reduce las consecuencias de una crisis de inocuidad de los alimentos, sino que debe reducir su probabilidad (Bevilacqua et al., 2008). Los sistemas de trazabilidad permiten la accesibilidad de los datos integrados en los procesos de producción, almacenamiento, distribución, control de calidad y venta Schwagele (2005).

La aplicación de un sistema de trazabilidad para una empresa o industria con distinto enfoque productivo (agroalimentario, automotriz, etc.) no está exenta de inconvenientes y a la vez opiniones en contra, pues la implantación de este tipo de sistema implica unos costes sustanciales, es decir, requiere de grandes inversiones en infraestructura tecnológicas adecuadas en el ámbito de información, que a su vez posibiliten la captura y registro fiables de los datos relacionados al proceso productivo respecto a la cadena de suministro de dicha empresa, industria o sector. Sin duda, hay costos involucrados en el establecimiento y mantenimiento de un sistema de trazabilidad, pero los que pueden ser una ganga en comparación con la sobrecarga de, por ejemplo, devolver los productos por defecto anteriormente distribuidos en el mercado (Alfaro & Rábade, 2009).

Cabe destacar que, aun confirmando este coste inicial respecto a la aplicación de un sistema de trazabilidad, las ventajas y beneficios que refleja la misma son numerosas y superan cualquier traba o limitante planteada, dado que dichos costes que su implantación pueda conllevar serán compensados con los beneficios que supone aportar la trazabilidad. Un sistema de rastreo y seguimiento de un producto o alimento, no sólo se puede conocer e identificar las materias primas que compone un determinado producto, a su vez saber de dónde proviene (origen), número de serie o lote al que pertenece dicho producto, el modo de distribución y las condiciones de transporte, las fechas de recepción, consumo y caducidad del mismo, en cuanto a proceso todas las posibles transformaciones o alteraciones que el producto pudiese soportar a lo largo de su procesado, y por tanto dónde o cómo está el alimento del trayecto, es decir, también puede facilitar una mejor localización del producto alimenticio en el caso de que hubiese que retirarlo del mercado por cualquier sospecha de que ni sea capaz (apto) para el consumo.

En el ámbito de mejora en la gestión de la cadena de suministro de alimentos, algunos autores como [Bollen, Riden, & Cox \(2007\)](#); [Engelseth \(2009\)](#); [Regattieri et al. \(2007\)](#), dicen que uno de los beneficios por parte de la trazabilidad como sistema de seguimiento y a su vez de seguridad alimentaria, es mejorar la gestión de la cadena de suministro de alimentos, ya que aumenta la transparencia y añade valor a la calidad de la gestión de la cadena de suministro de alimentos al reducir las irregularidades de información y los costes logísticos: costes de adquisición, inventario, transporte, almacén.

Según [Golan et al. \(2004\)](#), uno de los principales beneficios de los sistemas de trazabilidad de los alimentos es su importancia para la gestión de la cadena de suministro de alimentos. La trazabilidad ayuda a aumentar la eficiencia de la gestión de la cadena de suministro de alimentos, reduciendo los costos de las actividades relacionadas con la oferta, principalmente los costos logísticos; Proporcionar rastro de información (con respecto a cada tipo de producto) a partir de insumos agrícolas crudos a productos en el minorista; Diferenciar los alimentos con atributos indetectables; Y permitir a las empresas administrar sus recursos eficientemente utilizando nuevos sistemas de información de trazabilidad. La mejora en la gestión de la cadena de suministro de alimentos permite a los socios de la cadena de suministro de alimentos incrementar la cooperación entre ellos y desarrollar su competencia técnica y económica.

Otros de los beneficios que propicia este sistema es el de mejora de la gestión respecto a una crisis alimentarias, en el cual ([Thakur & Donnelly, 2010](#)) estipulan que dicho sistema ayuda a mejorar la gestión de crisis en caso de incidencia de riesgo; Autoridades habilitantes para identificar alimentos peligrosos (y retirarse del mercado) y detectar el fraude.

De acuerdo con ([Smith et al., 2005](#)), aporta un control de las enfermedades relacionadas con los alimentos. Por otra parte para el aspecto tecnológico y científico en donde dicho la trazabilidad también hace contribución, ([Regattieri et al., 2007](#)) expresa que dicho sistema permite la disponibilidad de datos científicos para una investigación eficaz para identificar la causa de las incidencias de los peligros alimentarios.

En líneas generales, se puede definir los siguientes beneficios que dan como resultado una correspondiente y correcta gestión respecto a la trazabilidad de un producto.

- Disponibilidad en cuanto a la captura de la información de modo rápido y seguro.
- Aumento de la productividad.
- Reducción de los controles manuales en puertos.
- Mejor control y gestión de insumos/materias primas.
- Gestión eficiente de la logística en base al suministro de materias primas.

- Mejoramiento de los tiempos de despacho y recepción del producto.
- Alto nivel de satisfacción y confianza de los clientes.
- Reducción en base a costo de proceso.
- Reducción de costos logísticos por rechazo de mercancía.
- Posicionamiento de la compañía frente a la competencia.
- Facilidad de identificar productos defectuosos.
- Facilita la retirada de los productos ante posibles incidencias.
- Apoyo a sistema de control de calidad e inocuidad del producto.
- Permite el aseguramiento de la calidad del producto.
- Minimiza riesgos relacionados con la seguridad alimentaria.

Los sistemas de trazabilidad, además de proporcionar significativos o numerosos beneficios y ventajas para las empresas o industrias, también proporcionan confianza a los consumidores debido a que dan certeza de que los productos se producen con la provechosa transparencia informativa a lo largo de toda la cadena agroalimentaria. Ver figura 11.



Figura 11. Factores que inciden en cuanto a los beneficios por parte de un sistema de trazabilidad.

Son innegables los beneficios aportados por esta herramienta de seguridad alimentaria, cuya ventaja matriz (principal) que presenta para la empresa o industria agroalimentarias es el aumento de la seguridad sanitaria de sus productos, lo cual se traduce a un aumento económico para dicha empresa. Ver tabla 2.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Fomenta la seguridad en el sector agroalimentario describiendo la correcta acción de los agentes que aportan valor a la cadena de suministro.	La gran cantidad de operadores que intervienen o se ven involucrados en el sector entorpece la gestión de la trazabilidad.
Garantiza el origen de un producto o alimento.	Representa un costo sustancial su implementación.
Desde el punto de vista de consumo, como para el sanitario, este supone una respuesta a las exigencias del mercado .	Puede suponer inversiones considerables en el aspecto de una infraestructura tecnológica para la empresa, industria o sector.
Puede utilizarse como una herramienta o elemento de negociación .	Supone un cambio en la mentalidad de sus participantes y eso condiciona un esfuerzo adicional .
Afirma el concepto de producto de calidad , su aplicación contribuye al aseguramiento y mejora de la calidad del producto .	En ocasiones la complejidad de los sistemas hace que la trazabilidad sea un aspecto difícil de determinar.
Supone un elemento de control de fraude .	Se aplica a sectores, que en algunos casos presentan un escaso desarrollo tecnológico , que no está acorde con el resto de los sectores de la economía.
Es una excelente estrategia proactiva que permite la diferenciación comercial .	En ocasiones el tratamiento y aprovechamiento de la información respecto a este sistema resulta muy costoso .
Supone una motivación para optimizar (mejorar) los procesos a través de una mejora en el control y gestión de los mismos, así como definir con detalle las características de los productos.	Aún existen muchos factores y condicionantes en aspectos, políticos, económicos y socioculturales que impiden el desarrollo admisible de la trazabilidad y de su gestión apoyada por las nuevas tecnologías.
Está a favor del cumplimiento de la trazabilidad obligada y de las leyes establecidas en materia de calidad, seguridad y sanidad.	Disponibilidad (disposición) de un sistema de gestión y control que pueda consigo soportar la operación de la empresa.
Puede ser manejada (gestión) por medio de las apropiadas herramientas informáticas, para el sector agroalimentario esta nueva tecnología fomenta la utilización del mismo como manifestación de progreso .	
En caso de posibles crisis, facilita la ubicación, inmovilización, además de la retirada efectiva y selectiva del producto o alimento afectado.	
Permite dar una imagen de seguridad, traduciéndose en un incremento de confianza por parte del consumidor o cliente.	

Tabla 2. Ventajas e inconvenientes que presenta un sistema de trazabilidad. (Fuente: elaboración propia).

4.2.8 Marco legal: leyes y normativas para la trazabilidad

Cada sector, naturalmente, para este caso el sector agroalimentario se rige por normas específicas, las cuales van asociadas en el aspecto de la seguridad alimentaria, así como de la inocuidad y calidad de los alimentos, es decir, basado en el aseguramiento del producto durante todo el proceso de seguimiento y control del mismo. Por lo que las autoridades competentes, dígase, organismos y entidades asociadas con la seguridad alimentaria, han creado una serie de reglamentaciones y exigencias (normas reguladoras) en el cual los responsables deben cumplir en su totalidad para toda la cadena de suministro agroalimentaria.

4.2.8.1 Legislación en Europa respecto a la trazabilidad

La legislación existente en el Unión Europea es muy extensa, pues el sector de la alimentación requiere una gran regulación de todos sus aspectos, siendo fundamentales aquéllos que garantizan la salud y vida de las personas. Dando así una serie de disposiciones o normativas de carácter estricto y exigente a nivel mundial, el cual confieren al mercado de productos alimenticios europeo elevadas medidas de calidad y seguridad.

La Comunidad Europea (CE) ha desarrollado disposiciones (normas) de tipo específico tratándose de la trazabilidad de diversos productos en el sector alimentario, es decir, la agricultura, la ganadería, etc. Estas normativas de *tipo horizontal*, dígase, aquella que establece una serie de normas que se aplicarán de forma general a todos los productos alimenticios, sienta base a tomar en cuenta al momento de implantar la trazabilidad en todas las empresas del sector alimentario.

El *Reglamento (CE) n° 178/2002*, las cuales se establecen *los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria*, para ello se crea la **Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (AESAs)**, la misma surge como un esfuerzo por parte de la Unión Europea para establecer una serie de directrices sobre el cual se fundamentará la legislación alimentaria europea y cuya finalidad de este órgano es evitar que ocurran crisis alimentarias en un futuro, además fija una serie de procedimientos relacionados con la seguridad alimentaria.

Surgida estas cuestiones el [Reglamento 178/2002 del Parlamento Europeo & Consejo \(2002\)](#) decreta tres principios de enfoque general, desde su creación, predominando aún lo estipulado por dicho reglamento de acuerdo a los contenidos legales presentes en a su marco de aplicación:

- La legislación alimentaria perseguirá el objetivo general de lograr un nivel elevado de protección de la vida y la salud de las personas, así como el de proteger los intereses de los consumidores, incluidas unas prácticas justas en el comercio de alimentos, teniendo en cuenta, cuando proceda, la protección de la salud y el bienestar de los animales, los aspectos fitosanitarios y el medio ambiente;
- La legislación alimentaria tendrá como finalidad lograr la libre circulación en la Unión Europea de alimentos y piensos fabricados o comercializados de acuerdo con los principios y requisitos generales previstos en el propio Reglamento nº 178/2002; y
- Cuando existan normas internacionales, o su formulación sea inminente, se tendrán en cuenta a la hora de elaborar o adaptar la legislación alimentaria, salvo que esas normas, o partes importantes de las mismas, constituyan un medio ineficaz o inadecuado de cumplir los objetivos legítimos de la legislación alimentaria, o exista una justificación científica, o el nivel de protección que ofrezcan sea diferente al determinado como apropiado en la Unión Europea.

Se puede decir que los fines de este reglamento de carácter regulatorio, por medio a sus normativas dictadas es el cumplimiento absoluto por parte de las empresas en el sector alimentario en el aspecto de seguridad y calidad de los alimentos dentro de la Unión Europea, así como establecer responsabilidad a los distintos actores que integran o forma parte de este sector.

El mismo también dicta procedimientos de registros y control para la implantación de un sistema de rastreo, es decir, un sistema de autocontrol necesarios para la identificación de productos que se maneja dentro de la empresa y a su vez que esos productos vayan acompañados por la documentación pertinente, facilitando así el desarrollo del sistema de trazabilidad. Por tanto, el sistema de *Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (APPCC)*, con este se establece la necesidad de elaborar, mantener documentación y registros con la información generada por este sistema de autocontrol.

Bajo esa misma instancia, el **artículo 17.1** del Reglamento nº 178/2002 asigna a los explotadores de empresas alimentarias la responsabilidad en términos de control asegurarse, en todas las etapas de la producción, la transformación y la distribución que tienen lugar en las empresas bajo su control, verificando el cumplimiento de los alimentos en cuanto a los requisitos de la legislación alimentaria pertinentes a los efectos de sus actividades. La misma presenta relación con otros tipos de requisitos de carácter obligatorio como los APPCC. En el caso del **artículo 17.2** de dicho reglamento atribuye que los miembros velen por el cumplimiento de la legislación alimentaria, es decir, para estas disposiciones se presenten registros de información relacionada a la inocuidad y riesgos de los alimentos, estas informaciones a su vez sean de alcance para al público.

Por lo que en el **artículo 18** relacionado con la trazabilidad por parte del **Reglamento (CE) n° 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo**, se establece la obligación de poner en marcha, aplicar y mantener un sistema de trazabilidad, donde dicha obligación se extiende a todas las empresas que participen en la cadena alimentaria, incluida aquélla que producen piensos para aquellos animales cuyo destino es el consumo humano.

El artículo 18 del presente **Reglamento 178/2002 del Parlamento Europeo & Consejo (2002)**, hace mención de aspectos asociados de un sistema de trazabilidad en el sector alimentario, este expone textualmente lo siguiente:

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.

4.2.8.2 Legislación en Europa respecto a la trazabilidad

La responsabilidad en términos de inocuidad de los alimentos recae principalmente en la FDA. Este organismo es responsable para garantizar que la mayoría de los productos alimenticios nacionales e importados son seguros, sanos y con una etiqueta precisa, tanto las autoridades estatales y locales que velan por la inocuidad de los alimentos colaboran con las agencias federales para la posterior inspección de estos alimentos, así como otras funciones en aspecto de seguridad alimentaria. La existencia de esta entidad se basa en la regulación de alimentos de los Estados Unidos, el Congreso creó este organismo en los marcos legales referido a la Ley de alimentos puros y las drogas, donde el mismo aprobó la importante legislación sobre inocuidad de los alimentos.

La FDA como organismo regulatorio en cuanto a la seguridad y salud los consumidores respecto a medicamentos, alimentos, cosméticos, etc. que muestren inseguridad y fraude para el consumo. se rige a su vez normas basaba en Controles Preventivos de los Alimentos para Consumo Humano de la Ley de Modernización de la Inocuidad de los Alimentos de la misma, dígase, *FSMA* (por su sigla en inglés). La cual ha establecido propuestas más prácticas, flexibles y eficaz para el cumplimiento de sus normativas para las industrias agroalimentarias y control de la cadena de suministro para reflejar con esto prácticas modernas en el sector agrícola, centrándose en lo que es la inocuidad de los alimentos objetivo clave de la FDA.

Esta normativa entró en vigor el 3/1/2012 a través de la FDA, basada en los requisitos de disponibilidad de registros, para el establecimiento y mantenimiento de los mismos, con esto agregar reformas relacionadas al Control Preventivo de los Alimentos para el consumo humano por medio de la Ley de Modernización de la Inocuidad de los Alimentos (FSMA). Permitiendo así un alcance más eficaz en cuanto a los registros que la FDA así requiere, dígase, para los distintos eslabones que componen una cadena de suministro agroalimentaria (agricultor, procesador, distribuidor, minorista, etc.) que deben de llevar consigo registros para un control efectivo en sus actividades y manejo de información.

Estableciendo que los registros pueden ser solicitados hasta por dos años de antigüedad, asegurando con esto la necesidad de cualquier programa de trazabilidad para un tipo de almacenamiento electrónico más confiable en base al manejo de las múltiples informaciones que en él estará comprendidas. La FDA tiene la tarea de identificar los orígenes del cual procede los alimentos de forma inmediata, así como los receptores subsecuentes que actúan basados en sus registros, con esto solicitar los registros para aquellos alimentos que muestren cierta inseguridad para el consumo humano o también que no estén claramente subyugados (sujetos) a un retiro.

Por esta vía requerir alimentos que presenten una *razón aceptada* de contaminación, dado esto, la FDA puede solicitar también copias de registros relacionadas a quejas y eventos del mismo orden, así como retiro de producto por alguna inconformidad, partiendo de su información de trazabilidad que posea el producto o alimento. Este organismo regulatorio únicamente puede solicitar acceso a la información, la negación de la misma trae consigo severas consecuencias, a tal punto de suspender el registro de la empresa, negocio o industria, paralizando cualquier operación en cuanto a vender o exportar alimentos, tomar control de aquellos alimentos confiscados u obligar por medio de una orden de que dichos alimentos sean retirados.

4.3 ¿Cómo funciona un sistema de trazabilidad?

Se considera importante o recomendable señalar los principales procesos que comprenden una cadena de suministro, sobre los cuales debemos capturar información para alimentar el sistema de trazabilidad, estos son los siguientes:

Compras (proveedores): Este proceso que forma parte de la cadena de suministro se encarga de adquirir suministros para la empresa, necesarios para el abastecimiento de la industria en términos de materias primas solicitada por la misma, este proporcionada por un proveedor. Este juega un rol relevante en la parte de aseguramiento de la calidad del producto en el contexto de abastecimiento de la cadena de suministro en una empresa o industria, a sabiendas de que el funcionamiento eficaz de un sistema de trazabilidad como estrategia proactiva está basado en la información de gestión de calidad y seguridad alimentaria, este proceso es determinante en el aspecto de implementar relaciones de integración entre la empresa y el proveedor en materia de calidad del producto. De acuerdo con Souza Monteiro & Caswell (2008), expresan que el proveedor es la fuerza motriz para la introducción del sistema de aseguramiento de la calidad y trazabilidad en toda la cadena de suministro. Para Manos & Manikas (2010), en su investigación orientada a un sistema de trazabilidad de productos frescos, argumentan que la eficiencia de la trazabilidad depende en gran medida de la experiencia del personal y de las relaciones personales con los proveedores, permitiendo esto una mayor información asociada con el aseguramiento de la calidad y seguridad del producto durante el proceso de rastreo. Ver figura 12.



