

Universidad Siglo 21



Trabajo final de grado. Prototipado tecnológico.

Carrera: Ingeniera en Software

Sistema de gestión de trazabilidad en líneas de producción, ensamble y montaje basado en blockchain.

Autor: Santiago Gabriel Romero

Legajo: SOF00018

Córdoba, Julio de 2023

Índice

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
TITULO.....	8
INTRODUCCIÓN.....	8
Antecedentes.....	9
Descripción del área problemática	10
JUSTIFICACIÓN.....	11
OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.....	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO.....	12
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	12
Dominio del problema	12
TIC.....	13
Competencia	15
DISEÑO METODOLÓGICO	15
Herramienta Metodológicas	15
Herramientas de desarrollo	15
Recolección de datos	17
Planificación del proyecto	18
RELEVAMIENTO	21
Relevamiento estructural	21
Relevamiento funcional.....	21
DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA	28
Diagnostico	28
Propuesta	29
OBJETIVO, LÍMITE Y ALCANCES DEL PROTOTIPO	29
Objetivo general del prototipo.....	29

Limites	29
Alcance	29
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	30
Product backlog	30
Historias de usuario	31
Sprint backlog.....	41
Estructura de datos.....	42
Diagrama de clases	43
Diagrama entidad-relación	44
Diccionario de datos	44
Prototipos de interfaces de pantallas	46
Diagrama de arquitectura.....	49
SEGURIDAD	50
Acceso a la aplicación	50
Política de respaldo.....	52
ANÁLISIS DE COSTOS	53
Costos de desarrollo.....	53
Costos operativos.....	54
ANÁLISIS DE RIESGOS.....	55
Análisis cuantitativo de los riesgos	56
CONCLUSIONES	60
DEMO.....	61
REFERENCIAS.....	62
ANEXOS.....	66

Índice de tablas

TABLA 1- COMPARACIÓN ENTRE DISTINTAS COMPETENCIAS.....	15
TABLA 2- LISTADO DE TAREAS.....	19
TABLA 3- PROC001.....	24
TABLA 4- PROC002.....	25
TABLA 5- PROC003.....	26
TABLA 6- PROC004.....	27
TABLA 7- DIAGNÓSTICO PROC001.....	28
TABLA 8- DIAGNÓSTICO PROC002.....	28
TABLA 9- DIAGNÓSTICO PROC003.....	28
TABLA 10- DIAGNÓSTICO PROC004.....	28
TABLA 11- PRODUCT BACKLOG.....	30
TABLA 12- HISTORIA DE USUARIO US-001.	31
TABLA 13- HISTORIA DE USUARIO US-002.	32
TABLA 14- HISTORIA DE USUARIO US-003.	32
TABLA 15- HISTORIA DE USUARIO US-004.	33
TABLA 16- HISTORIA DE USUARIO US-005.	34
TABLA 17- HISTORIA DE USUARIO US-006.	34
TABLA 18- HISTORIA DE USUARIO US-007.	35
TABLA 19- HISTORIA DE USUARIO US-008.	36
TABLA 20- HISTORIA DE USUARIO US-009.	36
TABLA 21- HISTORIA DE USUARIO US-0010.	37
TABLA 22- HISTORIA DE USUARIO US-0011.	38
TABLA 23- HISTORIA DE USUARIO US-0012.	38

TABLA 24- HISTORIA DE USUARIO US-0013.	39
TABLA 25- HISTORIA DE USUARIO US-0014.	40
TABLA 26- HISTORIA DE USUARIO US-0015.	40
TABLA 27- SPRINT BACKLOG.	41
TABLA 28- DICCIONARIO DE DATOS.	45
TABLA 29- POLÍTICA DE RESPALDO.	52
TABLA 30- COSTOS DE DESARROLLO.	53
TABLA 31- COSTOS DE HARDWARE.....	54
TABLA 32- COSTOS DE CLOUD.	54
TABLA 33- RIESGOS Y CAUSAS	56
TABLA 34- MATRIZ DE RIESGO	56
TABLA 35- ANÁLISIS CUANTITATIVO.	57
TABLA 36- ANÁLISIS CUANTITATIVO Y GRADO DE EXPOSICIÓN.	58
TABLA 37- PLAN DE CONTINGENCIA.....	59

Índice de Imágenes

ILUSTRACIÓN 1- HISTÓRICO DE TRAZABILIDAD	10
ILUSTRACIÓN 2- DIAGRAMA DE GANTT.	20
ILUSTRACIÓN 3- ORGANIGRAMA MODELADO.	22
ILUSTRACIÓN 4- PROC001.	24
ILUSTRACIÓN 5- PROC002.	25
ILUSTRACIÓN 6- PROC003.	26
ILUSTRACIÓN 7- PROC004.	27
ILUSTRACIÓN 8- DIAGRAMA DE CLASES.....	43
ILUSTRACIÓN 9- DIAGRAMA ENTIDAD-RELACIÓN.	44
ILUSTRACIÓN 10- INTERFAZ DE OPERARIO.....	46
ILUSTRACIÓN 11- INTERFAZ DE INGENIERO DE PRODUCCIÓN.	47
ILUSTRACIÓN 12- INTERFAZ DE INGENIERO DE PRODUCTO.....	48
ILUSTRACIÓN 13- DIAGRAMA DE ARQUITECTURA.	49

Resumen

En la actualidad, la trazabilidad de los productos en las líneas de producción, ensamble y montaje es un aspecto fundamental para garantizar la transparencia, la calidad y el cumplimiento normativo en diversas industrias. Capturar de manera sistemática y precisa los datos relevantes en cada etapa del ciclo de vida de un producto permite asegurar la integridad de la información y facilitar su gestión confiable. Este proyecto aborda dicha necesidad en la industria de electrónica de consumo mediante el desarrollo de un sistema de gestión de trazabilidad basado en blockchain. La solución propuesta es una aplicación web que permite registrar y visualizar el historial completo de los productos desde su origen hasta su destino final, asegurando la inmutabilidad y seguridad de los datos. La implementación de blockchain garantiza que los registros no puedan ser alterados de manera no autorizada, proporcionando así un mecanismo confiable para la gestión de la información en entornos industriales.

Palabras clave: trazabilidad, gestión, blockchain, industria, líneas de producción, ensamble, montaje.

Abstract

Currently, product traceability in production lines, assembly, and manufacturing is a fundamental aspect to ensure transparency, quality, and regulatory compliance across various industries. Systematically and accurately capturing relevant data at each stage of a product's lifecycle ensures information integrity and facilitates reliable management. This project addresses this need in the consumer electronics industry through the development of a traceability management system based on blockchain technology. The proposed solution is a web application that allows organizations to record and visualize the complete history of products from their origin to their destination, ensuring data immutability and security. The implementation of blockchain guarantees that records cannot be altered without authorization, thus providing a reliable mechanism for information management in industrial environments.

Keywords: traceability, management, blockchain, industry, production lines, assembly, manufacturing.

Título

Sistema de gestión de trazabilidad en líneas de producción, ensamble y montaje basado en blockchain.

Introducción

En la actualidad, la trazabilidad en procesos productivos de manufactura se ha convertido en una herramienta esencial para garantizar la calidad y la eficiencia del proceso productivo. Podemos definir la trazabilidad de la siguiente manera:

Capacidad para seguir el histórico, la aplicación o la localización de un objeto. Al considerar un producto o un servicio, la trazabilidad puede estar relacionada con: el origen de los materiales y las partes; el histórico del proceso; y la distribución y localización del producto o servicio después de la entrega. (ISO 9000:2015)

En este sentido, la trazabilidad permite a las empresas conocer en todo momento dónde se encuentra cada uno de los componentes y materiales utilizados en la producción de un producto. A su vez, la trazabilidad en los procesos de manufactura permite detectar y corregir posibles errores o fallos en el proceso, lo que se traduce en una mejora de la calidad de los productos y una reducción de los costos de producción.

Los procesos productivos existen en constante comunión con la transformación digital, tanto es así que se retroalimentan a lo largo de su historia y es por esto que las innovaciones en los sistemas de trazabilidad de cadenas productivas tienen que ser pensadas como herramientas de transformación digital. Según Westerman et al. (2014), "la transformación digital es el cambio asociado con la aplicación de tecnología digital en todos los aspectos de la sociedad humana" (p. 3).

Consecuentemente, surgen nuevas y desafiantes problemáticas en la trazabilidad de los procesos productivos. Una de ellas es poder garantizar la integridad y confidencialidad -entendida como el acceso restrictivo- de los datos que componen un producto que ha finalizado su cadena productiva. Es por esto que en el desarrollo de este trabajo final de grado se propone implementar blockchain o cadena de bloques en cada uno de los pasos del proceso. Según Swan:

Un blockchain es un registro digital compartido y distribuido que se utiliza para registrar transacciones y el seguimiento de activos. Cada bloque en la cadena contiene un número de transacciones, y cada vez que se agrega un nuevo bloque, se verifica la integridad y la autenticidad de la información de la cadena completa (Swan, 2015, p. 13).

La evolución de la tecnología blockchain ha permitido la creación de sistemas de trazabilidad confiables, transparentes y descentralizados, ya que su fundamento se encuentra basado en un registro inmutable y distribuido de la información que garantiza su integridad y confidencialidad. Podemos citar un caso de gran relevancia en la historia de vida de los sistemas de trazabilidad y que fue un caso de éxito en la implementación de blockchain en la industria. En abril de 2018, la empresa IBM y la compañía alimentaria Walmart implementaron un proyecto piloto de trazabilidad alimentaria basado en blockchain en China. La solución permitió a Walmart rastrear el origen de los productos desde el productor hasta el consumidor final, lo que mejoró la transparencia y la confianza en la cadena de suministro de alimentos (Fuente: IBM, 2018).

En este trabajo final de grado se propone desarrollar un sistema de trazabilidad basado en blockchain para líneas de producción industrial electrónica que permita mejorar la eficiencia y la calidad del proceso productivo y garantizar la integridad y confidencialidad de los datos de cada producto.

Antecedentes

En los últimos años, la trazabilidad se ha vuelto cada vez más presente en la industria de la electrónica de consumo. Esta permite a las empresas seguir el camino de los productos a lo largo de la cadena de suministro y proporcionar información precisa sobre su origen, fabricación y distribución. Con el aumento de la globalización y la complejidad de las cadenas de suministro, la trazabilidad se ha convertido en un factor clave para garantizar la calidad, seguridad y transparencia de los productos electrónicos.

Se presenta la siguiente línea de tiempo que representa a grandes rasgos la evolución de la trazabilidad en cadenas de producción de electrónica de consumo según A. Kumar et al. y S. K. Choi et al.:

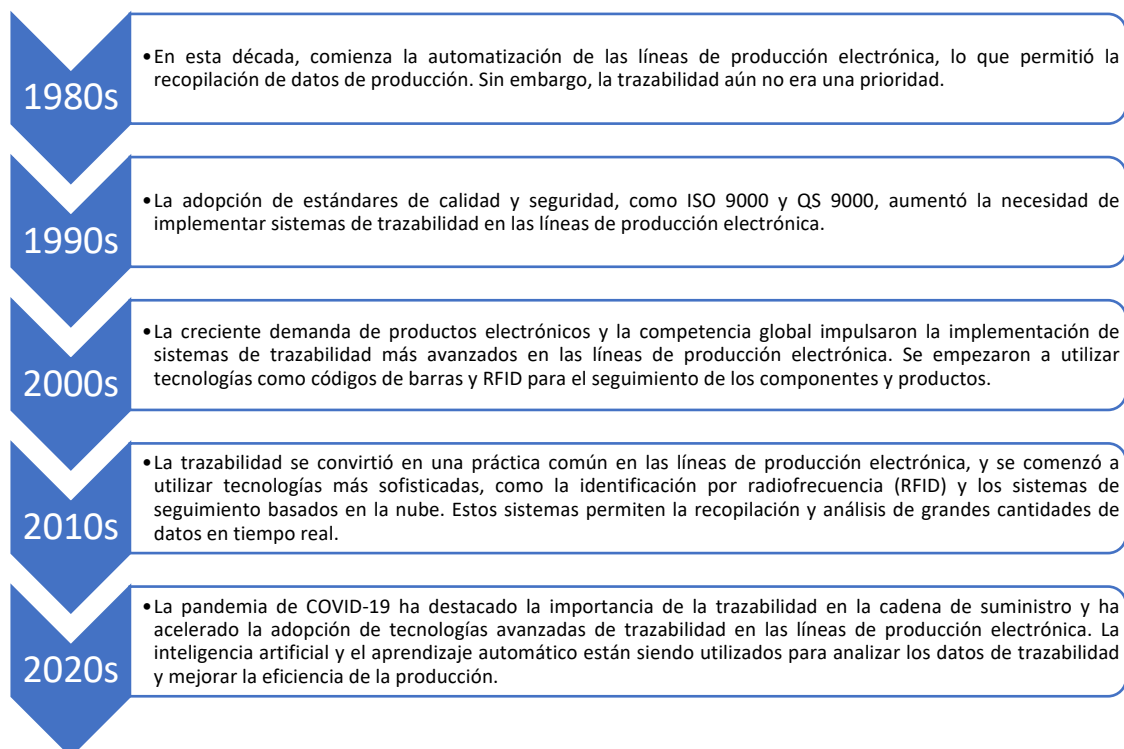


Ilustración 1- Histórico de trazabilidad.