Figura 12. Materia prima proporcionada por un proveedor bajo un sistema de trazabilidad.

Producción (transformación de materias primas): Representa gran relevancia al momento de que la materia prima ingresa a la industria proveniente del proveedor para su posterior procesamiento como producto final hasta su entrega al consumidor, es decir, se considera como uno de los procesos más importantes al momento de implementar un sistema de trazabilidad para su correcto funcionamiento, dado a que representa un conglomerado de información para alimentar dicho sistema basado en la gestión de fabricación/transformación de la materia prima a procesar y que se apoya de la trazabilidad de los lotes de esa orden. En el caso de (Rábade & Alfaro, 2006), en sus trabajos relacionados a la trazabilidad en una industria de vegetales, explican cómo se coordina la información del producto desde su origen, es decir, desde la llegada de la materia prima a producción. En donde esta industria da toda la información de rastreo a la oficina de producción y luego se comienza con el proceso de transformación y la responsabilidad de la trazabilidad se transfiere a la producción. Ver figura 13.



Figura 13. Información transferida por parte de producción para un sistema de trazabilidad.

Distribución (transporte del producto): Un sistema de trazabilidad debe de tener en cuenta al momento de distribución del producto al consumidor/cliente, la cantidad a distribuir y el destino para la entrega del producto, es por tanto que debe a su vez existir una información compartida entre la empresa y los cargadores de la empresa de transporte, permitiendo esto el registro y captura de información sobre la recogida y carga del producto para la gestión de tales datos en el sistema de trazabilidad. Ver figura 14.



Figura 14. Sistema de trazabilidad en la distribución y localización del producto.

4.3.1.1 Características

Las empresas en todo el mundo están utilizando cada vez más sistemas de garantía en cuestiones de calidad para mejorar sus productos, en cuanto a su seguridad, los procesos de producción y a su vez protegerse contra cargas en responsabilidades, dígase evitar penalidades concernientes a la inocuidad de los alimentos para su posterior consumo. De acuerdo con Golan et al. (2004), este dice que las características de los sistemas de buena trazabilidad varían y no pueden definirse sin referencia a los objetivos del sistema y que estos objetivos ayudan a impulsar diferencias en términos de amplitud, profundidad y precisión de los sistemas de trazabilidad. Este autor, considera estas tres dimensiones como características fundamentales que debe llevar consigo un buen sistema de trazabilidad, permitiendo así el funcionamiento efectivo del mismo, explicándolo de la siguiente manera.

La **amplitud** describe la cantidad de información registrada por el sistema de trazabilidad. Hay mucho que saber sobre la comida que comemos, y un sistema de mantenimiento de registros catalogando todos los atributos de un alimento sería enorme, innecesario y costoso.

La **profundidad** de un sistema de trazabilidad es cuánto atrás o hacia adelante el sistema sigue. En muchos casos, la profundidad de un sistema está determinada en gran medida por su amplitud, en otros casos, la profundidad del sistema viene determinada por puntos de control de calidad o seguridad a lo largo de la cadena de suministro.

La **precisión** refleja el grado de seguridad con que el sistema de localización puede identificar el movimiento o las características de un producto alimenticio particular. La precisión está determinada por la unidad de análisis utilizada en el sistema y la tasa de error aceptable. La unidad de análisis ya sea por contenedor, camión, caja, día de producción, cambio o cualquier otra unidad, es la unidad de seguimiento para el sistema de trazabilidad.

La amplitud, profundidad y precisión de los sistemas de trazabilidad variarán dependiendo de los objetivos de los sistemas, los beneficios y costos correspondientes para la empresa. Las empresas recopilan información sobre un atributo y rastrea su flujo a través de la cadena de suministro, asimismo, invierten en precisión si los beneficios superan los costos. Dado a que estas equilibran los costos y beneficios de la rastreabilidad, la cual tienden a asignar eficientemente recursos a la instalación y mantenimiento de estas infraestructuras tecnológicas.

4.3.1.2 Funcionabilidad de un sistema de trazabilidad en una cadena de suministro agrícola

De acuerdo con (Y. Huang et al., 2010), estos autores plantean que en la cadena de suministro agrícola, un sistema eficaz de trazabilidad trae muchos beneficios, como aumentar la seguridad alimentaria y la confianza de los clientes, y limitar la retirada de los productos básicos. Las empresas agroalimentarias más avanzadas se caracterizan por una cadena de suministro de alimentos estrechamente alineada y por el importante papel de la tecnología de la información y la comunicación. Para los pequeños agricultores, hay un desafío considerable en aspectos de la implementación de esta infraestructura tecnológica en términos de efectividad para el rastreo del producto una vez sale de la plantación.

Un sistema de trazabilidad en su primera fase presenta lo que es una base de datos integradas para almacenar los datos procesados de las actividades anteriores (proceso de plantación del alimento, cosecha, registro de esas informaciones, etc.) en una base de datos de orden público en la cadena de suministro agroalimentaria, donde los usuarios que poseen permiso pueden acceder a la misma y con esto consultar los datos correspondientes a cada una de las actividades que se presenta en la empresa o industria de tipo alimentario. Estos sistemas poseen base de datos integrada que se incluye en toda la cadena de suministro, por ende, existe bastante cantidad de información en esta base de datos compartida, y que la misma debe almacenar los datos/informaciones de las actividades anteriores, en la mayoría de los casos base de datos histórica.

Estas informaciones se utilizan para consultar el rastreo del alimento o producto haciendo uso de los dato o archivando los datos históricos a los datos actuales que debe tener el sistema de trazabilidad en la cadena de suministro agroalimentaria, esta base de datos generalmente almacenan información respecto al monitoreo de los distintas actividades de la empresa, es por tanto que los sistemas de trazabilidad deben ser soportados por equipos y maquinarias de alta tecnología, para ello añadir una data histórica sobre un producto a rastrear representa un gran alivio concerniente a la presión que esto pueda provocar en la base de datos y así aumentar la sensibilidad de consulta del estado actual respecto a información del producto.

Los sistemas de trazabilidad pueden ser diseñado de manera especial para el rastreo de alimentos a lo largo de todo el proceso, para este caso productos agrícolas a través de una plataforma que soporte almacenar enormes cantidades de datos/informaciones respecto al seguimiento y control de dicho producto una vez sale de la granja (punto de origen) hasta el consumidor (destino final). Dicha plataforma es manejada por los usuarios que tienen permisos para rastrear los productos y así mismo retroalimentar el resultado de usuarios directamente (clientes). Los clientes de la empresa que tienen claves de acceso ante tal sistema, pero con información resumida, con fines de seguridad de esos datos correspondiente a la empresa.

La implementación de estos sistemas de seguimiento y control mayormente soportados por un marco que incluye el flujo de datos a través de herramientas como RFID, permitiendo la operación capturar de manera efectiva las distintas informaciones, filtración y procesamiento de los mismo. Las informaciones de productos agrícola merecen de una vigilancia en toda la cadena de suministro, para con estos obtener informaciones pertinentes del producto y luego ser almacenadas en la base de datos integrada que comprende dicho sistema de rastreo, por ende, las fuentes de datos pueden ser rastreadas a través de esta base de datos. Ver Figura 15.

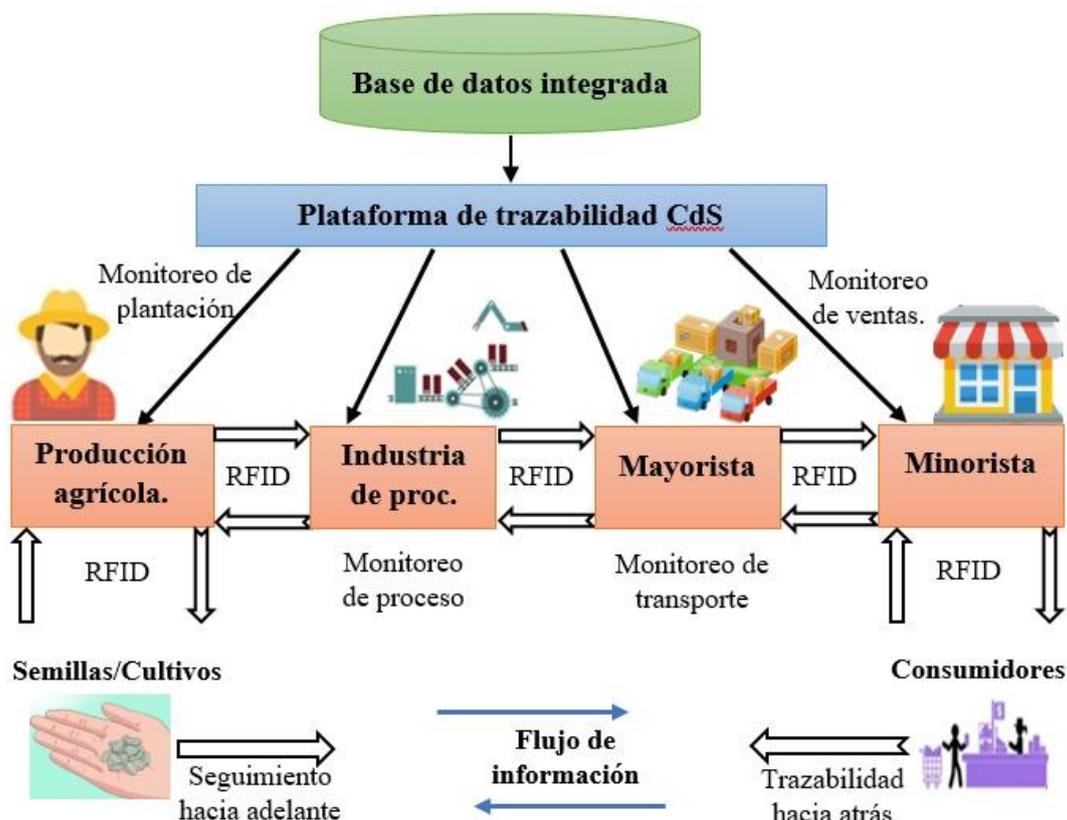


Figura 15. Funcionamiento de un sistema de trazabilidad a través de una base de datos.

4.3.1.3 Fases de su funcionamiento

(1) Monitoreo de siembra:

En fase el sistema de trazabilidad registra en gran proporción a tiempo real (exacto) las distintas informaciones que pueden ser capturadas durante el proceso de las plantaciones agrícolas, a su vez el tiempo de cosecha y registro de diversos datos concernientes a la plantación, tales como: variedades de vegetales, registro de siembra, registro de riego, registro de fertilización, registro de control de plagas (pesticidas), entre otros.

Una vez son recogidos los productos agrícolas, se establece datos del mismo, dígame, fecha de recogida, número de parcela y la secuencia de la cosecha la cual será agrupada por un número de lote, esta información básica obtenida se coloca al nombre del personal directo (agricultor) acompañada de una tarjeta de etiqueta describiendo el número de veces de ese producto ha sido loteado, permitiendo la intervención de cada objeto participante en la cadena de seguimiento.

(2) Monitoreo del procesamiento:

En esta parte la información puede ser fácilmente añadidos a las etiquetas, una vez que se establece un proceso de enlace por medio a códigos entre la empresa y el proveedor (agricultor), donde la empresa procesa dichos códigos suministrados en el producto y con esto puede leer la información que lleva consigo la etiqueta de sobre los productos agrícolas en primer lugar, basados en las necesidades en sí, decidan cambiar o añadir información (como procesar el nombre de la empresa, tiempo de procesamiento y peso del empaquetado) a las etiquetas.

(3) Monitoreo del transporte:

Luego del almacenaje de estos productos una vez procesados, se procede durante esta etapa el proceso de rastreo bajo un sistema de trazabilidad en el aspecto de distribución del mismo, en los cuales se preparan los productos agrícolas en el área de carga para su posterior recogida, en donde se usa un número de lote por orden, es decir, se utiliza la alfabetización fija para localizar los productos agrícolas en dicha área. Después de terminar la recogida, el personal de carga tiene la responsabilidad de agregar información respecto al producto recogido a través de la tarjeta de etiqueta (el tiempo de carga, hora de inicio, destino, etc.).

(4) Monitoreo de ventas:

Una vez realizado la recogida y posterior a eso el embalaje de los productos agrícolas ya procesados, los mismos están listos para ser ingresados en enlace del proceso de ventas. El lector automático lee las etiquetas para con esto establecer ventas especiales bajo la vigilancia de los RFID. Si el cliente o consumidor final realiza el pago de ese producto en línea, el sistema no sólo rastrea el registro de esa información de este cliente, sino que también permite conocer el paradero final de los productos agrícolas en dicha cadena de suministro.

4.3.1.4 Esquema del proceso (proceso productivo)



4.4 ¿Qué requisitos debe tener un sistema de trazabilidad?

Los países desarrollados han emitido una serie de leyes y reglamentos pertinentes que exigen que todas las empresas dedicadas a la producción, transformación, envasado o gestión de alimentos de origen humano o animal para proporcionar una plataforma de información sobre la trazabilidad (L. Huang et al., 2011). Dado esta condición respecto a estas normativas orientadas al cumplimiento efectivo de un sistema de trazabilidad al momento de su implementación, el mismo debe presentar unos requisitos que sirvan para su correcta funcionalidad. No existen documentos específicos (artículos de investigación) que aborden temas en general sobre requisitos en un sistema de trazabilidad. Diversos autores desde su punto de vista hacen mención sobre requisitos que tienen que tener consigo un sistema de trazabilidad, es por tanto que se realizó una compilación de los mismos y que se muestran a continuación. De acuerdo con (Folinas, Manikas, & Manos, 2006), dice que uno de los requisitos o requerimientos que un sistema integrado de trazabilidad debe tener es presentar y comunicar información sobre la calidad del producto, el origen y la seguridad del consumidor

- *Relación entre los actores de la cadena*

Al momento de emplear un sistema de trazabilidad cuyo objetivo es garantizar seguridad alimentaria, en el aspecto de aseguramiento y mejora de la calidad del producto a lo largo de todo del proceso de rastreo en la cadena de suministro agroalimentaria, puede ser posible haciendo hincapié en el concepto de colaboración a través de los diferentes actores que integran la cadena de suministro, dígase, agricultores, proveedores de insumos, distribuidores, transportistas, exportadores, importadores, mayoristas, minoristas y, por último, consumidores. Facilitando la comunicación de estas entidades para el funcionamiento efectivo del sistema, lo que permite que se puedan resolver los problemas comunes y alcanzar los objetivos deseados.

Desde una perspectiva de gestión de la información, la implementación de un sistema de trazabilidad dentro de una cadena de suministro requiere que todas las partes involucradas vinculen sistemáticamente el flujo físico (agricultor, procesador, distribuidor, etc.) de materiales/productos al flujo de información correspondiente (Bechini et al., 2008).

En el trabajo de (Rábade & Alfaro, 2006), estos abordan el contexto de colaboración por parte del comprador-proveedor como una relación muy influyente al momento de implementar un sistema de trazabilidad agrícola (vegetales), haciendo mención de una empresa que se ocupaba del monitoreo y seguimiento hacia sus proveedores por medio a un departamento especializado para eso, con la finalidad de monitorear todas las actividades referentes al rastreo de vegetales que dicha empresa compraba a sus proveedores.

- ***Sistema de información que permita el intercambio de información entre cliente y proveedor como facilitador de colaboración***

Se tiene entendido que para un funcionamiento admisible por parte de un sistema de trazabilidad debe haber un sistema de información que permita el flujo de información entre las partes, referentes al producto a rastrear. Según (Bechini et al., 2008) argumenta respecto a este requisito, el cual un sistema de información de trazabilidad puede ser pensado como un solo almacenamiento masivo y centralizado de datos que captura toda la información sobre cada lote a lo largo de cada etapa de la cadena de suministro. Por otra parte (Xinting, Ming, Chuanheng, Jianping, & Zengtao, 2012), enfoca este requisito que debe estar apoyado de tecnologías que soporten esta infraestructura tecnológica por medio de base de datos, de codificación, de red y de alerta temprana. Permitiendo esto que el sistema de rastreo pueda así realizar diferentes labores tales como: comparaciones estadísticas, retroalimentar en aspectos de calidad y seguridad del producto, imprimir código de barras, etc. Sin sistema de información sería más complicada la ejecución para dar seguimiento al producto en todas las etapas de la cadena de suministro y registro de esa información, por lo que hace que este requisito sea imprescindible en un sistema de trazabilidad.

- ***Definición de criterios para la agrupación de productos***

Cada empresa debe de saber cómo agrupar el conjunto de unidades que se produce, fabrica, envasa o, en contexto más amplio, maneja y, a su vez identificarlos. Debido que para un funcionamiento eficaz de la cadena de suministro es necesario determinar la forma de agrupamiento de los productos, para con su posterior identificación registrar tales datos en el sistema de trazabilidad. Los criterios o condiciones para agrupar productos pueden ser múltiples e individualizados para cada establecimiento o sector. En ese sentido debe haber una coordinación de enfoque homogéneo por parte de cada uno de los actores de la cadena respecto a la forma de agrupar los productos, es decir, que cada cual en su totalidad debe estar esclarecido a como agrupa los productos en las diversas etapas que comprende la cadena. Estos productos en su mayoría se agrupan en lo que se denomina lote (lote unitario o multiproducto), el cual se puede decir que es un conjunto de unidades con fines de ventas para un producto alimenticio, producido, manufacturado o envasado en condiciones o circunstancias idénticas para su posterior identificación por medio a una numeración asignada. El grado de precisión con que se agrupen los productos determinará el tamaño de la agrupación y deberá ser definido por la propia empresa, buscando consigo el mayor equilibrio en temas de reducción de riesgos en el caso de un incidente de seguridad de los productos y aspectos excesiva complejidad económica que esta precisión acarrea.