Fuente: A. Kumar et al. y S. K. Choi et al.

En la actualidad, uno de los grandes desafíos de los sistemas de trazabilidad electrónica reside en poder generar registros inmutables en cada uno de los procesos y etapas por los que un producto es fabricado o ensamblado.

Para abordar este desafío, se han propuesto soluciones innovadoras basadas en tecnologías emergentes como blockchain la cual ofrece una forma segura y confiable de almacenar y compartir datos a lo largo de la cadena de suministro. Al utilizar blockchain, las empresas pueden garantizar la integridad de los datos de trazabilidad y mejorar la eficiencia y precisión de los sistemas de trazabilidad en líneas de producción electrónica.

Descripción del área problemática

La producción de productos electrónicos de consumo implica la fabricación de dispositivos que contienen componentes electrónicos, los cuales pueden provenir de diferentes proveedores y fabricantes. Debido a la complejidad de la cadena de

suministro y de sus procesos, es una tarea de alta complejidad para las empresas de producción de productos electrónicos rastrear y verificar el origen y la calidad de los componentes que se utilizan en sus productos.

Además, la falta de un sistema de trazabilidad en las líneas de producción electrónica puede dificultar la identificación y solución en casos de calidad deficitaria. Si ocurre un problema en un producto, es difícil para las empresas identificar el origen del problema y realizar una acción correctiva.

Por otro lado, los consumidores exigen cada vez más información transparente y detallada sobre los productos electrónicos que compran. Los consumidores quieren saber de dónde vienen los componentes y cómo se fabrican los productos que compran. Sin un sistema de trazabilidad eficaz, las empresas pueden perder la confianza de los consumidores y enfrentar problemas de reputación.

Podemos tomar como ejemplo de la importancia de un sistema de trazabilidad confiable el caso de retiro masivo de vehículos de la empresa Toyota durante el año 2010, en donde se presentaron problemas en el pedal del acelerador y en las alfombras del piso que causaron severos accidentes. La falta de una trazabilidad adecuada y correcto monitoreo de los procesos en la cadena de suministro hizo que fuera una tarea de extrema complejidad para la empresa rastrear las piezas defectuosas y los proveedores responsables (Vozza, 2011).

Justificación

Un sistema de trazabilidad eficaz puede permitir a las empresas rastrear el origen de los componentes utilizados en sus productos, lo que puede ayudar a garantizar la calidad y seguridad de los mismos. Además, en caso de problemas de calidad o seguridad, las empresas pueden identificar rápidamente su origen y tomar medidas correctivas oportunas, lo cual se traduce en reducción de los costos asociados con los productos defectuosos.

Adicionando un sistema de trazabilidad basado en blockchain estamos proporcionando transparencia y seguridad en la cadena de suministro añadiendo información detallada sobre los componentes y procesos en la fabricación de los productos.

Vale mencionar que existen regulaciones y estándares de calidad que garantizan un alto grado de confiabilidad en el proceso de producción siendo la trazabilidad un

requisito clave. Por tanto, un sistema de trazabilidad basado en blockchain brindaría a las empresas a cumplir con estos requisitos de manera eficiente y efectiva.

Objetivo General Del Proyecto

Analizar, diseñar y desarrollar un sistema web que permita gestionar la trazabilidad en líneas de producción de electrónica de consumo basado en blockchain.

Objetivos Específicos Del Proyecto

- Identificar los componentes críticos en el proceso de producción de electrónica de consumo y definir los criterios de trazabilidad para su seguimiento.
- Diseñar un modelo de datos adecuado para almacenar la información de trazabilidad utilizando tecnología blockchain.
- Desarrollar una arquitectura basada en blockchain que permita registrar y consultar la información de trazabilidad de manera segura y eficiente.
- Implementar un sistema web que facilite la gestión de los datos de trazabilidad en tiempo real.
- Evaluar el desempeño del sistema en términos de seguridad, eficiencia y escalabilidad dentro de un entorno de producción simulado.

Marco Teórico Referencial

Dominio del problema

En la industria de la electrónica de consumo, la trazabilidad se ha convertido en un requisito esencial para mejorar la transparencia y garantizar la calidad de los productos. La capacidad de rastrear componentes y procesos en una cadena de producción de múltiples niveles permite identificar y corregir problemas de calidad en etapas tempranas, lo que reduce costos y aumenta la confianza del consumidor (Hou et al., 2020). Sin embargo, los métodos tradicionales de trazabilidad presentan desafíos significativos, como la manipulación de datos, la falta de interoperabilidad entre sistemas y la dificultad para compartir información entre diferentes actores de la cadena de suministro sin comprometer la seguridad (Agrawal et al., 2021).

En este contexto, la tecnología blockchain ha surgido como una alternativa prometedora para abordar estas limitaciones. Blockchain permite la creación de un registro inmutable y descentralizado de todas las transacciones dentro de la cadena de

suministro, lo que reduce el riesgo de fraudes y garantiza la integridad de los datos. Además, los contratos inteligentes (smart contracts) pueden automatizar la verificación de autenticidad y la ejecución de reglas comerciales sin necesidad de intermediarios (Yang et al., 2019). Agrawal et al. (2021) proponen un marco basado en blockchain para la trazabilidad en cadenas de suministro de múltiples niveles, destacando su capacidad para mejorar la transparencia y la sostenibilidad. Su estudio demuestra cómo un libro mayor distribuido puede ser utilizado para almacenar y autenticar transacciones, otorgando a los socios comerciales mayor confianza y flexibilidad en la gestión de su red de suministro.

Siguiendo este enfoque, la implementación de un sistema de trazabilidad basado en blockchain en la producción de electrónica de consumo podría proporcionar beneficios similares. Un modelo descentralizado permitiría a los fabricantes y proveedores rastrear el origen de cada componente, verificar su autenticidad y mejorar la eficiencia operativa sin comprometer la seguridad de los datos. De esta manera, blockchain no solo aborda las deficiencias de los métodos tradicionales, sino que también ofrece una solución innovadora para garantizar la confiabilidad y sostenibilidad de la trazabilidad en la industria electrónica..

TIC

A continuación, se presentan las tecnologías utilizadas.