- ***Sistema de codificación***

Estos son utilizados siguiendo estándares y normas internacionales para identificar/localizar una unidad determinada durante el proceso de rastreo (GS1, EAN-128, EPC, RFID, etc.), cuyo objetivo es lograr la entrada de datos/informaciones del producto al sistema de forma automatizada, y evitando con esto la intervención de trabajo humano para alimentar el sistema. Según (Xinting et al., 2012) aborda este requisito basándose en la utilización de código de barras EAN 128 para codificar la identificación y la información complementaria relativa a un producto. Esta toma como ejemplo una granja de ganado y sus distintos procesos de rastreo desde la granja hasta el producto final, capturando esta información por medio de sistema RFID y código de barras convencionales.

En un sistema de trazabilidad, la necesidad de compartir información requiere el uso de un lenguaje estandarizado, el factor más importante para el éxito de un sistema de trazabilidad es la adopción de una norma que es compartida por todas las partes y que permite a los trabajadores de la cadena de suministro comunicarse entre sí para garantizar la continuidad de la trazabilidad en toda la cadena que lleva el producto del productor al minorista Bevilacqua et al. (2008).

Dado esto se han introducido diversos sistemas estándar en el ámbito de codificación, para ello el GS1 el cual es un sistema de identificación para productos agrupados o lotes, siendo el más robusto en términos de coordinación de información en cada etapa de rastreo del producto, el mismo indicado por medio de etiquetado (descripción asignada) de los productos y que sirve de apoyo para códigos EPC de unificar la codificación de los productos de acuerdo con las necesidades de la empresa, es un número único que identifica productos en la cadena de suministro con el propósito de trazabilidad. Estas informaciones sobre los productos identificados permiten su captura a través de sistemas RFID.

- ***Establecer registros y documentación necesarios***

Partiendo de un sistema de información que debe comprender la trazabilidad, a su vez la manera en que se van a identificar (sistemas de codificación) los productos a lo largo del proceso de rastreo para su posterior agrupamiento, es el de establecer los registros y la documentación necesarias como parte íntegra del sistema de trazabilidad. Toda información pertinente a efectos de trazabilidad debe registrarse, esto dependerá de las características de cada sistema de trazabilidad. Es conveniente que la documentación a utilizar para tal sistema una vez sea implantado en la empresa o industria, incluya puntos básicos tales como: ámbito de aplicación del sistema, descripción y características del mismo, registros de las operaciones realizadas (efectuadas), procedimientos de revisión y actualización del sistema.

Estos registros que se van a ir generando en el sistema durante las distintas etapas de la cadena en el proceso de seguimiento del producto deben ser convocados durante un tiempo mínimo dependiendo del tipo de producto. En el caso de productos sin una vida útil específica, es aplicable una norma general de cinco años, el cual es el periodo de conservación de una documentación de carácter comercial a efectos fiscales. Sin embargo, para los productos con una vida útil superior a cinco años, la información debe ser conservada durante el periodo de vida útil más seis meses extras y en cuanto los productos perecederos, cuya fecha de caducidad es inferior a tres meses o más bien que no posee una fecha específica, con la finalidad de ser directamente al consumidor final, tal información debe ser retenida y conservarse durante un tiempo de seis meses partiendo de la fecha de fabricación o entrega.

- ***Herramientas de recopilación de información***

Una vez el sistema de trazabilidad forma parte de la empresa en la gestión de control, seguimiento y seguridad de los productos en todo proceso, es necesario contar con tecnología para capturar y registrar esa información sobre el producto, tal sistema debe estar integrada en todos los proyectos de equipamientos, renovación de herramientas o evolución en temas de sistemas de información. Esto da un paso más en asegurar que esas nuevas herramientas con la cual cuenta el sistema de trazabilidad, encajará en el dispositivo existente y que a su vez no degradarán su rendimiento.

De acuerdo con (Farooq et al., 2016) bajo su investigación aborda aspecto de herramientas de recopilación y captura de información de productos en una cadena de suministro de alimento agrícola para desarrollar un sistema eficiente haciendo uso de la misma, debido a que controlar de forma eficiente los problemas de calidad y seguridad alimentaria en dicha cadena. Para ello, sistemas RFID soportados por sistemas de codificación EPC y tecnología de sensores, además de otras herramientas informáticas como: hardware, software e interfaces de datos para almacenar, comunicar e intercambiar datos de trazabilidad de productos entre diferentes socios de la cadena de suministro.

- ***El manejo de registros y las prácticas de almacenamiento***

Luego de insertar o establecer los registros y documentaciones pertinentes a efectos de la trazabilidad y consigo contar con herramientas en el contexto de recopilación, captura y almacenamiento de información, lo siguiente en cuanto a requisito que debe tener el sistema de trazabilidad será cómo manejar esos registros para alimentar el sistema y también de que forma podrían ser almacenados, es decir, prácticas de almacenamiento. Este tipo de requisito es elemental y debe estar comprendido en un sistema de trazabilidad, debido a que un mal manejo de los registros provocaría una dislocación en la información y por tanto una mala práctica en el aspecto de almacenamiento de dichos datos.

Para las empresas que están soportadas por tal sistema de seguimiento para sus productos en toda la cadena, debe tener en cuenta la manera en cómo se hace uso de los registros y a su vez determinar cómo se debe almacenar esas informaciones, esto ayuda en el funcionamiento eficiente del sistema, haciendo esto de un sistema más confiable en contexto de disponibilidad de información.

- ***Internet de las cosas***

En épocas anteriores el término Internet de las Cosas no existía, es por tanto que el desarrollo de la ciencia y la tecnología provocará su aparición con el propósito de resolver problema de la trazabilidad concernientes a la seguridad y la calidad de los productos materia de seguimiento, a su vez la viabilidad de su aplicación para el correcto funcionamiento del sistema de trazabilidad, apoyadas de la tecnología de etiquetas electrónicas y sistemas RFID.

La tecnología de Internet de las Cosas puede realizar el control de calidad de todo el proceso de producción desde la siembra y cosecha hasta el transporte y las ventas, así como la realización de seguimiento de calidad, gestión de archivos de producción, conversión entre etiquetas RFID e información de código de barras, impresión de etiquetas de código de barras y las funciones de rastreo y consulta de la seguridad de la calidad de los productos basadas en mensajes de texto de sitios web, teléfonos y teléfonos móviles (B. Qu et al., 2016).

Según Y. Qu & Tao (2014) dice que la IOT ha sido el medio significativo para reducir costos, mejorar la eficiencia y lograr inteligente en el campo de la agricultura, presentando progresos en la recopilación y transmisión datos/información, la colaboración y el procesamiento inteligente a través de las instalaciones de la red, permite mejorar toda la capacidad de informatización, por lo tanto, la tecnología de Internet de las cosas proporciona apoyo técnico para problemas de seguridad alimentaria. A su vez estipula que esta puede mejorar la gestión de la trazabilidad desde el origen hasta el final.

- ***Debe cumplir con las regulaciones de seguridad alimentaria***

La mayoría de los autores a través de sus respectivas investigaciones relacionadas con aspectos de trazabilidad concuerdan con esto y hacen mención, en el cual el sistema de trazabilidad debe de respetar y cumplir con las diversas normativas que existen en base a la seguridad alimentaria que se han establecido. Los incumplimientos de ellas podrían provocar riesgos que afectan no solo a todos los integrantes de la cadena, sino al mercado global de producto en sí.

Todos los actores que integra la cadena de suministro deben cumplir con estas regulaciones de carácter obligatorio, la infracción sobre estas leyes trae consigo sanciones o consecuencias rigurosas, debido a que se trata de alimentos para consumo humano.

En definitiva, los requisitos de un sistema de trazabilidad son:

1. Entorno colaborativo entre actores de la cadena de suministro.
2. Sistema de información consultar con clientes y proveedores (facilite la colaboración).
3. Definición de criterios para la agrupación de productos.
4. Mecanismo de verificación del sistema (sistema de codificación) y comunicación inter-empresas.
5. Registro/documentación procesos y métodos operativos.
6. Sistemas interconectados en toda la cadena de suministro (Internet de las Cosas).
7. Procedimientos para la localización y retirada de productos.
8. Uso de sistemas de control orientados a la gestión de la calidad y seguridad alimentaria.

4.5 ¿Qué procesos de negocio son utilizados para hacer funcionar los sistemas de trazabilidad agroalimentaria?

Un sistema de trazabilidad es considerado como una inversión estratégica a largo plazo por parte de la empresa con sentido de crear confianza en el consumidor, tanto en la imagen de la empresa como para el producto específico solicitado. Este se apoya a su vez de un conjunto de tareas relacionadas de forma lógica, llevadas a cabo para generar productos y servicios, las mismas atraviesan por diversas áreas funcionales que comprenden en sí la empresa y su respectiva cadena de suministro, la cual está fragmentada por distintos actores responsables (proveedores, productores, distribuidores, etc.) del flujo e información del producto a lo largo del proceso de rastreo. Estos procesos son denominados “procesos de negocios”, sin embargo, la trazabilidad persigue la optimización o reducción de los costos asociados a estos procesos.

Los procesos de negocios que presentan una fuerte vinculación con la trazabilidad de un producto o alimento son aquellos que representan un valor competitivo para tal proceso de rastreo en todas las etapas de la cadena de suministro, es decir, exhiben gran importancia para la gestión de información de trazabilidad de la cadena de suministro. En la mayoría de los casos estos procesos de negocios que suelen ser utilizados de forma directa para el funcionamiento efectivo de un sistema de trazabilidad, estos son; captura, registro, seguimiento, recopilación, almacenaje y extracción (consulta) de información/datos que proporciona el producto en todo su recorrido por la cadena de suministro, además de soportes del sistema (tecnologías de información).

Cada actor de la cadena de suministro muestra cooperación y a su vez tiene su propio enfoque para manejar las tareas e informaciones a través de los procesos negocios correspondientes. Para un sistema de trazabilidad para productos en una cadena de suministro agroalimentaria, su etapa comienza por medio de la plantación y cosecha del producto, seguida de su envío a la industria, para su almacenaje y posterior distribución hacia su destino final, es por tanto que todas estas etapas o fases que componen dicha cadena de suministro deben estar acompañadas por tareas o procesos relacionados de forma lógica que llevadas a cabo contribuyan a generar productos y servicios.

En el caso del seguimiento del producto agrícola a lo largo de todo su recorrido por la cadena en ella intervienen los procesos de negocios que dan soporte al sistema de trazabilidad, los mismos mencionados anteriormente (captura de información, registro de información, etc.) con la finalidad es mejorar el desempeño y funcionamiento (eficiencia y eficacia) de forma correcta del sistema de seguimiento/rastreo y a su vez optimización de los procesos en la empresa agroalimentaria.

Proceso de plantación y cosecha del producto.

P1. Captura de información: En el contexto de la cadena de suministro alimentaria empezando por el proceso de plantación y cosecha del alimento, la cual comprende fases tales como; siembra de la semillas, cosecha del alimentos, etc., estas fases proporcionan informaciones sustanciales sobre el producto a manipular, las cuales son capturadas a través de sensores (humedad, temperatura, etc.) y antenas RFID colocados en dichas fases, los cuales facilitan la captura y procesamiento de estos datos para luego ser registrados, estas informaciones han de estar enfocadas de manera crítica que aporte valor sustancial en cuanto al producto a tratar, esto realizado por el operador económico (agricultor).

P2. Registro de información: Una vez concluido el proceso anterior, el operador económico procede a documentar dicho producto con datos correspondientes al mismo (fecha de cosecha, número de parcela, número de lote, nombre del agricultor, etc.) por medio a una hoja de registro que detalle estas descripciones concernientes al producto cosechado, es por tanto que el registro eficiente de información alimentará de forma oportuna el sistema de trazabilidad para esta cadena de suministro, en donde cada actividad que ocurra queda anotado en el instante preciso de su cumplimiento.

P3. Seguimiento de registro: Las informaciones aportadas a través de la documentación de los datos relativos al producto (hoja de registro) efectuada por el agricultor, dicha documentación es adjuntada en el empaque del producto para su seguimiento y registro en la industria agroalimentaria una vez es enviado.

P4. Recopilación de información: En esta parte se realiza la compilación de todas las informaciones vinculadas al producto agrícola en diversas las fases que ha atravesado en todo su recorrido, esto por medio de los elementos utilizados para su captura, registro y seguimiento como soporte para la alimentación del sistema de trazabilidad en la base de datos que la integra, dicha tarea es realizada por la autoridad competente de la industria, es decir, el usuario designado para el control y manejo de estos datos en el sistema de trazabilidad.

P5. Almacenaje (resguardo) de información: Recopiladas todas estas informaciones asociadas al producto en sus distintas fases, se procede han ser almacenadas en la base de datos que tal sistema de seguimiento/rastreo lleva integrada, en ese mismo orden, se puede decir que el almacenaje de la información será de suma importancia para consolidar lo que es la base de datos del sistema en cuanto a todos los eventos trazables, el resguardo de información del producto en aspectos de calidad, proporcionará como resultado reportes y consultas de calidad por parte de los usuarios o autoridades competentes.

P6. Extraer y compartir de información: Una vez almacenada toda las informaciones relativas al producto y concluido este proceso, entra la extracción de información realizada por parte del usuario o personal autorizado de la empresa. Donde se realiza consultas referentes a todas esas informaciones almacenadas y datos generados a lo largo de todo el proceso de trazabilidad del producto, las mismas utilizadas para dar respuestas en cuanto a la distribución y entrega del producto de acuerdo con las necesidades del cliente, es decir, responder al cliente.

Es preciso señalar también que la capacidad de registrar y a su vez poder almacenar información, sería improductiva (inútil) sin poderla compartir razón de aspectos de colaboración con los actores de la cadena de suministro, en un sentido de manejo de dicha información de manera homogénea, es por ello que comunicar la información con los socios de negocios es lo que realmente hace que un sistema de trazabilidad un modelo de valor agregado en la cadena.

La trazabilidad es una parte integral del proceso de negocio y da respuesta a los retos planteados en una economía global cada vez más demandante en donde la información oportuna es bien recompensada

A continuación, se presenta en la figura 16 el siguiente esquema respecto a los procesos de negocios que intervienen en un sistema de trazabilidad para su correcto desempeño y/o funcionamiento.

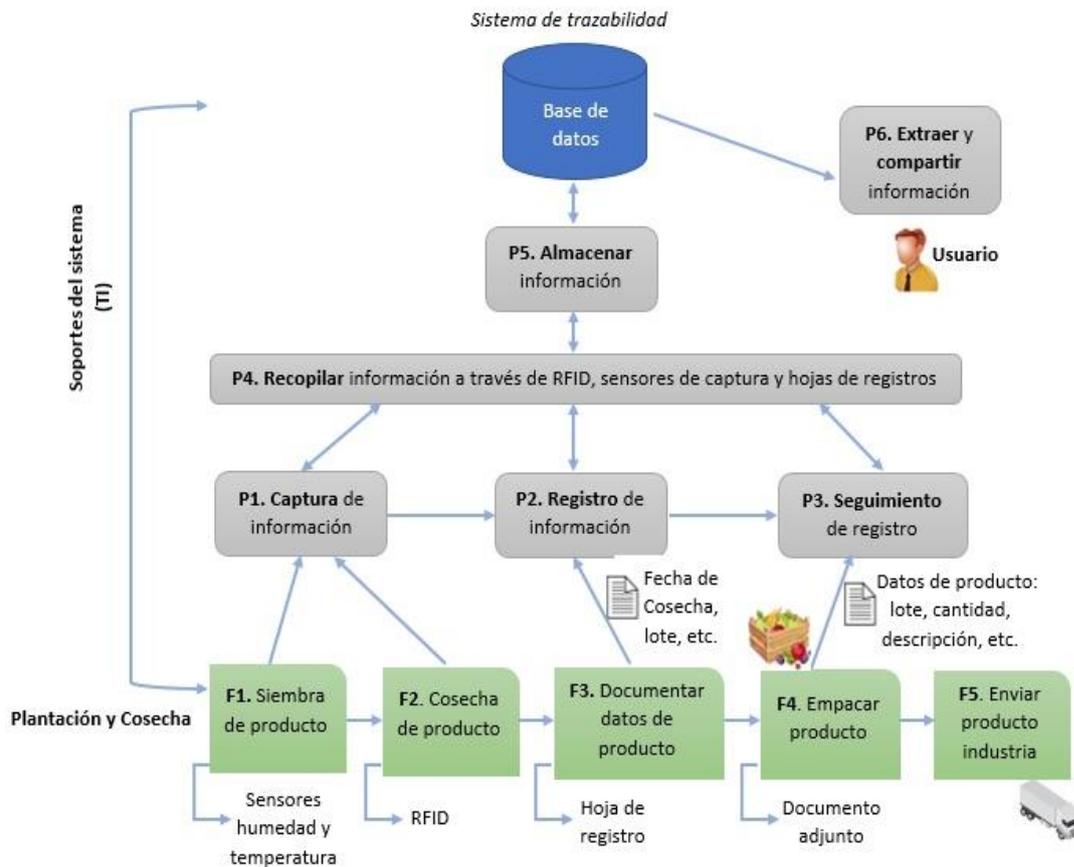


Figura 16. Procesos de negocio para el funcionamiento de un sistema de trazabilidad.

Soportes del sistema (tecnologías de información): La mayoría de las empresas invierten en sistemas de trazabilidad soportados por tecnologías de información (TI) para cumplir con los requisitos de los clientes, en lugar de por iniciativa propia para mejorar la eficiencia de la trazabilidad *Manos & Manikas (2010)*. Ver figura 17.

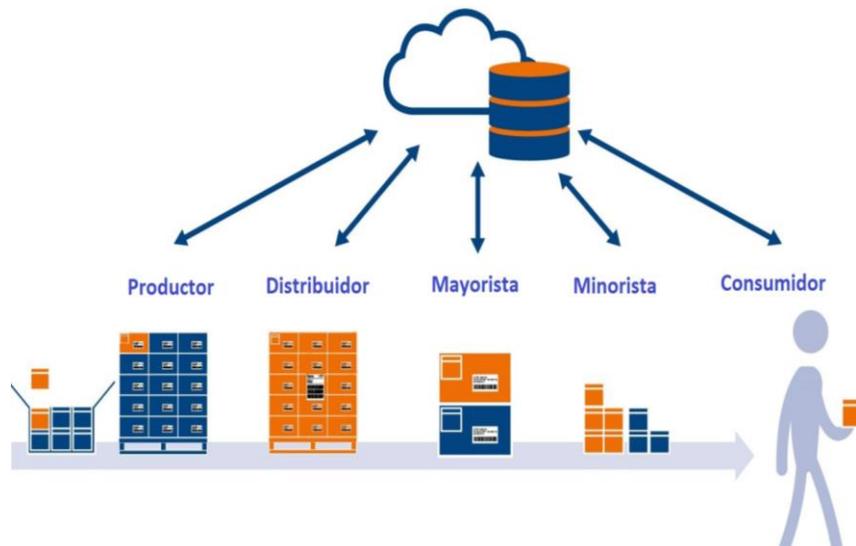


Figura 17. Sistema de trazabilidad apoyado de las TI para monitoreo del producto.

Todos estos procesos de negocios anteriormente mencionados se apoyan de sistemas o herramientas que permiten así el flujo de información propicia para alimentar el sistema de trazabilidad utilizado por la empresa en el contexto de gestión, seguimiento y control del producto a lo largo de toda las fases que atraviesa antes de llegar al consumidor final, para ello los sistemas de soportes en cuanto a la tecnología de la información son primordiales para el buen funcionamiento del sistema de trazabilidad, en otra palabras, los sistemas RFID, EPC, EDI, etc., en el cual la adopción de estos sistemas en los procesos de negocios pueden conducir a un mejor rendimiento por parte de del sistema de trazabilidad de la empresa a través del intercambio de información eficaz.

De acuerdo con (Bechini et al., 2008) respecto a su trabajo de investigación asociado con los procesos de negocios a través de la cooperación de parte de los distintos eslabones que conforma la cadena de suministro, abordan que independientemente de los modelos de gestión de la información adoptados en el sistema de trazabilidad, se pide a los actores que cooperen para obtener algún tipo de información compartida a través de diferentes procesos de negocio en diferentes ubicaciones.

Dada las múltiples informaciones que se maneja en los procesos de negocios relacionados con la trazabilidad de un producto, en los cuales los actores involucrados en la cadena de suministro muestran enfoque diferentes, dígase, sus propios enfoque en base a la gestión de información para esta infraestructura tecnológica de interfaces heterogénea (distintos datos), provoca consigo que el sistema de trazabilidad presente fallas en cuanto a la administración y gestión de esos datos, lo cual su funcionalidad se ve fuertemente afectada dado a que no hay un información compartida por medio de los diversos procesos de negocios en las distintas etapa de la cadena de suministros.

Para el proceso de negocio orientado en soporte al sistema de trazabilidad, o sea, tecnología de la información (TI), Bechini et al. (2008) expone que en su lugar, sería preferible acceder a un solo sistema capaz de proporcionar toda la información requerida. Con el fin de lograr este tipo de integración de sistemas en un entorno heterogéneo, debe establecerse una infraestructura adecuada para la integración de procesos de negocios

Según (Bevilacqua et al., 2008), hacen mención en su trabajo investigativo concerniente con los procesos de negocios en la cadena de suministro agroalimentario (vegetales) apoyado de un sistema de trazabilidad, en el cual estipulan que la trazabilidad puede crear valor competitivo integrando el sistema de trazabilidad con los procesos de gestión de la cadena de suministro y utilizando los datos de trazabilidad para gestionar y mejorar los procesos empresariales (negocios), a su vez expresa que esos procesos de negocios establecidos en toda la cadena de suministro y los procesos interdependientes entre los distintos actores deben ser cuidadosamente evaluados.

4.6 ¿Qué elementos o subsistemas debe tener un sistema de trazabilidad?

De acuerdo con los distintos trabajos investigativos realizados por diversos autores relativos a un sistema de trazabilidad en el contexto de una cadena de suministro agroalimentaria, los mismos atribuyen la utilización de distintos elementos o subsistemas (sistemas RFID, EPC, base de datos, sensores, entre otros) proponiendo así un sistema de seguimiento/rastreo funcional apoyados por dichos elementos.

Según (L. Huang, Yu, Luo, & Yu, 2011), proponen el uso sistemas RIFD en un sistema de trazabilidad, el mismo con bases de datos integradas en el ámbito de gestión y seguridad de las informaciones, siendo así elementos o tecnologías claves de información para el seguimiento del producto.

Por su parte (Y. Huang, Kuo, & Kao, 2010), abogan que para el diseño de un sistema de trazabilidad en la industria agrícola debe de estar soportados por sistemas o red de sensores inalámbricas, que facilitan la medición de datos asociados al producto en toda fase de la cadena de suministro agroalimentaria. Estipulan que estas herramientas tecnológicas se incluyen acelerómetros, sensores de presión barométrica, sensores de luz, módulos GPS, sensores de temperatura, sensores de humedad, entre otros, sustituyendo el libro de registro manuscrito para mejorar la información completa/exacta del tiempo y de la geografía.

Sin duda un sistema de trazabilidad eficaz deberá estar compuesto por una serie de subsistemas o elementos que permitan su adecuado funcionamiento, para ello, los *sistemas de identificación (código de barras)*, los *sistemas de captura de datos (obtener y registrar información)*, como por ejemplo: *lectores de código de barras, sensores de temperatura y humedad, antenas RFID* y otros, por último las herramientas de *software especializado*, dígase programas y sistemas informáticos que permitan la gestión correcta de los datos capturados, para su posterior administración.

Para (Catarinucci et al., 2011), argumentan que un sistema de trazabilidad agrícola debe estar acompañado de una infraestructura de software para la gestión de todo tipo de datos. Es por tanto que el funcionamiento correcto de este sistema para fines de rastreo y seguridad del producto debe estar soportado a su vez de tecnología de la información (TI), es decir, por software y sistemas orientados a la rastreabilidad de los productos, el cual permite generar y obtener consigo información mediante estandarización efectuada a través de los sistemas de identificación o código de barras y de esta forma confluye los datos que sirven para alimentar una base de datos que el sistema de trazabilidad debe llevar integrada.

4.6.1.1 Sistemas de identificación

Dadas las condiciones que anteceden en un sistema de trazabilidad, existe la necesidad de compartir información a través de un lenguaje estandarizado. Debido al flujo de datos que se origina entre las diferentes etapas del proceso de rastreo en la cadena de suministro, el factor más importante para el éxito o funcionalidad exitosa de un sistema de trazabilidad es la adopción de un sistema o norma que es compartida en todas etapas de la cadena de suministro y que permite al personal comunicarse entre sí, para con esto garantizar la persistencia/continuidad de la trazabilidad en toda la cadena que posee el producto del productor hacia el minorista y a su vez el consumidor, estos sistemas estándar introducidos y que soportan la trazabilidad para la caracterización del producto se denominan *sistemas de identificación*.

Estos sistemas estándar representan uno de los componentes o subsistemas básicos que debe poseer un sistema de trazabilidad, los cuales hacen posible la identificación de los productos ya sea de forma individual o agrupada por lotes, la identificación de los embalajes o cajas y por último la identificación de los pallets. Este tipo de sistema de identificación se hace viable mediante el uso de códigos o matrículas que son anexadas al producto, al embalaje que lo comprende y al pallet al que corresponde o pertenece, es decir, permite la recuperación de información sobre el producto a seguir en las diversas etapas de su evolución en el proceso de rastreo, con la finalidad de registrar la trazabilidad tanto individual como grupal de la mercancía.

Se debe tener en cuenta para la implantación de un sistema de identificación adecuado, elegir un tipo estándar de codificación tales como GS1-128, SSCC, RFID, EPC u otros códigos, cuya elección dependerá de los exigencias (requerimientos) de la propia empresa y de los mercados que desee abarcar, además la utilización de las herramientas de software orientadas para tales fines, que dependerá del sistema de codificación elegido y su tipo de impresión, partiendo también de la naturaleza del producto y el nivel de automatización que se requiera o se adopte en la cadena de suministro. Ver figura 18.

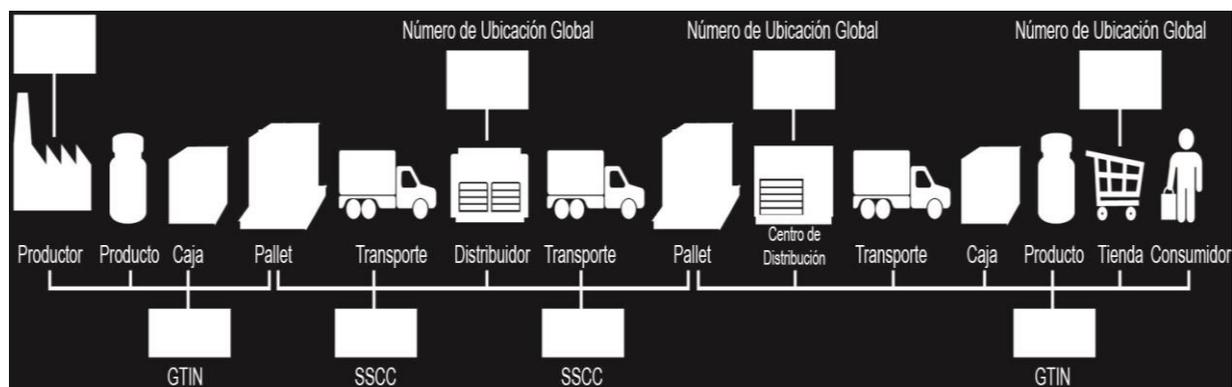


Figura 18. Representación de los sistemas de identificación durante el recorrido del producto.

4.6.1.2 GS1-128

El código GS1-128, anteriormente conocido como EAN-128, es un código de barras estandarizado, destinado a marcar las unidades logísticas expedidas, dígame una aplicación de naturaleza estándar que facilita la información sobre el artículo, unidad, producto, etc. y la transmisión de la misma entre los actores de la cadena de suministro, el cual viene representado bajo especificaciones del código de barras code 128. Este código es un componente del dispositivo GS1, el mismo hace uso de una serie de identificadores de aplicación o de datos, los cuales consiste en un conjunto de identificadores numéricos creados para el significado inequívoco a elementos de datos estandarizados, es decir, información humanamente legible.

Estos identificadores de datos son fecha de caducidad, número de lotes, cantidades, pesos y muchos otros atributos actúan como prefijos para dar significado de esos datos y que el usuario pudiera necesitar. Por otro lado, estos permiten clasificar de una manera estandarizada las características y descripciones del producto que representan. Una de las principales preocupaciones que presentan las empresas es el seguimiento de los movimientos de productos o mercancías en la cadena de distribución física (trazabilidad), es por tanto que la utilización de un código de barras único en la paleta, contenedor, bulto, caja, etc., hace posible realizar eficazmente la labor, es decir, efectuar la trazabilidad oportuna del producto por medio de este código.

Este sistema de identificación es muy utilizado para soporte en un sistema de trazabilidad y entornos logísticos. Cabe agregar que el GS1-128 tiene la particularidad de poder contener numerosas informaciones, siendo el más prometedor entre los sistemas de identificación en cuanto a la asignación y coordinación de forma estándar de los datos para lotes más robustos del mundo [Bevilacqua et al. \(2008\)](#). La simbología de barras facilita y permite la introducción automática de información/datos en los sistemas informáticos que sirven de soporte al sistema de trazabilidad para su posterior alimentación. La lectura o legibilidad de este código de barras permite la recuperación de información abundante relacionada a la producto o unidad logística, es preciso añadir que ciertas informaciones comprendidas en el GS1-128 necesitan ser vinculadas a datos adicionales, es decir, una base de datos para obtener y adquirir todo su significado. Ver figura 19.



Figura 19. Ejemplificación del GS1-128 utilizado para la identificación de producto.

4.6.1.3 Serial Shipping Container Code (SSCC)

El SSCC o número secuencial de unidad de envío es un estándar GS1, usado para identificar unidades logísticas a nivel unitario, es decir, independientemente de su contenido. Este es un identificador único y secuencial atribuido a cada unidad logística, al instante en que cambia la unidad logística (producto), se crea un nuevo SSCC.

Este Sistema de identificación tiene la finalidad de automatizar el proceso de lectura, el SSCC es normalmente codificado en un código de barras, mayormente el GS1-128 y consigo se puede también codificar en una etiqueta RFID, esta etiqueta logística es el soporte de la información registrada sobre la entidad a expedir. Cabe señalar que este tipo de sistema de identificación es también independiente del proceso de expedición, es decir, un producto puede disponer de su SSCC, aunque esté en espera en el almacén. Este sistema es el equivalente del número de lote, es decir, permite establecer los “lotes logísticos”, para lograr con esto el seguimiento de estos lotes durante su recorrido o trayectoria logística, facilitando su localización en todo momento.

4.6.1.4 Radio Frequency Identification (RFID)

La RFID, al igual que el código de barras, es también una herramienta de identificación automática, en donde el código es registrado sobre una banda magnética, en este caso, producto no es trasladado por un símbolo (identificadores numéricos), sino por un chip que emite ondas, las cuales pueden ser de alta frecuencia o de ultra frecuencia dependiendo de las condiciones de uso, es de ahí el origen de su nombre. Este sistema es a su vez un método de almacenamiento remoto, orientado a la recuperación de datos que usa dispositivos llamados etiquetas o tags RFID. Esta etiqueta es un dispositivo pequeño (como una pegatina), que puede ser incorporada o adherida a un producto, las mismas contienen antenas que les permiten recibir y con esto responder a peticiones vía radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID.

Para (Y. Huang, Kuo, & Kao, 2010), de acuerdo con sus investigaciones realizadas asociada al diseño de un sistema de trazabilidad en el sector agrícola a través del uso de sistemas RFID, expresan que esta tecnología entra también en el campo de los animales de consumo para su identificación y trazabilidad. Este sistema presenta gran utilidad en los entornos de almacenes para los propósitos de logística y en cadenas alimentarias. Según (Catarinucci et al., 2011), ponderan que la utilización de esta tecnología podría desempeñar un rol importante en este sector, en donde su implementación en un sistema de trazabilidad es considerablemente barata y es posible conocer bastante información sobre los productos que se van a comprar, vinculando aspectos como procedencia, procesamiento, etc., que demuestran visiblemente cómo un sistema que permite al usuario comprobar la trazabilidad completa sobre el producto, proporcionando así una mayor confianza.

Otros autores como (L. Huang, Yu, Luo, & Yu, 2011), opinan que este sistema es un tipo de tecnología de identificación automática que da apoyo indispensable a herramientas como *Internet de las Cosas* (IoT), que permite realizar una trazabilidad eficiente para el sistema de cadena de suministro agroalimentarias. En el caso de producto agrícola este chip puede ser insertado en un único producto de esta naturaleza, donde el equipo receptor puede activar las etiquetas RFID, permitiendo su lectura, cambiar y transmitir datos al ordenador host para procesar tales informaciones sobre el producto. También estipulan que este tipo de tecnología es más adecuada para gestionar todo el proceso de la cadena de suministro de alimentos de tierras de cultivo hasta el consumidor final. Ver figura 20.

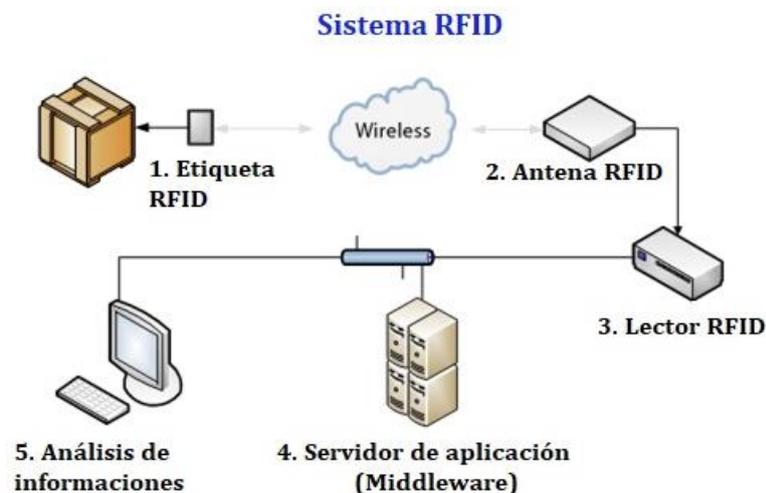


Figura 20. Funcionamiento de un sistema de RFID para la recolección de información sobre el producto.

4.6.1.5 Electronic Product Code (EPC)

El EPC es un nuevo sistema de identificación y seguimiento de productos/mercancías en tiempo real basado en la utilización de radiofrecuencias de identificación (RFID) para permitir visibilidad real de la información o datos relacionados con cada producto, dígame por medio de los datos recogidos de los lectores de RFID (proporcionados por la etiqueta RFID) que se pueden transferir el EPC, el cual asocia una serie numérica unitaria e inequívoca a cada producto, es decir, permite la lectura clara por parte del personal sin error alguno. El uso de este sistema de identificación permite el seguimiento de los productos a largo de la cadena de suministro o el canal de distribución.

Este sistema de identificación forma parte de una gran estructura tecnológica denominada *EPCglobal Network* y consigo soportada por *Internet de las Cosas* (IoT), a través de la utilización de tags (circuitos integrados), lectores de RFID, además de sofisticadas herramientas o mecanismos informáticos de accesibilidad a datos e información sobre el objeto o producto, permitiendo con esto automatizar de forma totalitaria los procesos y obtener toda la información relacionada sobre el producto posteriormente identificado bajo este sistema de manera rápida y eficaz.

Un sistema de trazabilidad necesita de este tipo de subsistemas o herramientas de identificación que sirven para dar un código o matrícula a cada uno de los productos, cajas o y a su vez pallets que sea desean registrar para su trazabilidad. Esto obligará a establecer un método que permita reconocer a cada uno como único y con esto poder construir su trazabilidad a lo largo de la cadena. En los productos agrícolas, es decir, alimentos que provienen del campo, será indispensable conocer su procedencia, número de parcela o finca, variedad, fecha de cosecha y hora de recolección, en el cual se asignará a el momento de recibir el producto en la zona de producción, estos datos serán asociados (transferidos a través del RFID) al EPC, siendo posible su almacenaje de este por medio a un tag (etiqueta) que comprende el sistema RFID.