- Java: Lenguaje de programación de alto nivel y orientado a objetos, desarrollado por Sun Microsystems en 1995. Según Gosling et al. (2014), Java es "un lenguaje de programación de propósito general que es concurrente, basado en clases y orientado a objetos" (p. 1).
- Spring Boot: Framework de desarrollo de aplicaciones Java que facilita la creación de aplicaciones basadas en Spring de manera rápida y sencilla. Según Wallen, J. (2019), Spring Boot es "una extensión del proyecto Spring Framework que simplifica el proceso de configuración y desarrollo de aplicaciones Spring" (p. 1).
- Maven: Herramienta de gestión de proyectos en Java que ayuda en la construcción, gestión y documentación de proyectos. Según Sonatype (2020),

Maven es "una herramienta de gestión y comprensión de proyectos de software" (p. 1).

- Thymeleaf: Motor de plantillas de código abierto para aplicaciones web escritas en Java. Según Attar, M. (2021), Thymeleaf es "un motor de plantillas que permite generar vistas HTML basadas en plantillas con contenido dinámico" (p. 1).
- Ethereum: Plataforma descentralizada de contratos inteligentes y criptomonedas. Según Buterin, V. (2014), Ethereum es "una plataforma para construir aplicaciones descentralizadas mediante contratos inteligentes" (p. 1).
- Web3j: Biblioteca Java que permite interactuar con la red Ethereum y desarrollar aplicaciones descentralizadas. Según Manfredi, S. (2020), Web3j es "una biblioteca Java para integrar aplicaciones con la red Ethereum" (p. 1).
- Ganache: Entorno de desarrollo personal Ethereum que permite la emulación de una red Ethereum local. Según Truffle Suite (2020), Ganache es "un entorno de blockchain personal para el desarrollo y las pruebas" (p. 1).
- MySQL: Sistema de gestión de bases de datos relacional ampliamente utilizado. Según Oracle (2021), MySQL es un "sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto reconocido por su rendimiento, confiabilidad y escalabilidad" (p. 1).
- Heroku: Plataforma en la nube que permite alojar, desarrollar y escalar aplicaciones web. Según Watschke, H. (2018), Heroku es "una plataforma como servicio (PaaS) que permite a los desarrolladores alojar aplicaciones web" (p. 1).

Competencia

A continuación se presenta una tabla comparativa de las competencias analizadas.

Aplicación	Empresa	Interoperabilidad	Customizables	Integración SMD	Tecnología Base
Traceability Platform	IBM	Si	Si	Si	Hyperledger Fabric
Viant	Viant Technology	Si	Si	Si	Ethereum
Provenance	Provenance.org	Si	No	No	Ethereum
Blockchain Reactor	Intel	Si	Si	No	Hyperledger Fabric
OriginTrail	OriginTrail	Si	Si	Si	Ethereum

Tabla 1- Comparación entre distintas competencias.

Fuente propia

Diseño Metodológico

Herramienta Metodológicas

Para la planificación general del proyecto, en cuanto a la documentación y la organización de actividades, se utilizó un diagrama de Gantt. Esta herramienta permitió visualizar de manera clara la secuencia y dependencia de las tareas relacionadas con la estructuración del trabajo.

No obstante, para el desarrollo del software, se adoptó la metodología Scrum, la cual se basa en ciclos iterativos e incrementales, gestionando las historias de usuario y tareas mediante la herramienta Trello.

Dado que Scrum prioriza la flexibilidad y la entrega continua de incrementos funcionales, el diagrama de Gantt solo representa los hitos generales del proyecto y no la planificación detallada del desarrollo.

Scrum, definido por Schwaber y Beedle (2001), es un marco de trabajo para la gestión y desarrollo de software que enfatiza la colaboración, la adaptabilidad y la mejora continua. Según Schwaber y Sutherland (2017, p.17), esta metodología organiza el desarrollo en ciclos cortos llamados sprints, permitiendo una entrega progresiva y ajustable del producto.

Herramientas de desarrollo

Para el desarrollo de este proyecto se han seleccionado una serie de herramientas que permitieron alcanzar los objetivos planteados de manera eficiente y efectiva.

Durante el proceso de desarrollo del software, se implementó Scrum como metodología principal, empleando sprints de 2 semanas de duración. Con el fin de llevar un seguimiento eficiente de las historias de usuario, se utilizó la herramienta de administración de proyectos Trello.

Este enfoque ágil permitió al equipo de desarrollo trabajar en ciclos cortos y enfocarse en la entrega de incrementos funcionales del software en cada sprint. Según Schwaber y Sutherland (2017), Scrum se basa en la colaboración, la adaptabilidad y la inspección continua, lo que facilita la mejora constante y la satisfacción del cliente.

El desarrollo del Sistema se llevó a cabo utilizando una variedad de tecnologías. En primer lugar, se utilizó Java como lenguaje de programación principal para la implementación del sistema. Según Smith (2018), Java es ampliamente utilizado en el desarrollo de aplicaciones empresariales debido a su portabilidad y capacidad para manejar grandes volúmenes de datos.

Además, se utilizó Spring Boot como framework de desarrollo. Según Johnson (2020), Spring Boot proporciona un entorno de desarrollo ágil y simplificado para la creación de aplicaciones Java empresariales. Al utilizar Spring Boot, se facilitó la configuración y el desarrollo de componentes esenciales del sistema.

Para la gestión de dependencias y construcción del proyecto, se empleó Maven. Según Thompson (2019), Maven es una herramienta de gestión de proyectos ampliamente utilizada en el desarrollo de software en Java. Maven permitió administrar eficientemente las dependencias del proyecto y realizar la compilación, prueba y empaquetado del sistema.

Thymeleaf fue utilizado como motor de plantillas para la generación dinámica de contenido web. Según Davis (2021), Thymeleaf es un framework de Java para el desarrollo de aplicaciones web que permite la integración sencilla de plantillas HTML con código Java. Esto posibilitó la creación de interfaces de usuario interactivas y personalizadas en el sistema de gestión de trazabilidad.

En cuanto a la tecnología blockchain, se utilizó Ethereum como plataforma para la implementación de contratos inteligentes. Según Nakamoto (2008), Ethereum es una plataforma descentralizada que permite la ejecución de contratos inteligentes utilizando la tecnología de blockchain. Esta elección se basó en la capacidad de Ethereum para

proporcionar una infraestructura segura y transparente para el seguimiento de la trazabilidad en las líneas de producción.

Para la interacción con la red de Ethereum, se empleó Web3j. Según Brown (2019), Web3j es una biblioteca de Java que permite interactuar con la red Ethereum y acceder a contratos inteligentes. Con Web3j, se logró la integración entre el sistema de gestión de trazabilidad y la plataforma Ethereum, facilitando la ejecución y consulta de los contratos inteligentes necesarios.