Tal como se ha visto la temática que presenta el sistema EPC consiste en que cada uno de los objetos (productos, cajas y pallets) que está ya previamente identificado bajo una numeración o seriado grabado en un chip de radiofrecuencia y que contiene consigo toda la información/datos relacionados a cada uno de ellos está deslocalizada, o sea, que no está estampada (grabada) en el propio tag, sino que reside en los diversos sistemas de información de cada uno de los agentes que se ven involucrados en una transacción comercial, es decir, en la venta o pago del producto. Esta herramienta tecnológica con finalidad de identificar un producto es una aplicación de la cadena de suministro que permite maximizar la tecnología RFID para proporcionar un nivel de visibilidad en el proceso de seguimiento del producto que antes no se podía alcanzar. Ver figura 21.

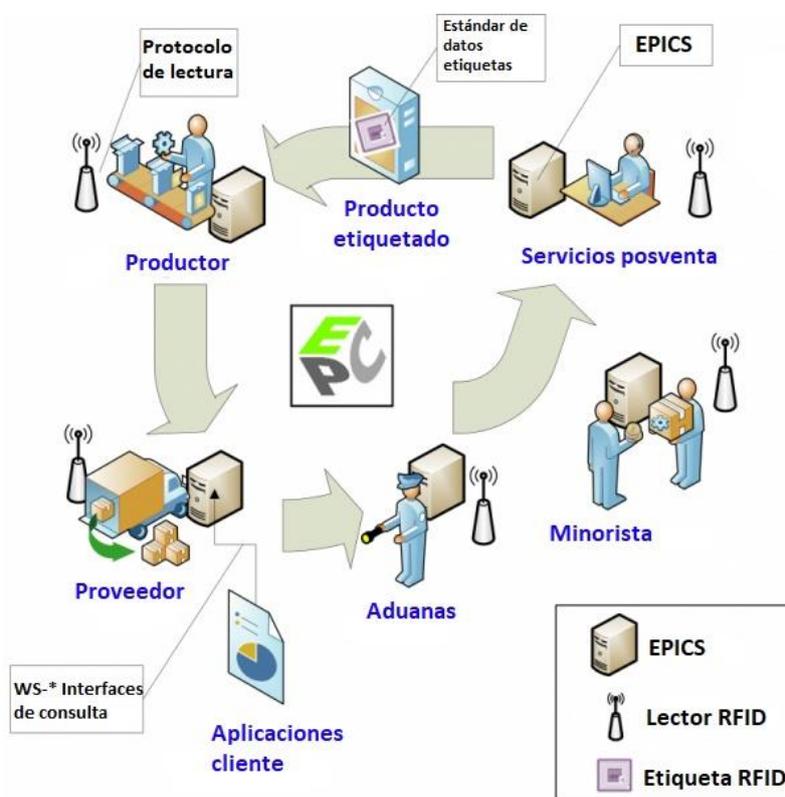


Figura 21. Funcionabilidad del sistema EPC para la identificación de producto.

4.6.1.6 Sistemas de captura de datos

Ese tipo de herramienta tecnológica de captura de datos e información que debe comprender un sistema de trazabilidad para su adecuado funcionamiento. Los mismos utilizados con la finalidad de captar datos en un tiempo o momento dado de la cadena de suministro, asimismo conocer información concerniente al producto a seguir de forma acumulada, es decir, desde las materias primas suministradas para su posterior elaboración, datos en todo el proceso de producción y por último datos en la gestión de almacenes y distribución.

Por tanto, será pertinente la inclusión de herramientas y equipos capaz de realizar tales tareas, es decir, captar toda la información relevante relacionada a cada producto a rastrear, en este caso antenas RFID, lectores de código de barras, sensores de temperatura y humedad y otros.

En ese mismo orden (Thakur & Donnelly, 2010), establecen argumentos asociados a la utilización de este tipo de sistemas para captar datos luego de ser identificado el producto, en sus trabajos de investigación orientado al diseño de un sistema de trazabilidad en la cadena de valor para producto agrícola (soya), los mismos señalan que estos sistemas tienen la finalidad de capturar y/o recuperar la información de trazabilidad cuando se requiera y dicha información debe estar asociada con una identificación única.

La utilización de esta tecnología trae consigo un mayor soporte al sistema de trazabilidad, facilitando a los actores que integran la cadena de suministro poder añadir datos sobre la mercancía o producto, o sea, utilizar tales datos para ir añadiendo información con el propósito de ir construyendo la traza del producto a manipular, además de poder efectuar operaciones o tareas eficaces en tiempo real sobre determinado producto que así lo requieran.

4.6.1.7 Sistemas de comunicación

Todas las empresas participantes en la cadena de suministros son responsables y a su vez tiene la obligación de transferir la correcta información a los actores o agentes involucrados en la cadena, y deben asegurar el mantenimiento de sistemas fiables de registros en base a los datos en orden a obtener la trazabilidad sobre el producto a seguir. Es bien señalar que la solución idónea en cuanto a la trazabilidad de un producto es el *EDI (Electronic Data Interchange)* o sistema de intercambio electrónico de datos el cual permite transmitir de forma rápida y eficaz (fiable), la información necesaria concerniente a las características de los productos. Su utilización hoy en día supone un tipo de subsistema o elemento crítico para las empresas ya que en él se realizan día a día los procesos de pedidos, facturas, etc., exigiendo con esto un tipo de sistema de comunicación altamente fiable y eficiente.

Para [Thakur & Donnelly \(2010\)](#), abordan este tipo de sistema como un conjunto de normas para estructurar la información que se va a intercambiar electrónicamente entre y dentro de las organizaciones empresariales y otros grupos. Dicha herramienta es imprescindible para conseguir en las empresas una eficiencia por medio de la comunicación rápida y sin permitir errores de los datos en las operaciones o transacciones comerciales. Ver figura 22.



Figura 22. Funcionabilidad del EDI para el intercambio de información.

4.6.1.8 Uso de la IoT en los sistemas de trazabilidad en una cadena de suministro.

Esta infraestructura tecnológica o más bien la red de objetos interconectados, también Internet de las Cosas (IoT), permite la trazabilidad completa, es decir, de principio a fin durante todo el proceso de seguimiento soportado a su vez por las TIC (tecnología de la información y la comunicación), sin uso de interlocutores para el intercambio. Esta potente herramienta tecnológica requiere de una configuración que impone intercambiar informaciones sobre el producto a lo largo del proceso de seguimiento del mismo.

La trazabilidad admite, pues, un flujo de información (datos) en paralelo al flujo físico (producto). Cada asociado (sistemas RFID, EPC, EDI, etc.) gestiona sus datos según los productos recibidos o expedidos, y los que enriquece de acuerdo con las operaciones que él mismo realiza. Este torrente de datos describe de manera secuencial, es decir, en cadena las acciones realizadas, y consigo fundamenta la trazabilidad. En ese mismo orden, un actor “aguas arriba” (en dirección al actor implicado) presente en la cadena está imposibilitado en el contexto de conocer la finalización de las operaciones continuas realizadas sobre los productos que ha suministrado (trazabilidad hacia atrás). En el caso del actor “aguas abajo” (a partir del actor implicado), no sabe más que su propia etapa y por tanto el origen de los productos recibidos que ha utilizado (trazabilidad hacia adelante).

Dada esta problemática el uso de Internet de las Cosas tiene como finalidad resolver estas eventualidades que surgen durante el proceso de trazabilidad en las diferentes direcciones y con los actores involucrados en ella. Combina una identificación de los productos o entidades con el establecimiento de base de datos comunes que son actualizadas de manera permanente dependiendo de las acciones que marquen el historial del producto a seguir o rastrear. En ese contexto, tales datos sobre el producto a seguir se reparten en distintos puntos de información acorde al historial del producto, para ello el uso de algunos servidores (EPC, WSN, etc.) centrales tienen la tarea de redirigir al usuario hacia el servidor responsable, es decir, que haya declarado tener gestión de los datos de esa clase de producto, aprovechando con esto refinar tal respuesta en base al producto mostrando qué servidor posee esa información más reciente del producto rastreado.

A través de esta herramienta tecnológica, el personal puede consultar sin problema alguno el producto a recibir sobre las bases de datos integra el sistema de trazabilidad, es decir, saber el conjunto de informaciones propias de ese producto (origen, procesamiento, historial, detallado, etc.) para con esto poder adjuntar a esa base las informaciones relacionadas a las acciones de las que él sea responsable, de manera continua a lo largo de toda la cadena. Esto permite que el sistema de trazabilidad englobe toda la cadena de suministro durante el proceso de seguimiento del producto desde su punto origen hasta el destino final, siendo esta más inmediata, completa y detallada de todo el producto mediante la consulta de la base de datos. Ver figura 23.

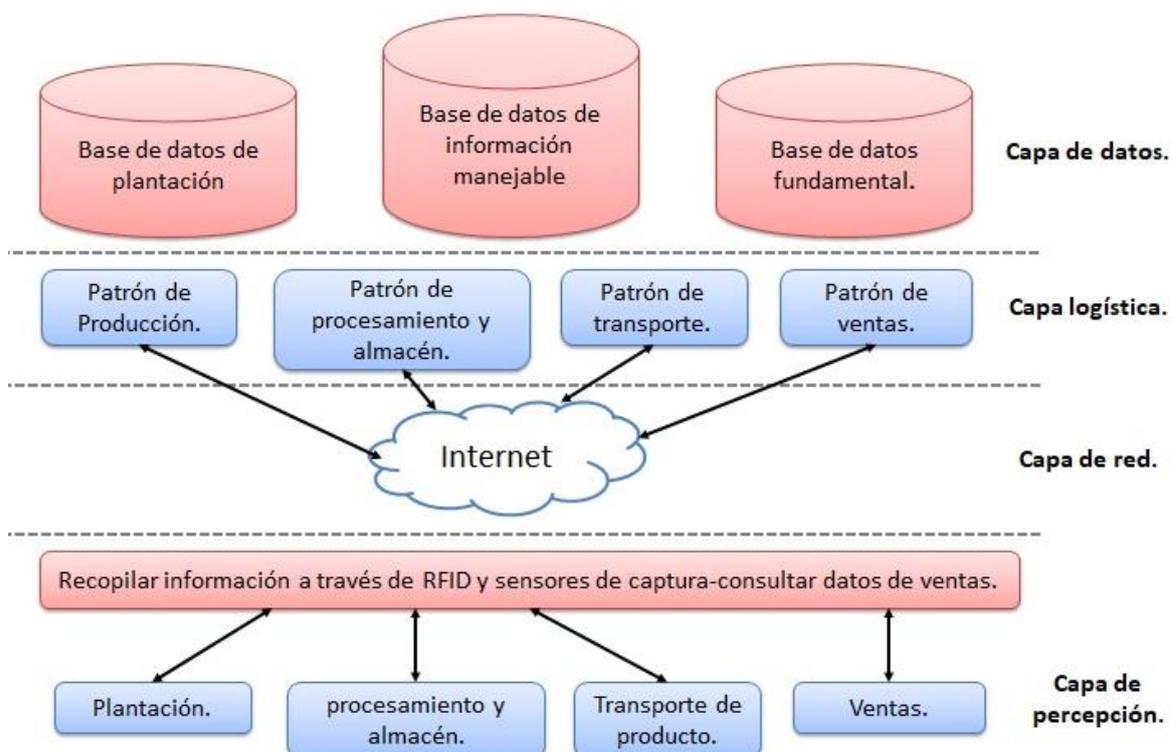


Figura 23. Estructura de un sistema de trazabilidad agrícola a través de IoT.

4.7 ¿Cómo deberían ser los sistemas de trazabilidad en un contexto de Cadena de Suministro?

Sin duda la trazabilidad hoy en día es catalogada como uno de los pilares más importantes en el aspecto de la gestión de producto en la cadena de suministro, en donde uno de los objetivos primordiales de esta infraestructura tecnológica, es garantizar la calidad y seguridad del producto, así como la salud y bienestar del consumidor, todo esto partiendo con el cumplimiento de las legislaciones y normativas en el contexto de su implementación en la cadena de valor.

De acuerdo con (Thakur & Hurburgh, 2009), en sus trabajo investigativos enfocado al uso de sistema de trazabilidad en una cadena de suministro de orientación agroalimentaria, expone que la trazabilidad efectiva de la cadena de suministro sólo puede lograrse con una combinación de trazabilidad interna y trazabilidad de la cadena, en cual cada actor en la cadena de suministro no sólo debe saber quién es su proveedor, sino también a quién se venden las unidades comerciales, es decir, los distintos eslabones deben estar involucrados en proceso de seguimiento del producto, así como de estar interconectados en aspecto de comunicación, en cuanto al flujo de información durante la trazabilidad del producto a lo largo de la cadena de valor.

En el contexto de una cadena de suministro, donde se ven involucrados una serie de actores y de pasos para la preparación y distribución de un producto para su venta, esto basándose en el seguimiento de esa unidad logística, pasando por distintas fases productivas en dicha cadena de valor hasta el consumidor final, es decir, todo esto es logrado y a su vez soportado a través de un sistema que cumpla con estas tareas y operaciones, dígame, un sistema de trazabilidad. Por tanto, el mismo deberá funcionar de manera totalitaria o global, y a su vez estar interconectada de manera eficiente en lo concerniente a toda la cadena de suministros, la misma apoyada de herramientas tecnológicas para su gestión efectiva.

Por su parte, esta potente herramienta tecnológica presenta ciertas debilidades que pueden convertirse en una posible amenaza para su implementación en la cadena de suministro para cualquier sector productivo y es la utilización de herramientas manuales para dar apoyo a este sistema, provocando esto no poder satisfacer la cantidad de información/datos que demanda este sistema de rastreo que sobre la misma solicitan los clientes, dado a una débil captura, obtención y registro de tales informaciones, haciendo esto que el sistema se quede obsoleto. Según lo estipulado por (Opara, 2003) en su investigación asociada al contexto de trazabilidad en la cadena de suministro agrícola en un futuro, el mismo hace énfasis o señala que para implementar cadenas de suministro agrícola rastreables se requieren innovaciones tecnológicas para la identificación de productos, la caracterización de procesos y ambientales, la captura, análisis, almacenamiento y transformación de la información, así como la integración general del sistema.

Mencionado esto, debe contar con un sistema de trazabilidad automatizado y codificado, dado a que presenta la fiabilidad de poseer un sistema con errores nulos, en cuanto a registros y manejo del flujo de información, además de también cumplir con requerimientos claves en aspecto de distribución del producto facilitando el intercambio de información/datos y con esto lograr optimizar/mejorar los servicios exigidos por el cliente en cuanto a la conformidad y satisfacción del mismo, aunque todo esto requiere de una inversión considerable para su implementación, la empresa tiene la garantía plena que los beneficios que este tipo de sistema propone será mucho mayor que su coste.

4.8 ¿Cómo deberían ser los sistemas de trazabilidad en un contexto de CdS agroalimentaria?

El sector agrícola ha experimentado grandes cambios en los últimos tiempos, donde se han desarrollado nuevas prácticas agrícolas, así como nuevas metodologías de manipulación y procesos para poder satisfacer la progresiva demanda de los consumidores de un suministro fiable y consistentemente seguro de distintos productos agrícolas, haciendo hincapié en la seguridad, la alta calidad y la sostenibilidad de tales productos alimenticios.

De todo el estudio que se ha hecho en cuanto a su sistema de trazabilidad para una cadena en el sector agrícola, tomado como base el sector hortofrutícola (frutas y hortalizas), el cual ha mostrado un gran auge en la implementación este sistema productos alimenticios que se cultivan, permitiendo con esto que este pueda realizar sus operaciones en materia de alimentos inocuos, es decir, para su consumo. Para una mayor competitividad y permanencia de este sector en un mercado tan exigente en materia de calidad y seguridad, se propone un sistema de trazabilidad el cual deberá cumplir con estas exigencias.

-Este sector debe contar con socios tecnológicos que les faciliten la incorporación de herramientas tecnológicas, la cual permita la implantación de sistemas de informatización, registros y transmisión de datos de manera automatizada que por su fiabilidad y rapidez han de mantener los niveles de competitividad en dicho sector en este mercado tan exigente en aspecto de calidad y seguridad alimentaria, los mismos puedan ser compatibles en los procesos de producción y transformación de la materia prima (frutas y hortalizas) para su posterior recolección y registro de esos datos en dicho sistema de trazabilidad

-Por tanto, *el concepto de automaticidad* cada vez más juega un papel relevante en empresas o industrias de este sector, dado a su elevado nivel de producción y/o complejidad, es decir, un gran número de parcelas destinada para la plantación de frutas y hortalizas, así como de socios, el aspecto de nivel de producción crea consigo múltiples paradas de líneas de producción en el cual un sistema de trazabilidad no automático demanda para evitar así la mezcla de productos procedentes de diferentes orígenes, es poco rentable.

Para ello se dispone de sistemas o equipos automatizados, tales como sensores de temperatura/humedad durante la siembra o plantación de los cultivos, colocación de sistema de transmisión de datos por radiofrecuencia o RFID en las diversas etapas que atraviesa el producto agrícola desde su cosecha, procesamiento, almacenaje y distribución, así como impresoras de etiquetas de códigos de barras, lectores láser de códigos de barras, entre otros. Asimismo, la inclusión de software o programas informáticos orientados a la trazabilidad tanto para la gestión de la base de datos de campo como de almacén.

En ese mismo contexto, en el caso de los proveedores y la recepción de materias primas debe hacer mejoras de herramientas de apoyo al sistema en cuanto al registro de esa unidad logística, dado a que la mayoría de las industrias agroalimentarias (sector agrícola), en este caso la de frutas y hortalizas (sector hortofrutícolas), las cuales la mayoría de esta cadena agroalimentaria aún cuenta con sistemas manuales para el registro y recolección de información sobre el producto a abastecer y por su parte muchos proveedores carecen de herramientas de trazabilidad que mejoren la eficiencia de registro de esas materias primas e intercambio de información entre los actores involucrados en la cadena de abastecimiento (en este caso proveedores y compras).

Dada esta situación considera como ventaja competitiva el uso de sistemas automatizados en registro de información sobre el alimento que ingresa a la empresa por parte del proveedor, todo esto basado en datos a tiempo real o puntuales con registros exactos. El uso de un sistema de trazabilidad automatizado en el área de recepción de materias primas ayuda a la empresa de este sector, a manejar de forma eficaz y efectiva las posibles alertas alimentarias, es decir, con esto poder eliminar los riesgos y peligro que dichos suministros puedan presentar, proporcionando así mayor valor agregado a los productos a elaborar y con esto crear confianza por parte del consumidor en términos de calidad.

-En el caso del minorista, actor que integra la cadena de suministro y penúltimo eslabón, para la venta del producto, ***debe poseer sistemas tecnológicos que soporten la trazabilidad*** una vez el producto está apto para ser vendido, dígame, en el que el consumidor pueda comprobar y verificar las condiciones del producto agrícola en términos de calidad, completando información en ordenadores que el mismo deberá disponer (tienda) en base al producto a comprar y si cumple o no con los criterios de calidad aceptado por el mismo consumidor, esto permite la toma de decisión de comprar o rechazar el producto, lo que provoca que la empresa sea más rígida en el ámbito de aseguramiento de la calidad del producto agrícola a lo largo de sus movimientos en toda la cadena de suministro en este sector, esto si el producto es rechazado.

-Este sistema demanda una fuerte organización interna por parte de la empresa y a su vez personal capacitado para el manejo de este sistema, además de una labor de diseño previa para poder compatibilizar los nuevos sistemas de hardware y software de trazabilidad a los sistemas de gestión internos de la empresa al momento de su implantación, dado esto y al gran flujo de mercancías como de información que se mueve a lo largo de esta cadena agroalimentaria, **la misma debe realizar outsourcing o contratación de empresas externas** que permita la implementación de este sistema de rastreo y su adaptación en el aspecto de funcionabilidad de la empresa. Por su parte, la cadena agroalimentaria del sector hortofrutícola debe establecer un sistema de información basado en los mercados de comercialización de tal alimento, el cual permita conocer el estado y evolución de este sector y que con esto posibilite la toma de decisiones adecuadas en todos los ámbitos concernientes a la calidad y seguridad alimentaria.

-**Desarrollar una plataforma informática** para el seguimiento de la trazabilidad integral que puedan ser accesible a Internet, a través de con usuarios autorizados en el del sector hortofrutícola, desde la producción agrícola hasta la distribución al consumidor final. Esto supone mayor fiabilidad para la empresa y el cliente en el contexto de seguridad alimentaria, permitiéndole un acceso rápido y efectivo en cuanto a información completa sobre el producto desde su plantación, transformación, distribución, calidad, etc. lo que hace algo imprescindible este tipo de plataforma para un sistema de trazabilidad integral. Este tipo de herramienta tecnológica no son muy utilizadas, ya que muchas industrias del sector carecen todavía de la base informática de esta índole. Ver figura 24.



Figura 24. Ejemplificación de una plataforma informática en el sector hortofrutícolas.

5 Diseño de un sistema de trazabilidad de la CdS en el sector agrícola

De todo el estudio que se ha realizado respecto a la caracterización de un sistema de trazabilidad de producto para la cadena de suministro agroalimentaria, se ha de proponer el diseño de sistema de trazabilidad para dicha cadena y su funcionamiento efectivo respecto al seguimiento del producto agrícola.

Como propuesta de diseño se establece un tipo de sistema de información, dígase una aplicación web en el cual en términos de trazabilidad desempeñe un papel o rol esencial en dicho sistema de seguimiento/rastreo. Donde se permita la recogida y registro de los datos asociados sobre el producto a manipular, y por consiguiente su utilización facilite conocer a través de la consulta oportuna por parte del usuario las informaciones relacionadas al producto, de manera sencilla, rápida y fiable. El diseño de este tipo de aplicación tiene como propósito sustentar o más bien representar un tipo de soporte en aspectos de gestión de la información para el sistema de trazabilidad en una cadena de suministro agroalimentaria, debido a que esta se fundamenta en estos sistemas informáticos.

El diseño de esta propuesta surge a raíz de lo anteriormente abordado en el desarrollo de esta revisión o trabajo investigativo respecto a un sistema de trazabilidad en una cadena de suministro agroalimentaria, contemplada en aspectos de funcionalidad, características, requisitos, entre otras más peculiaridades que debe poseer esta infraestructura tecnológica y que a su vez dicha aplicación pueda ser de gran utilidad de acuerdo con los datos informaciones que se quiera consultar. Donde dicho diseño a proponer asegure el registro de las identificaciones del producto para su posterior explotación en base a las informaciones recogidas, ya que un sistema de trazabilidad debe de estar soportado por este tipo de tecnología informática (tecnología web), a través de la misma se consigue aportes y ventajas significativas de acuerdo con el papel que un sistema de información proporciona en el contexto de manejo y control de datos, tales como;

- Compilar o recopilar de manera coherente, y posteriormente almacenar de forma organizada las múltiples/diversas informaciones sobre el producto (desde su origen hasta el consumidor).
- Estructurar los datos/informaciones recopiladas y permita su explotación.
- Crear o generar vínculos eficaces entre todas las operaciones (flujos de procesos) realizadas en la cadena de suministro sobre el producto a manipular.

De acuerdo con esto, el diseño de dicha aplicación web pretende ser una herramienta, en el cuál ofrezca información básica y utilizable, teniendo en cuenta que es preferible unas pocas informaciones fiables que mucha información inutilizable.

5.1 Aplicación web

Saber que una cadena de suministro agroalimentaria rastreable en su correcto funcionamiento debe de estar altamente soportada por herramientas tecnológicas y a su vez software orientados al seguimiento de un producto desde su punto de origen hasta el consumidor final.

En el presente documento se propondrá un aplicativo que servirá como una herramienta para medir la trazabilidad de diversos productos, por medio de aspectos identificativos como; *lotes* (producto, número de parcela, fecha de cosecha, etc.), *flujos* del producto en distintos procesos, tomando en cuenta algunos factores importantes como la *humedad* y la *temperatura* que tendrá el lote durante los diferentes procesos que comprenda cada flujo agregado por el usuario, además una *línea de seguimiento* del producto a lo largo de cada proceso.

Este aplicativo consiste en una aplicación web, desarrollada con los últimos estándares de las tecnologías webs tales como:

- HTML5.
- CSS3.
- JavaScript.

También se utilizó la técnica de “Responsive Design” o “Diseño Responsivo”, esta técnica de diseño web se enfoca en el paradigma “Mobile First” o “Primero Móvil” el cual se caracteriza por ser diseñado tanto para dispositivos móviles y tablets, como para las computadoras personales, ajustando la interfaz gráfica de la aplicación al dispositivo que la utiliza. La lógica de la aplicación de trazabilidad fue realizada con las tecnologías de desarrollo de software brindadas por Microsoft en su plataforma .NET y utilizando el lenguaje de programación C# (c Sharp).

Como motor de base de datos, fue utilizado Microsoft SQL server, este potente motor es el encargado de gestionar los datos que el aplicativo utilizará. También el mismo servirá como un medio para proveer al aplicativo los datos obtenidos por los distintos usuarios de una forma muy óptima. La finalidad es diseñar una *aplicación web* destinada a ofrecer información/datos correspondientes a la trazabilidad, de productos agrícolas (frutas). En la misma se podrán realizar consultas básicas que permitan la obtención de datos directamente relacionados con el seguimiento/rastreo de dichos productos, en el cual pueda el usuario recurrirse en dicha aplicación de consulta para obtener información concerniente a la trazabilidad de productos desde su cosecha (producción) hasta su distribución. Su funcionalidad y manejo se describe a continuación.

Respecto a la funcionabilidad de la aplicación como una herramienta informática para el soporte de sistema de trazabilidad en una cadena de suministro alimentaria, donde los datos relevantes que alimentará dicho sistema trazable deben de responder a preguntas básicas que proporcionen información notable como: ¿Qué es? (identificación del producto a trazar), ¿Quién la utiliza? (las autoridades competentes de la empresa y el cliente de la misma), ¿cuándo sucedió? (fecha y hora del momento en el que sucede un evento trazable), ¿Qué pasó? (descripción del tipo de evento o parte del proceso que se involucra).

Respondidas estas preguntas, se puede decir que las principales funcionabilidades de esta herramienta son dividida en dos fases; captura de datos (registrar y almacenar información) y obtención de datos (extraer información), dando así una visión general de como la aplicación web interactúa.

En la *fase de captura de datos*, el usuario registra toda la información concerniente al producto, es decir, las informaciones de los campos que compone la aplicación una vez este termina de completar y registrar dichos datos requeridos, se procede a la captura de información para su posterior consulta y extracción de información.

Una vez concluida esta fase, se procede la *obtención de datos* proveniente de las informaciones suministradas por el usuario del registro de la misma en las opciones que compone la aplicación web asociada al producto a manipular, donde las mismas son extraídas o recuperadas para su consulta por parte de las autoridades competentes de la empresa y a su vez por el cliente de la misma. A continuación, se procede a detallar cómo se maneja dicha propuesta de diseño

Al iniciar el aplicativo propuesto de «Sistema de trazabilidad», el mismo muestra una pantalla de bienvenida.

En la figura 25 muestra el menú principal de la aplicación web propuesta, en donde vemos las siguientes opciones: inicio, lotes y flujos. Estas opciones básicas que conforma dicha herramienta informática relacionada al seguimiento/rastreo de un producto agroalimentario, permite un fácil manejo por parte del usuario respecto a la consulta y gestión de información elemental que proporciona la misma en aspecto de identificación de productos de este tipo a manipular.

La opción de «Inicio», nos lleva directo a la página principal del aplicativo (la página donde nos encontramos). En esta página podemos ver un resumen de la cantidad total de lotes creados, el total de flujos creados en la aplicación y la cantidad total de procesos que están en la aplicación.

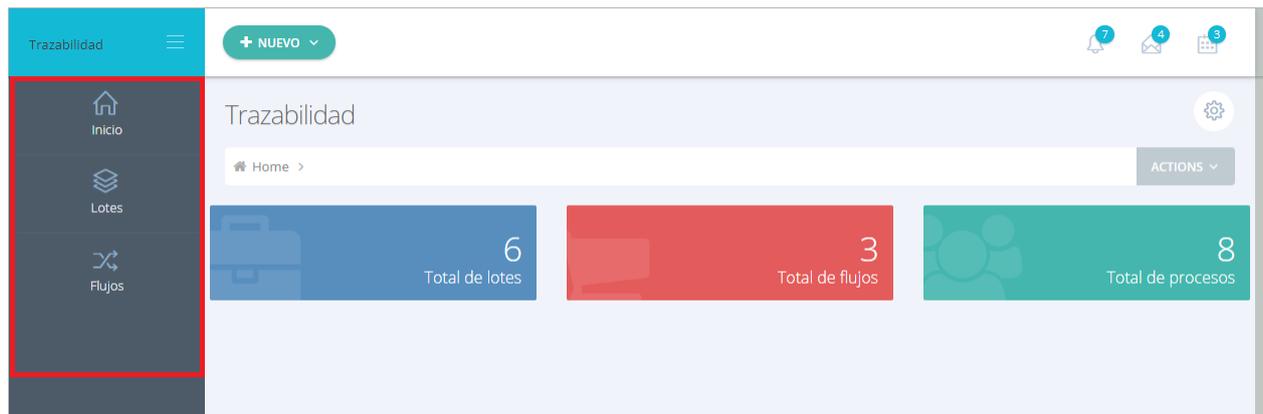


Figura 25. Propuesta de diseño sistema de trazabilidad agrícola, opción de «Inicio».

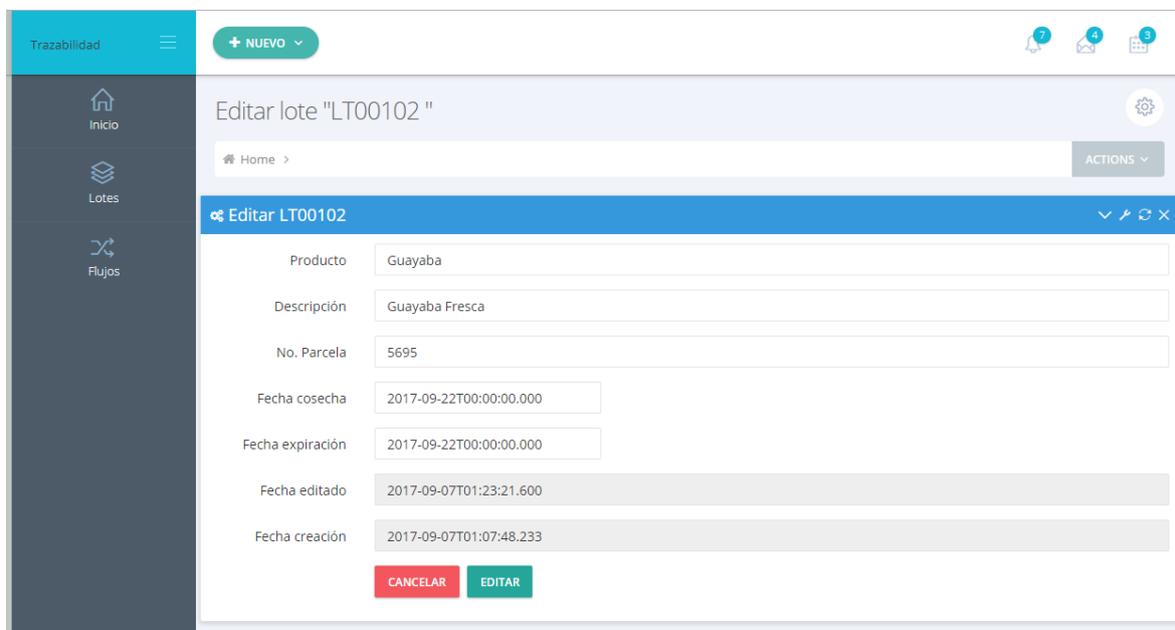
La sección de «lotes» nos lleva a nueva ventana donde aparece una tabla con todos los lotes de productos que contiene nuestra aplicación web, acompañada de múltiples variables o atributos relacionada al producto agroalimentario para su identificación antes de ser enviado a la industria agroalimentaria para su procesado.

En dicha tabla se detalla aspecto relacionados a la caracterización del producto a rastrear, tales como; producto, número de parcela, fecha de cosecha, fecha de expiración, fecha de creación, proporcionando así datos concretos correspondientes al proceso de cosecha del producto antes de ser enviado (suministrado) a la empresa para su procesamiento y posterior distribución. Ver Figura 26.

Codigo lote	Producto	No. Parcela	Fecha cosecha	Fecha expiración	Fecha creación	
LT00102	Guayaba	5695	9/22/2017 12:00:00 AM	9/22/2017 12:00:00 AM	9/7/2017 1:07:48 AM	
LT00103	Mango	32	9/21/2017 12:00:00 AM	9/30/2017 12:00:00 AM	9/7/2017 2:18:29 AM	
LTG002	fresa	33	9/11/2017 12:00:00 AM	9/29/2017 12:00:00 AM	9/7/2017 6:10:43 PM	
PR0012	Pera	23	9/7/2017 12:00:00 AM	9/30/2017 12:00:00 AM	9/7/2017 7:25:56 PM	
CACAO003	Cacao	23	9/20/2017 12:00:00 AM	9/30/2017 12:00:00 AM	9/8/2017 8:12:02 PM	
MN001	Manzanas	45	9/14/2017 12:00:00 AM	10/5/2017 12:00:00 AM	9/9/2017 9:47:42 PM	

Figura 26. Propuesta de diseño sistema de trazabilidad agrícola, opción de «Lotes».

La figura 27 se observa que, para cada uno de los lotes creados en la aplicación, existe un botón para editar un lote y otro botón para eliminar el mismo. Al presionar el botón de editar el sistema nos re direccionara hacia una página de edición como la siguiente:



Trazabilidad

+ NUEVO

Inicio

Lotes

Flujos

Editar lote "LT00102"

Home >

ACTIONS

Editar LT00102

Producto	Guayaba
Descripción	Guayaba Fresca
No. Parcela	5695
Fecha cosecha	2017-09-22T00:00:00.000
Fecha expiración	2017-09-22T00:00:00.000
Fecha editado	2017-09-07T01:23:21.600
Fecha creación	2017-09-07T01:07:48.233

CANCELAR EDITAR

Figura 27. Propuesta de diseño sistema de trazabilidad agrícola, opción de «editar lotes».

Editamos los campos que se deseen cambiar y presionamos el botón “Editar”. Si presionamos el botón de Eliminar (rojo), el sistema nos llevara hacia una página donde el sistema nos preguntara si deseamos eliminar el lote seleccionado. Si estamos seguros de que deseamos eliminar el lote presionamos el botón “Eliminar”, sino presionamos “Cancelar”. Ver figura 28.



Trazabilidad

+ NUEVO

Inicio

Lotes

Flujos

Eliminar Lote 'LT00102'

Home >

ACTIONS

Estas seguro que quieres eliminar este lote?

Codigo lote	LT00102
Producto	Guayaba
Descripción	Guayaba Fresca
No. Parcela	5695
Fecha cosecha	9/22/2017 12:00:00 AM
Fecha expiración	9/22/2017 12:00:00 AM
Fecha creación	9/7/2017 1:07:48 AM
Fecha editado	9/7/2017 1:23:21 AM

CANCELAR ELIMINAR

Figura 28. Propuesta de diseño sistema de trazabilidad agrícola, opción de «eliminar lotes».

Como se puede observar en la sección de «flujos» podemos ver una tabla con todos los flujos creados hasta el momento, podemos en la misma indicar los flujos de procesos por la que estará atravesando el producto agroalimentario a razón de permitir y facilitar información asociada a su movimiento, en tal caso se toma en consideración las siguientes variables; nombre (flujo proceso), descripción, cantidad de procesos, número de lote. Estas variables permiten una obtención pertinente de información en cuanto a los datos vinculados al flujo del producto, para a un registro oportuno y eficiente de tal información. Ver figura 29.