Para la implementación y pruebas en entornos locales, se utilizó Ganache como blockchain personal. Según Marconi (2018), Ganache es una herramienta que proporciona una red de blockchain local para el desarrollo y pruebas de aplicaciones descentralizadas. Esto permitió simular y verificar el comportamiento del sistema en un entorno controlado y confiable.

Para el almacenamiento de datos, se utilizó MySQL como base de datos. Según Oracle (2021), MySQL es una base de datos relacional de código abierto ampliamente reconocida y utilizada en la industria. MySQL ofrece una combinación de rendimiento, confiabilidad y escalabilidad, lo que la convierte en una elección popular para el almacenamiento eficiente y seguro de datos en diversos sistemas, incluido el sistema de gestión de trazabilidad utilizado en este proyecto.

Finalmente, para la implementación y puesta en producción del sistema, se utilizó Heroku como plataforma de alojamiento en la nube. Según Berglund (2020), Heroku es una plataforma en la nube que permite el despliegue y administración sencilla de aplicaciones web. Esto proporcionó un entorno escalable y confiable para el funcionamiento del sistema de gestión de trazabilidad.

Recolección de datos

En el contexto del sistema de trazabilidad para líneas de producción de electrónica de consumo, la recolección de datos se realizó mediante diversas técnicas de relevamiento de datos, entre las que se incluyen:

- Observación personal: se llevó a cabo una observación directa de las líneas de producción de electrónica de una fábrica de Argentina que manufactura distintos productos, con el objetivo de identificar los procesos y las áreas que se desea monitorear y rastrear mediante el sistema de trazabilidad. Se observaron los

flujos de materiales, los procesos de producción, las inspecciones y las pruebas realizadas en cada etapa del proceso.

- Entrevistas: se realizaron entrevistas a los responsables de cada área de producción, así como a los operarios y supervisores de las líneas de producción, con el fin de obtener información detallada sobre los procesos y procedimientos utilizados, las herramientas y maquinarias utilizadas, y los problemas y desafíos que enfrentan en la producción. El listado de preguntas utilizado en estas entrevistas puede consultarse en los anexos (ver anexo 1).
- Encuestas: se diseñaron encuestas dirigidas a los clientes y a los proveedores de la empresa, con el objetivo de conocer sus expectativas y requerimientos en cuanto a la trazabilidad de los productos y los procesos de producción. El guion de la encuesta enviada puede consultarse en los anexos (ver anexo 2).
- Revisión de documentación: se produjo una revisión de toda la documentación relacionada con los procesos de producción, incluyendo los manuales de procedimientos, los registros de producción, los informes de calidad, los registros de inspección y las especificaciones de los productos.

La combinación de estas técnicas de relevamiento de datos permitió obtener una visión completa y detallada de los procesos de producción de electrónica, lo que facilitó la definición de los requerimientos y la especificación del diseño del sistema de trazabilidad. Al realizar una recolección de datos exhaustiva y precisa, se evitó el retrabajo y se garantizó que el sistema de trazabilidad cumpliera con las necesidades de la empresa y los clientes.

Planificación del proyecto

La planificación del proyecto en términos de actividades y sus dependencias se rige por la tabla de actividades y el diagrama de Gantt presentados a continuación:

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
0. Selección del prototipado	20/3/23	20/3/23
1. Introducción	21/3/23	21/3/23
1.1. General	22/3/23	22/3/23
1.2. Antecedentes	23/3/23	23/3/23
1.3. Descripción del área problemática	24/3/23	24/3/23
2. Justificación	27/3/23	28/3/23

3. Objetivo General del Proyecto	29/3/23	29/3/23
4. Objetivos Específicos del Proyecto	30/3/23	31/3/23
5. Marco Teórico Referencial	3/4/23	5/4/23
5.1. Dominio del problema	6/4/23	6/4/23
5.2. TICs	7/4/23	10/4/23
5.3. Competencia	11/4/23	12/4/23
6. Diseño Metodológico	13/4/23	13/4/23
6.1. Herramienta Metodológicas	14/4/23	14/4/23
6.2. Herramientas de desarrollo	17/4/23	17/4/23
6.3. Recolección de datos	18/4/23	19/4/23
7. Relevamiento	20/4/23	20/4/23
7.1. Relevamiento estructural	21/4/23	24/4/23
7.2. Relevamiento funcional	25/4/23	27/4/23
7.3. Relevamiento de documentación	28/4/23	1/5/23
8. Proceso de Negocios	2/5/23	3/5/23
9. Diagnostico	4/5/23	5/5/23
10. Propuesta	8/5/23	8/5/23
11. Objetivo general del prototipo	9/5/23	9/5/23
12. Límite	10/5/23	10/5/23
13. Alcance	11/5/23	12/5/23
14. Requerimientos Funcionales y no funcionales	15/5/23	17/5/23
15. Diagrama de clase	18/5/23	19/5/23
16. Seguridad	22/5/23	24/5/23
17. Riesgos	25/5/23	26/5/23
18. Costos	29/5/23	30/5/23
19. Conclusiones	31/5/23	1/6/23
20. Codificación del prototipo	2/6/23	22/6/23

Tabla 2- Listado de tareas.