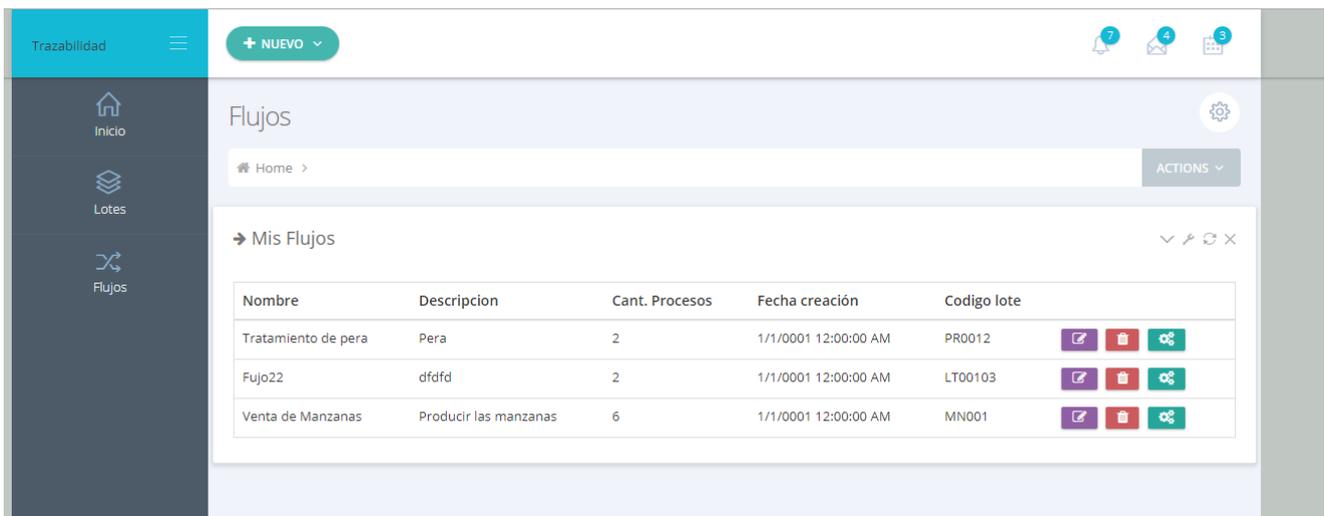


Figura 29. Propuesta de diseño sistema de trazabilidad agrícola, opción de «flujos».

Para cada uno de los flujos creados en la aplicación, contiene un botón para editarlo, uno para eliminarlo y el otro para ver el detalle de los procesos del mismo. Al presionar el botón de editar el sistema nos re direccionara hacia una página de edición del flujo, tal como muestra la figura 30.

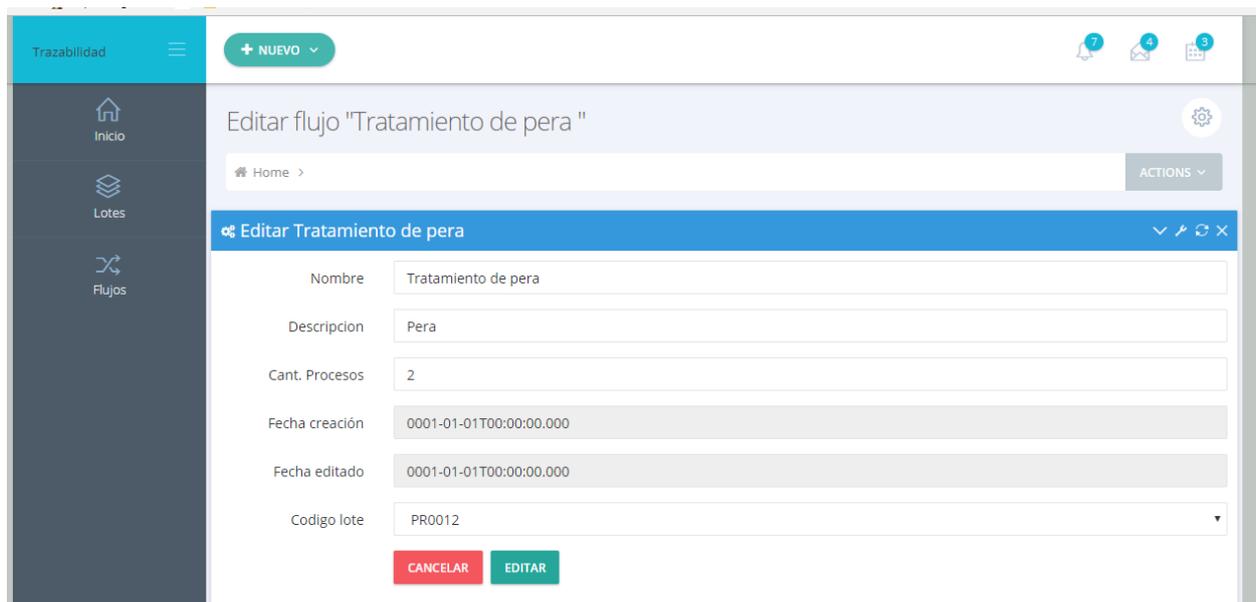


Figura 30. Propuesta de diseño sistema de trazabilidad agrícola, opción de «editar flujo».

Editamos los campos que se deseen cambiar y presionamos el botón “Editar”, de lo contrario presionamos “Cancelar” para volver atrás. Si presionamos el botón de Eliminar (rojo), el sistema nos llevara hacia una página donde el sistema nos preguntara si deseamos eliminar el flujo seleccionado. Si estamos seguros de que deseamos eliminar el flujo presionamos el botón “Eliminar”, sino presionamos “Cancelar” y el sistema nos enviará a la página anterior. Ver figura 31.

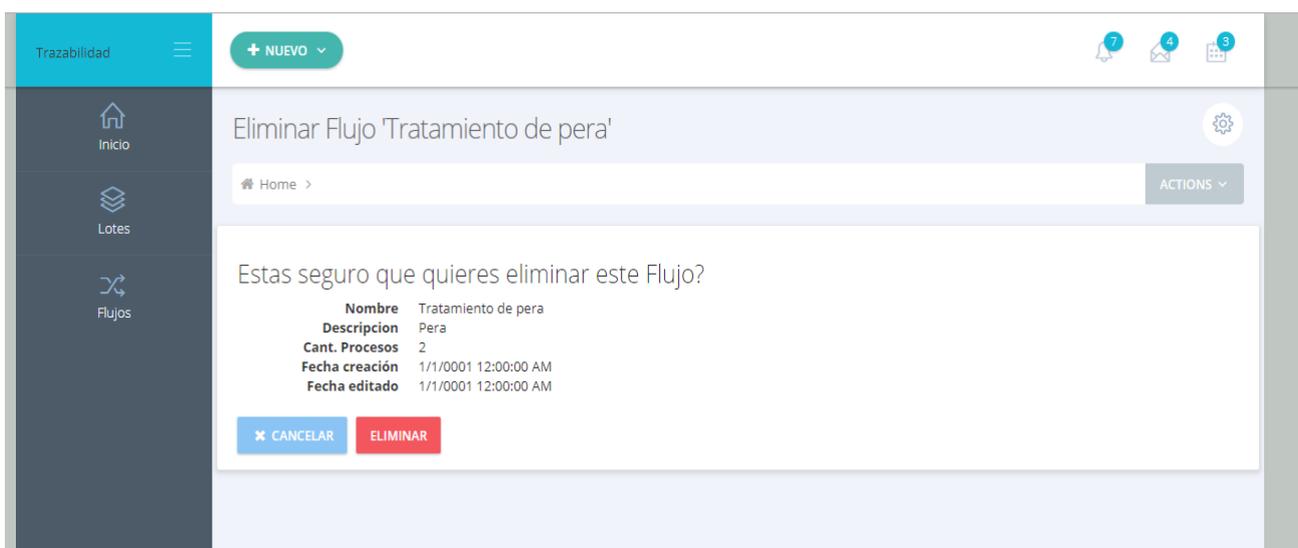


Figura 31. Propuesta de diseño sistema de trazabilidad agrícola, opción de «eliminar flujo».

Si volvemos a la tabla de flujos y presionamos el botón de procesos (verde), el sistema nos enviará a una página con un detalle de los pasos del proceso. Para tal aplicación, se puede observar en la presente gráfica el comportamiento del producto agrícola a través de todos los flujos procesos por lo que atraviesa, respecto a los parámetros medición de este tipo de producto (frutas), es decir, temperatura y humedad. En la gráfica la humedad está representada por el color azul y la temperatura está representada por el color rojo. Ver figura 32.

Ambos muy importantes para saber y determinar la condición del mismo en todos los flujos de procesos, con esta gráfica el usuario puede concebir fácilmente el patrón de los datos arrojados en base a la temperatura y humedad para la cadena de suministro agroalimentaria aguas arriba, es decir, trazabilidad del producto que entra a la empresa y sus respectivos proveedores, analizando con esto si el mismo está en buenas condiciones o no.

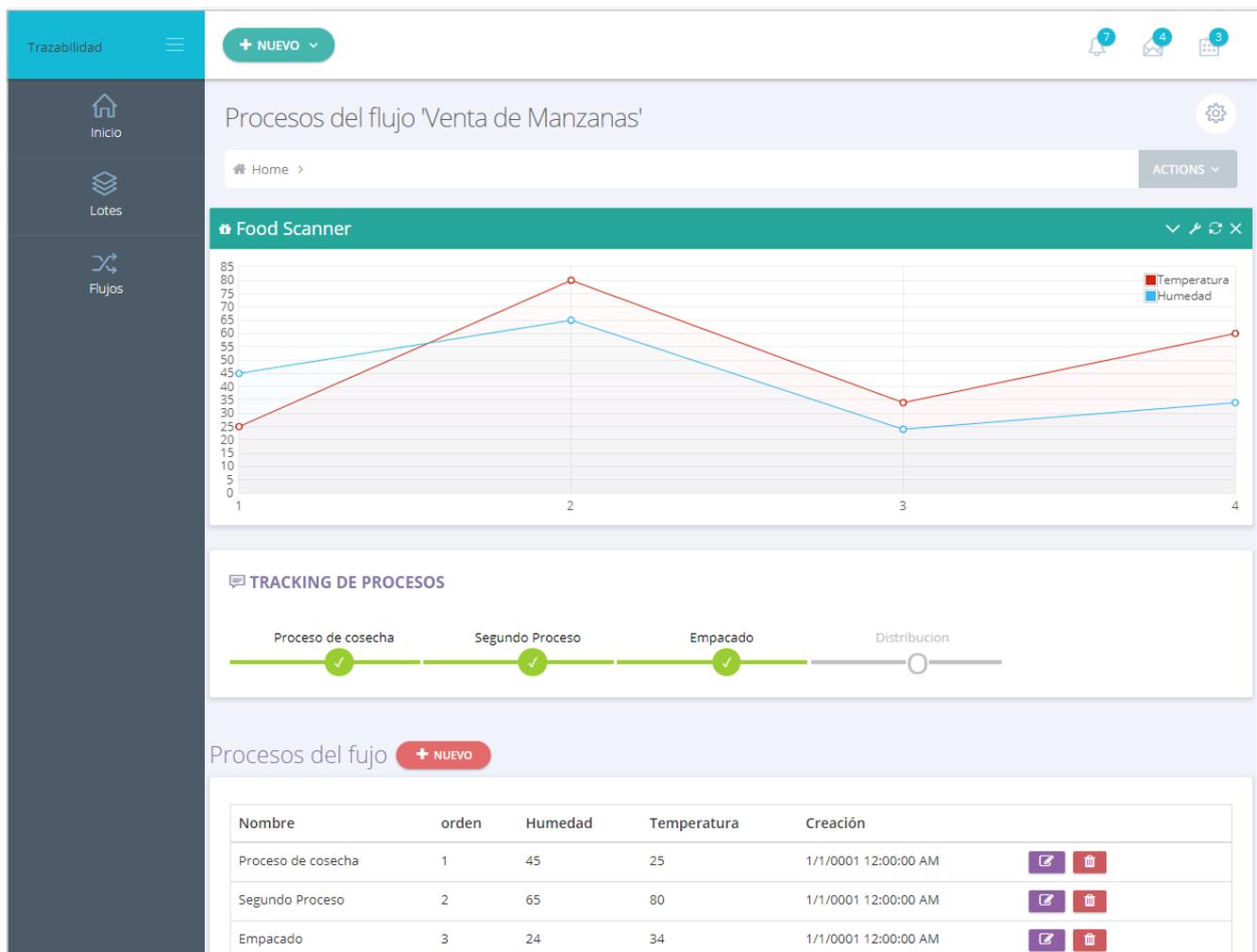


Figura 32. Flujo de proceso del producto, parámetros de temperatura/humedad y línea de tracking.

Más abajo, podemos ver un tracking de los procesos, donde podemos ver los procesos que están completados (color verde) y los que quedan por completar, es decir, cada flujo de proceso que se agrega se adiciona a la línea de tracking de forma automática. Más abajo, podemos observar una tabla que contiene todos los procesos del flujo. Todos los procesos de la tabla contienen sus respectivas acciones de edición y eliminación de cada proceso.

Cabe señalar que la propuesta para un sistema trazabilidad fue basado en una estructura sencilla en lo que respecta a la gestión y control de información/datos que están vinculadas a la trazabilidad del producto agrícola, es decir, no se procura diseñar una aplicación (propuesta de diseño) que registre (controle) los flujos y/o procesos necesarios que intervienen o que se han de realizar para obtener la trazabilidad total de los productos, ni que en la misma estén comprendido todos los registros indispensables (necesarios) con un nivel de detalle excesivo, sino solamente una herramienta informática en donde se pueda consultar de forma oportuna, la cual pueda recurrirse para conseguir u obtener información concerniente a la trazabilidad de productos (frutas) desde su cosecha hasta su distribución.

5.2 Escenario de un sistema de trazabilidad agrícola puesto en marcha

Este se realizó tomando en cuenta las distintas aportaciones e ideas que proporcionaron los diversos artículos relacionados al tema, los cuales fueron analizados haciendo a su vez inclusión del Internet de las Cosas (IoT) en la trazabilidad junto con sistemas que dan soportes a dicha red de objetos (EPICS, ONS y WSN), en donde sensores, aplicaciones de captura y RFID estarán presentes en los productos desde la siembra hasta la entrega al cliente. Ver figura 33.

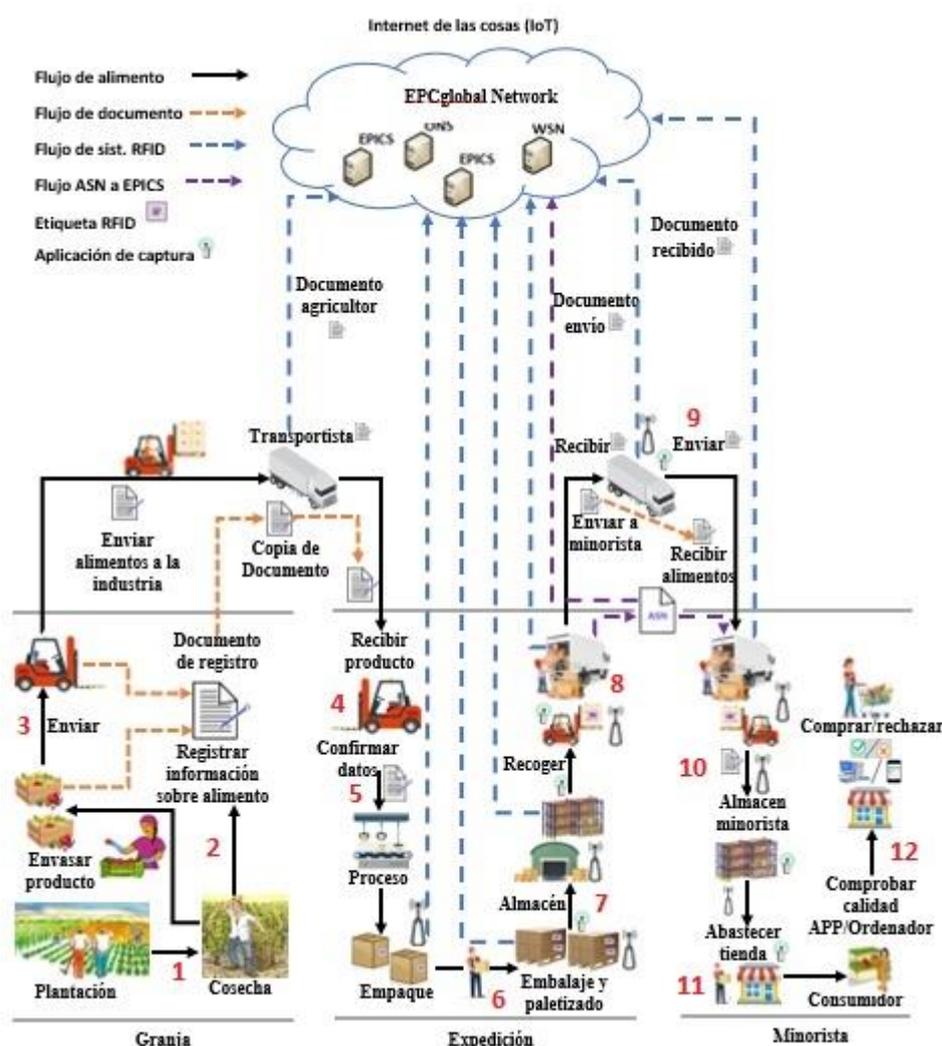


Figura 33. Sistema de trazabilidad agrícola propuesto de forma esquemática a través de IoT.

Cada uno de los actores que integra la cadena de suministro agroalimentaria se registran en la aplicación (APP O PÁGINA WEB), para generar y a su vez verificar información sobre el producto por medio a una aplicación asociada a la trazabilidad de productos. De esta manera, solamente los usuarios responsables o autorizados pueden acceder a consultar tales datos del producto.

- (1) En el proceso de plantación para productos agrícolas, un agricultor realiza la recolección o cosecha del cultivo.