Fuente propia

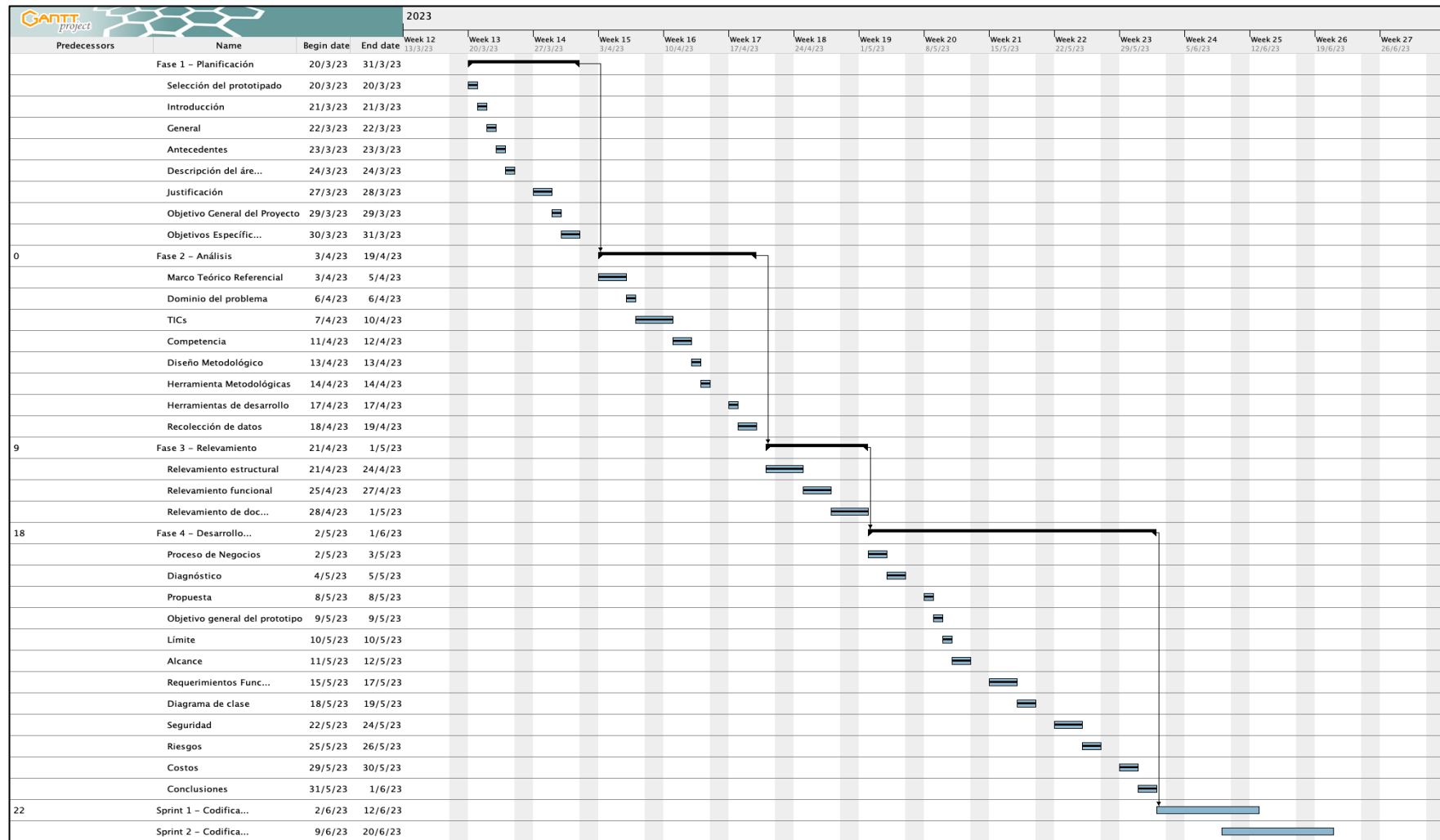


Ilustración 2- Diagrama de Gantt.
Fuente: Elaboración propia

Relevamiento

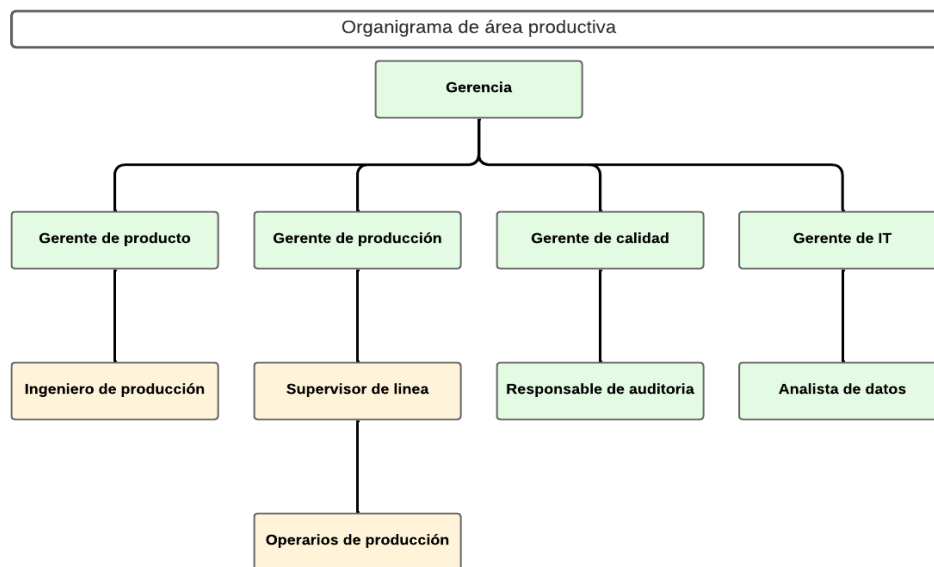
Relevamiento estructural

El relevamiento se realizó sobre una organización modelada en donde las áreas involucradas para la implementación de un sistema de trazabilidad de productos de electrónica de consumo son similares en la mayoría de las organizaciones que producen manufactura de productos electrónicos. Como se mencionó anteriormente, al ser una organización modelada, no es posible fijar una localización geográfica.

Respecto a la infraestructura tecnológica asociada en la producción de un producto tecnológico y basado en los métodos de recolección de datos antes mencionados en el apartado de *Recolección de Datos* entendemos que en los distintos puestos o estaciones de trabajo de una línea de ensamble y montaje existen terminales elementales, es decir, computadoras de hardware limitado. Estas terminales varían en función de la estación de trabajo y que tipo de operación realiza.

Relevamiento funcional

La siguiente imagen muestra una estructura organizacional diseñada para el sistema de trazabilidad en la línea de producción de electrónica de consumo. La estructura incluye varios roles esenciales que desempeñan funciones clave en la implementación y supervisión del sistema de trazabilidad. Estos se encuentran seleccionados en color amarillo claro.



*Ilustración 3- Organigrama modelado.
Fuente: Elaboración propia*

- Ingeniero de producción: El ingeniero de producción es el encargado de diseñar y desarrollar los procesos necesarios para la fabricación de los productos de electrónica de consumo. Es su responsabilidad determinar qué partes o componentes deben ser trazables y en qué orden deben fluir por la línea de producción. De esta manera, garantiza que el sistema de trazabilidad se implemente de manera efectiva y que los productos cumplan con los estándares de calidad y seguridad requeridos. Además, el ingeniero de producción trabaja en estrecha colaboración con otros miembros del equipo, como el gerente de producción y el supervisor de línea, para garantizar una producción eficiente y rentable.
- Supervisor de línea: Es el encargado de coordinar y supervisar a los trabajadores en cada etapa de la línea de producción, asegurando que se cumplan los estándares de calidad y que el sistema de trazabilidad se implemente correctamente. Su rol se encuentra en conjunto con el Ingeniero de Producción para garantizar que el sistema de trazabilidad se integre adecuadamente en cada etapa del proceso de producción. Para lograr esto, el Supervisor de Línea debe comprender los procedimientos de ensamble y montaje de los productos, así como también los criterios de calidad y los requisitos de trazabilidad para cada componente.