El mismo lo coloca el producto en lo que son batches o lotes llevando consigo una serie de informaciones características del mismo para su posterior documentación, en el cual comprende datos, tales como: número de parcela, nombre del productor, nombre del producto, número de lote (código), cantidad, fecha de cosecha, fecha de expiración o caducidad del producto.

- (2) Una vez colocado dichos productos en los lotes, se registra la información y se documenta tales datos en un documento de registro en papel, con la finalidad de trazar y dar seguimiento a esos productos una vez salga del campo o granja.

- (3) Luego de este proceso el agricultor lo prepara para el embalaje, para previamente hacer envío de la cantidad de demandada de los productos agrícolas en cajas sin etiquetar al centro de distribución con el documento de registro en papel sobre la información de esta mercancía, el cual incluye información del producto como; el nombre del producto, la cosecha, fecha de caducidad del producto, número de lote, cantidad, número de parcela, nombre del agricultor y por último firma del mismo como una prueba de autenticidad para toda la información proporcionada en el documento de registro en papel.

- (4) Por otra parte, el distribuidor recibe el envío del agricultor y verifica la condición del producto agrícola, es decir, en cuanto a calidad y luego verifica esa a información a través del documento de registro en papel. Si la calidad del producto agrícola es satisfactoria, el distribuidor firma documento de registro en papel para con esto confirmar la recepción de tal envío, una vez realizada esa operación tanto el agricultor como el distribuidor intercambia una copia de este documento de registro como prueba de la operación o transacción comercial.

- (5) El distribuidor una vez recibe esos bultos procede a realizar el embalaje nuevamente (reembalar) del producto agrícola luego de ser marcados por medio del RFID. Cuando se realiza la lectura en estos tipos de alimentos mediante un lector de RFID, se origina un evento de objeto que es soportado por EPCIS, el cual genera en ese mismo instante una petición de datos asentada en Pull, es decir, halar esos datos emitidos por sensores, con el fin de recoger y de transmitir información a la aplicación de captura relacionada a la temperatura y humedad del producto. Utilizada la aplicación de captura adiciona estos datos a los puntos del programa de objeto EPCIS.

(6) El distribuidor embala las cajas de alimentos en pallets, con esto se produce el evento de añadidura EPCIS. Estos pallets de alimentos se transportan al área de almacén para su almacenamiento. Luego de ser leído por un lector RFID, en ese instante el evento objeto del pallet se produce y posteriormente se almacena en el EPCIS.

(7) Por su parte, el distribuidor se encarga de enviar el producto al minorista por medio de un transportista. Antes de realizar el envío del producto, el mismo verifica la calidad del producto alimenticio durante su responsabilidad.

De este presentar una condición es satisfactoria en términos de calidad, el distribuidor envía el producto y luego genera el documento de registro de envío con su firma. El distribuidor hace uso del ASN y lo envía, el cual lleva comprendido el número de EPC del producto que recibirá el minorista.

(8) Una vez el transportista recibe el producto o envío por parte del distribuidor, el mismo un genera documento de registro en este caso de recibido, el cual permanece y se almacena en el EPCIS. Los datos concernientes a la temperatura y humedad en el comprendidos en el documento de registro de recibido que posee el transportista se recogen a través de los sensores en la instalación de almacenamiento.

(9) El transportista tiene la tarea de enviar la mercancía depositada en un contenedor al minorista. Luego de su llegada a las instalaciones del minorista, se genera un documento de registro de envío por parte del transportador y el cual es almacenado en el EPCIS. Este documento incluye la firma del transportista, enlazado con todos los documentos de registros generados anteriormente.

(10) En ese mismo orden, el minorista examina las etiquetas RFID anexas a los productos del envío, apoyándose de los números EPC de las mercancías (productos alimenticios) con los números EPC enviados por el distribuidor en la ASN para comprobar que no se añaden productos alimenticios adulterados, y por ende de mala calidad durante su transporte. De estar en condiciones aceptables, el minorista acepta la mercancía, generando así un documento de registro de recibido, para luego ser almacenado en el EPCIS.

(11) Aceptado esos productos alimenticios por parte del minorista, el mismo se encarga de su almacenaje y, a continuación, lo inserta en la tienda al por menor para su venta.

(12) Por último, el consumidor, quién antes de comprar el producto alimenticio en la tienda minorista, realiza una comprobación del mismo en aspecto de calidad sobre el producto para con esto propiciar datos del mismo en cuanto a su condición, por medio de un ordenador de la tienda del minorista o por el teléfono inteligente con un APP del mismo. De estar en condiciones admisible dicha mercancía, el consumidor procede a realizar el proceso de compra del producto.

6 Conclusión

En base a lo realizado en este trabajo concerniente a un sistema de trazabilidad, el mismo apoyado de diversas investigaciones que abordan el tema de forma directa, se llega a las siguientes conclusiones.

¿Que es la trazabilidad?

De acuerdo con las múltiples acepciones o definiciones mencionadas en este trabajo por medio de diversos autores en sus respectivas investigaciones (artículos) directamente vinculadas con este tipo de instrumento tecnológico en una cadena de suministro, se puede decir a partir de las mismas, que es una herramienta preventiva en el aspecto de gestión de la calidad y seguridad, el cual un buen manejo de este sistema permite seguir/rastrear al productor original, a su vez rastrear a sus clientes y consumidores finales, asimismo, determinar el flujo del producto e información del mismo en cualquier paso de la cadena de suministro, para su posterior identificación de forma efectiva y la retirada cuando suceden incidencias con tal unida logística, es decir, cuando violan las normas de calidad y seguridad alimentaria. También muchas de las definiciones hacen repercusión en este sistema en el contexto de que crea confianza, tranquilidad y fiabilidad al consumidor, así como ser rentable para las empresas en términos de mejora continua y reducción de riesgos de seguridad, permitiendo esto la retirada rápida y efectiva de los productos.

¿Cómo funciona la trazabilidad?

De acuerdo con lo observado en el trabajo en base a las diversas características que posee este sistema respecto a su funcionalidad al momento de su implementación, se puede decir que su puesta en marcha en una cadena de suministro agrícola consiste en una sucesión de operaciones, etapas y procesos que influyen en el seguimiento/rastreo del producto, tomando en cuenta los dos momentos claves de su funcionamiento; **almacenar** y **extraer** información para responder a los “clientes” del proceso (minorista y consumidor final). Donde la primera parte inicia desde el cultivo del producto (plantación y cosecha), información que registra el agricultor a través de documentos relacionados a los lotes producidos, dicha información va adjuntada en el producto a suministrar en la empresa, para su posterior procesamiento y almacenaje luego de ser verificada y registrada en la base de dato que integra el sistema de trazabilidad, asimismo las informaciones asociadas a cada etapa que atraviesa el producto a lo largo de la cadena de suministro (proceso, empaque, almacén, distribución, etc.) almacenándose en el misma. Concluido este proceso entra la extracción de información realizada por parte del usuario o personal autorizado de la empresa de dicho sistema de seguimiento/rastreo. Donde es realiza consultas referentes a todas esas informaciones almacenadas y datos generados a lo largo de todo el proceso de trazabilidad del producto, las mismas utilizadas para dar respuestas en cuanto a la distribución y entrega del producto de acuerdo con las necesidades del cliente, es decir, responder al cliente.

¿Qué requisitos debe seguir el sistema?

De los diferentes artículos utilizados para la realización de este trabajo, a través de los mismo se alcanzaron obtener alrededor de 8 requisitos. En donde estos artículos citados argumentan que esos requerimientos, el cual debe comprender un sistema de trazabilidad al momento de su implementación en una cadena de suministro agrícola rastreable necesarios para su diseño, entre ellos; **sistemas de información, relación entre los actores** de la cadena de suministro, **criterio para la agrupación de productos**, establecimiento de **registros y documentos** necesarios, **sistema de codificación, herramientas de recopilación de información, proceso de manejo de registros y prácticas de almacenamiento y cumplimiento con las regulaciones de seguridad alimentaria**. Cabe señalar que en el trabajo se hace mención del Internet de las Cosas como un tipo de requisito, pero esto no determina que un sistema de trazabilidad no vaya a funcionar de no poseer este tipo de herramienta tecnológica, señalar que muchos sistemas de trazabilidad actuales aspiran hacer utilización de dicha red de objetos, para mayor efectividad en el manejo y flujo de informaciones.

¿Qué procesos de negocio son utilizados para hacer funcionar los sistemas de trazabilidad agroalimentaria?

Se puede señalar que estos procesos (captura, registro, seguimiento, recopilación, almacenaje y extracción (consulta), los mismos utilizados para la alimentación y funcionamiento efectivo del sistema de trazabilidad en las distintas fases de la cadena de suministro, estos procesos de negocios que intervienen para la trazabilidad de un producto son apoyados por diversas tareas y operaciones a lo largo de la cadena de valor de forma lógica, los mismos llevados a cabo para generar un producto y a su vez un servicio, atravesando diversas áreas funcionales de la empresa o industria agroalimentaria, en donde estos son muy imprescindibles al momento de mejorar el desempeño y correcto funcionamiento de un sistema de trazabilidad agroalimentaria.

¿Qué elementos o subsistemas debe tener un sistema de trazabilidad?

A través del desarrollo de este trabajo, es preciso señalar que un sistema de trazabilidad eficaz deberá estar compuesto por una serie de subsistemas o elementos que permitan su adecuado funcionamiento, para ello, los **sistemas de identificación** (códigos), los **sistemas de captura de datos** (obtener y registrar información), como por ejemplo: lectores de código de barras, sensores de temperatura y humedad, antenas RFID y otros, por último las **herramientas de software especializado**, dígame programas y sistemas informáticos que permitan la gestión correcta de los datos capturados, para su posterior administración.

¿Cómo deberían ser los sistemas de trazabilidad en un contexto de Cadena de Suministro?

Es evidente que la aparición de cadenas de suministro rastreables es y ha sido el resultado de una larga serie de avances en la mejora de la calidad de los alimentos y la gestión de la seguridad. Para ello, el sistema de trazabilidad ha de ser **altamente automatizado** en contexto de una cadena de suministro para cuestiones como gestión y control de todos los movimientos que intervienen en ella, para la elaboración y distribución de un producto apoyado de sistemas que permitan el seguimiento continuo del mismo. En fin, la trazabilidad deberá funcionar globalmente e interconectada de manera eficaz en toda la cadena alimentaria, logrando así un alto grado de seguridad para los consumidores.

¿Cómo deberían ser los sistemas de trazabilidad en un contexto de CdS agroalimentaria?

En los últimos años, este sistema de rastreo ha surgido como un determinante en la gestión de la calidad y a su vez como base para el comercio de productos agrícolas. De acuerdo con lo mencionado en este trabajo investigativo, una cadena de suministro agroalimentaria rastreable debe contar con **socios tecnológicos** que les faciliten la incorporación de herramientas especializadas para soporte de este sistema, en concepto de automaticidad debe estar comprendida por **sistemas aplicables de uso automático** para la gestión y control de estos productos, apoyándose de **sistemas y plataformas tecnológicas** que permitan a la trazabilidad estar interconectada en toda la cadena de suministro agroalimentaria, ya que muchas industrias de este sector carecen todavía de la base informática de esta índole.

En cuanto a la propuesta de diseño (aplicación) para un sistema de trazabilidad de producto para cadena de suministro agroalimentaria, tiene la particularidad de propiciar informaciones básicas y necesarias en lo concerniente a un sistema de seguimiento/rastreo, en el cual también tiene la ventaja de tener fácil manejo por parte del usuario respecto a recurrirse a consultas oportunas e información sobre el ciclo de vida de los productos. Tener claro que existen diversas configuraciones de esta índole (aplicaciones web, bases de datos, sistemas de alojamientos, etc.) que son totalmente válidas y que de acuerdo con varios factores se pueden seleccionar unas u otras, a sabiendas que se puede obtener en cualquier caso un resultado similar

En conclusión, se puede decir que toda empresa/industria agroalimentaria ha de seguir pautas para la implementación de un sistema de trazabilidad altamente cualificado, apoyándose de herramientas tecnológicas y software que faciliten la fácil obtención y gestión de datos.

Referencias

- Alfaro, A. A., & Rábade, L. A. (2009). Int. J. Production Economics Traceability as a strategic tool to improve inventory management: A case study in the food industry, *118*, 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.08.030>
- Alimentarius, C. (2017). Codex Alimentarius. *Natural Resources Forum*, *31*, 242–243. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000500010>
- Bechini, A., Cimino, M. G. C. A., Marcelloni, F., & Tomasi, A. (2008). Patterns and technologies for enabling supply chain traceability through collaborative e-business, *50*, 342–359. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2007.02.017>
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., & Giacchetta, G. (2008). Business process reengineering of a supply chain and a traceability system: A case study. *Journal of Food Engineering*, *93*(1), 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.12.020>
- Bollen, A. F., Riden, C. P., & Cox, N. R. (2007). Agricultural supply system traceability , Part I : Role of packing procedures and effects of fruit mixing, *98*, 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.07.011>
- Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2013). Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food Control*, *33*(1), 32–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.02.004>
- Engelseth, P. (2009). Food product traceability and supply network integration. *Journal of Business & Industrial Marketing*, *24*(5/6), 421–430. <https://doi.org/10.1108/08858620910966291>
- Farooq, U., Tao, W., Alfian, G., Kang, Y., & Rhee, J. (2016). ePedigree Traceability System for the Agricultural Food Supply Chain to Ensure Consumer Health, 1–16. <https://doi.org/10.3390/su8090839>
- FDA. (2011). The FDA Food Safety Modernization Act: Putting Ideas into Action.
- Folinas, D., Manikas, I., & Manos, B. (2006). Traceability data management for food chains. *British Food Journal*, *108*(8), 622–633. <https://doi.org/10.1108/00070700610682319>
- Golan, E., Krissoff, B., States, U., Kuchler, F., Calvin, L., Nelson, K., & Price, G. (2004). Traceability in the US food supply: Economic theory and industry studies. *Economic Research Service, US Department of Agriculture, Agricultural Economic Report*, *830*(830), 56. Retrieved from <http://151.121.68.30/publications/aer830/aer830.pdf>
- Huang, L., Yu, P., Luo, Q., & Yu, G. (2011). Designing and Planning Agricultural Supply Chain Traceability System Based on Modern RFID Technology, 2112–2118.
- Huang, Y., Kuo, W.-C., & Kao, M.-C. (2010). A RFID field operation system design for agricultural traceability I, 424–427. <https://doi.org/10.1109/PCSPA.2010.108>
- ISO. (2005). ISO 9000: Quality management systems - fundamentals and vocabulary, 2005, 1–30.
- Kelepouris, T., Pramataris, K., & Doukidis, G. (2007). RFID-enabled traceability in the food supply chain. <https://doi.org/10.1108/02635570710723804>
- Manos, B., & Manikas, I. (2010). Traceability in the Greek fresh produce sector: drivers and constraints. *British Food Journal*, *112*(6), 640–652. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/00070701011052727>
- Moe, T. (1998). Perspectives on traceability in food manufacture. *Trends in Food Science and Technology*, *9*(5), 211–214. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(98\)00037-5](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(98)00037-5)

- Opara, L. U. (2003). Traceability in agriculture and food supply chain: A review of basic concepts, technological implications, and future prospects. *Food, Agriculture & Environment*, 1(1), 101–106. Retrieved from <http://www.aseanfood.info/Articles/11020000.pdf>
- Qu, B., Jing, X., Wang, X., Li, Y., Liang, Y., Qu, B., ... Traceability, C. (2016). Design on Cucumber Traceability System Based on the Internet of Things.
- Qu, Y., & Tao, B. (2014). The constitution of vegetable traceability system in agricultural IOT, 6(7), 2580–2583.
- Rábade, & Alfaro. (2006). Buyer – supplier relationship's influence on traceability implementation in the vegetable industry, 12, 39–50. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2006.02.003>
- Regattieri, A., Gamberi, M., & Manzini, R. (2007). Traceability of food products: General framework and experimental evidence. *Journal of Food Engineering*, 81(2), 347–356. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.10.032>
- Reglamento 178/2002 del Parlamento Europeo, & Consejo. (2002). REGLAMENTO (CE) No 178/2002, principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea, 1–42.
- Riden, C. P., & Bollen, A. F. Ñ. (2007). Agricultural supply system traceability, Part II: Implications of packhouse processing transformations, 98, 401–410. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.07.004>
- Salampasis, M., Tektonidis, D., & Kalogianni, E. P. (2012). TraceALL: a semantic web framework for food traceability systems. *Journal of Systems and Information Technology*, 14(4), 302–317. <https://doi.org/10.1108/13287261211279053>
- Schwagele, F. (2005). Traceability from a European perspective. *Meat Science*, 71(1), 164–173. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.002>
- Smith, G. C., Tatum, J. D., Belk, K. E., Scanga, J. A., Grandin, T., & Sofos, J. N. (2005). Traceability from a US perspective. *Meat Science*, 71(1), 174–193. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.002>
- Souza Monteiro, D. M., & Caswell, J. A. (2008). Traceability adoption at the farm level: An empirical analysis of the Portuguese pear industry. *Food Policy*, 34(1), 94–101. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2008.07.003>
- Thakur, M., & Donnelly, K. A. M. (2010). Modeling traceability information in soybean value chains. *Journal of Food Engineering*, 99(1), 98–105. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.02.004>
- Thakur, M., & Hurburgh, C. R. (2009). Framework for implementing traceability system in the bulk grain supply chain. *Journal of Food Engineering*, 95(4), 617–626. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.06.028>
- van Rijswijk, W., Frewer, L. J., Menozzi, D., & Faioli, G. (2008). Consumer perceptions of traceability: A cross-national comparison of the associated benefits. *Food Quality and Preference*, 19(5), 452–464. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2008.02.001>
- Wilson, T. P., & Clarke, W. R. (2006). Insights from industry Food safety and traceability in the agricultural supply chain: using the Internet to deliver traceability.
- Xinting, Y., Ming, L., Chuanheng, S., Jianping, Q., & Zengtao, J. (2012). Traceability and Management Information Techniques of Agricultural Product Quality Safety in China, 26–36.