- Operario de Producción: Es responsable de ejecutar las tareas asignadas y definidas en el proceso de manufactura por el Ingeniero de Producción en cada etapa del proceso productivo. Esto incluye la implementación del sistema de trazabilidad, es decir, registrar la información necesaria en el sistema en cada etapa del proceso de producción, como el número de serie del producto, el lote de materiales utilizados y los resultados de las pruebas de calidad. Además, el operario de producción debe asegurarse de que los productos cumplan con los criterios de calidad definidos y que se sigan los procedimientos de seguridad establecidos.

A continuación, se detallan los procesos relevados y que son de interés para entender las funciones o actividades de las áreas involucradas en el proyecto.

Proceso	PROC001 - Recepción de materiales y componentes.
Roles	Operario de almacén, inspector de calidad.
Pasos	• El operario de almacén de materiales prepara los componentes y materiales necesarios para la producción. • El operario de almacén envía materiales a inspector de calidad. • El inspector de calidad verifica la calidad de los materiales y componentes. • El inspector de calidad envía los materiales a línea de producción.

Tabla 3- PROC001.

Fuente: Elaboración propia.

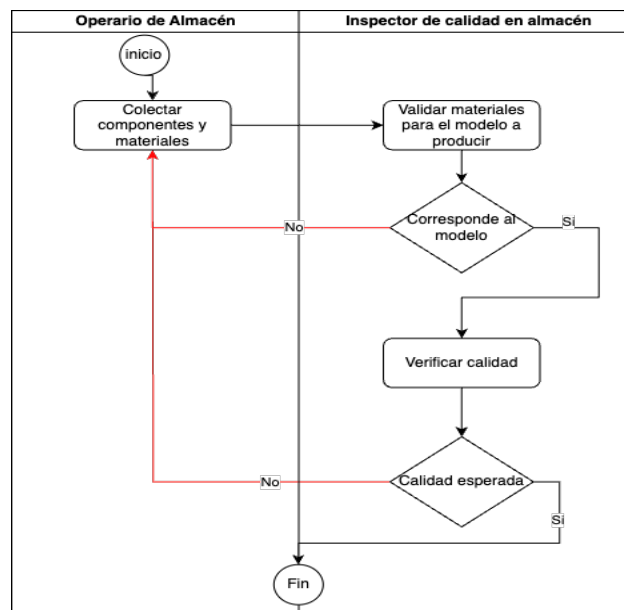


Ilustración 4- PROC001.

Fuente: Elaboración propia.

Proceso	PROC002 - Diseño y desarrollo de procesos productivos.
Roles	Ingeniero de producción, ingeniero de diseño, ingeniero de calidad.
Pasos	• El ingeniero de producción colabora con el ingeniero de diseño para definir los procesos productivos necesarios para fabricar los productos de electrónica de consumo. • Se desarrollan los procedimientos necesarios para la producción, considerando el uso de equipos, la secuencia de operaciones, los controles de calidad y los tiempos y costos de producción. • Una vez definidos los procesos, el ingeniero de producción realiza pruebas y ajustes necesarios para mejorar el rendimiento y la eficiencia. • El ingeniero de calidad envía los procesos al ingeniero de producción.

Tabla 4- PROC002.

Fuente: Elaboración propia

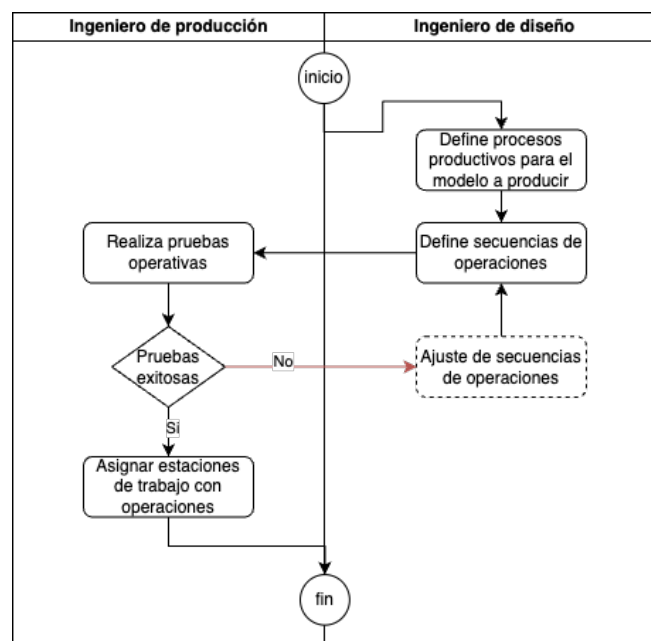


Ilustración 5- PROC002.

Fuente: Elaboración propia

Proceso	PROC003 - Ensamblado y montaje de componentes
Roles	Ingeniero de producción.
Pasos	• Los operarios de producción reciben los procesos productivos y se le asignan estaciones de trabajo. • Los operarios de producción reciben los componentes necesarios para el ensamblado. • Los operarios de producción siguen las instrucciones del ingeniero de producción para realizar el ensamblaje y montaje de los componentes. • El inspector de calidad verifica la calidad del producto. • Se despacha el producto al área de empaque y envío.

Tabla 5- PROC003.

Fuente: Elaboración propia

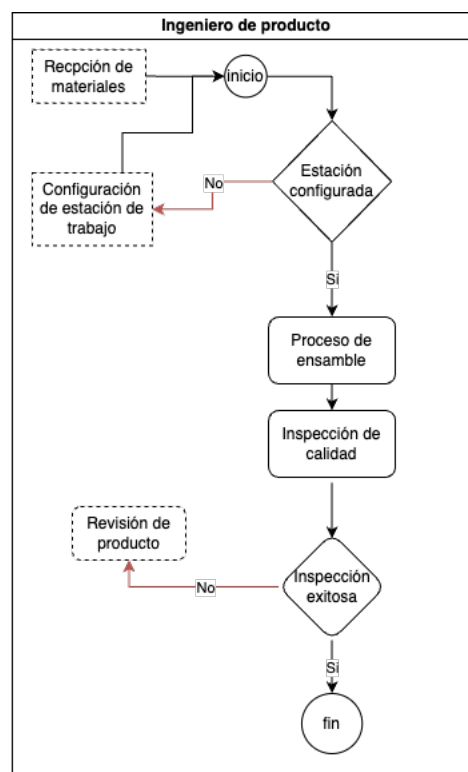


Ilustración 6- PROC003.

Fuente: Elaboración propia

Proceso	PROC004 - empaque y envío.
Roles	Inspector de calidad, encargado de embalaje, encargado de logística.
Pasos	• El inspector de calidad verifica que el producto esté en buenas condiciones antes de ser entregado al encargado de embalaje y lo envía a el encargado de embalaje • El encargado de embalaje realiza el embalaje y etiquetado del producto y lo entrega al encargado de logística. • El encargado de logística registra la información del producto.

Tabla 6- PROC004.

Fuente: Elaboración propia

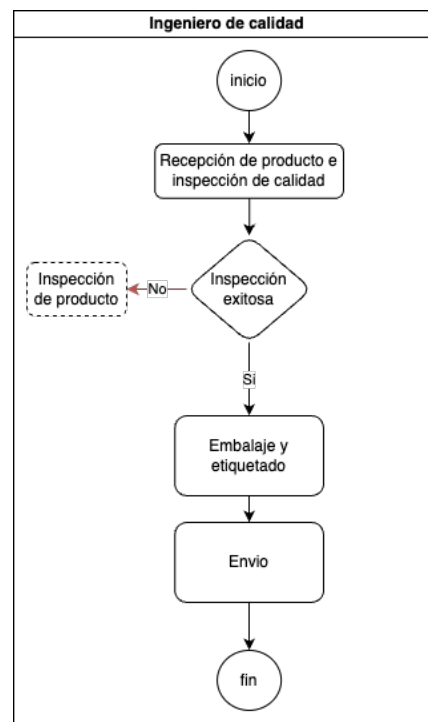


Ilustración 7- PROC004.

Fuente: Elaboración propia

Diagnóstico y Propuesta

Diagnostico

Luego de identificar los procesos, se analizaron problemas y causas asociadas a los mismos.

Proceso: PROC001 - Recepción de materiales y componentes	
Problemas	Causas
Dificultad para rastrear la calidad de los materiales y componentes.	Insuficiente documentación de los criterios y estándares de calidad establecidos.
Pérdida de materiales en la transición entre el inspector de calidad y la línea de producción.	Comunicación ineficiente o falta de registros de transferencia de materiales.

Tabla 7- Diagnóstico PROC001.

Fuente propia

Proceso: PROC002 - Diseño y desarrollo de procesos productivos	
Problemas	Causas
Falta de trazabilidad en el diseño de procesos productivos.	Ausencia de registros o documentación clara sobre los cambios y mejoras realizados en los procesos.
Dificultad para identificar y corregir desviaciones en los tiempos y costos de producción.	Inadecuada planificación y seguimiento de los tiempos y costos de producción.
Falta de retroalimentación efectiva sobre la eficiencia de los procesos.	Insuficiente recopilación y análisis de datos de rendimiento durante las pruebas y ajustes.

Tabla 8- Diagnóstico PROC002.

Fuente propia

Proceso: PROC003 - Ensamblado y montaje de componentes	
Problemas	Causas
Pérdida de trazabilidad en la asignación de estaciones de trabajo.	Falta de seguimiento y registros claros para asignar y rastrear las tareas y los recursos.
Dificultad para rastrear y corregir errores en el ensamblado y montaje.	Insuficiente documentación de los pasos y las instrucciones de ensamblado.
Inconsistencias en la verificación de la calidad debido a la falta de trazabilidad.	Falta de registros y seguimiento adecuados durante las inspecciones de calidad.

Tabla 9- Diagnóstico PROC003.

Fuente propia

Proceso: PROC004 - Empaque y envío	
Problemas	Causas
Dificultad para rastrear y verificar la calidad del producto antes del embalaje.	Insuficiente documentación y seguimiento de los criterios de calidad establecidos.
Pérdida de trazabilidad en el embalaje y etiquetado del producto.	Ausencia de registros o marcas adecuadas para identificar y rastrear los productos durante el embalaje.
Falta de registros completos y precisos de la información del producto durante el envío.	Insuficiente documentación y seguimiento de la información del producto durante el proceso de envío.

Tabla 10- Diagnóstico PROC004.

Fuente propia

Propuesta

La propuesta a la problemática anteriormente descrita consistió en desarrollar un sistema de gestión de trazabilidad en líneas de producción, ensamble y montaje basado en blockchain. Su objetivo fue abordar los problemas identificados en los procesos relevados. Este sistema permitió rastrear de manera segura y transparente cada etapa del ciclo de producción, desde la recepción de materiales hasta el empaque y envío, brindando una trazabilidad completa y confiable.

El sistema propuesto aprovechó la tecnología blockchain para garantizar la inmutabilidad de los registros y la transparencia en la cadena de suministro. Cada etapa del proceso se registró en la cadena de bloques, lo que aseguró la integridad de la información y permitió su verificación en todo momento.

Objetivo, Límite y Alcances Del Prototipo

Objetivo general del prototipo

Gestionar la trazabilidad de los productos a lo largo de su ciclo de vida utilizando blockchain para garantizar la transparencia, integridad y seguridad de la información.

Límites

Desde el proceso de ensamble hasta la finalización del producto en su empaque.

Alcance

El prototipo abarca las siguientes áreas de proceso:

- Registro de materiales.
- Control de calidad en cada etapa del proceso.
- Registro del proceso de ensamble.
- Monitoreo de las etapas de producción.
- Seguimiento del estado y ubicación de los productos.
- Registro de la finalización del producto.
- Trazabilidad de los productos en todas las etapas del proceso de producción y ensamble.

Descripción Del Sistema

Product backlog

ID	Título	Prioridad	Estado	Dependencias
US-001	Registro de materias primas	Alta	En espera	-
US-002	Rastreo de transformación de materias primas	Alta	En espera	-
US-003	Control de calidad en el proceso de producción	Alta	En espera	-
US-004	Registro de actividades de ensamble	Media	En espera	-
US-005	Monitoreo en tiempo real de la producción	Media	En espera	-
US-006	Visibilidad y control del ciclo de vida de productos	Alta	En espera	-
US-007	Registro de finalización de productos	Baja	En espera	-
US-008	Trazabilidad completa de productos con tecnología blockchain	Alta	En espera	US-001, US-002, US-003, US-004, US-006
US-009	Información actualizada para clientes sobre el estado del producto	Media	En espera	US-006
US-010	Notificaciones automáticas de tareas de ensamble	Media	En espera	US-004
US-011	Generación de informes y estadísticas del rendimiento	Media	En espera	-
US-012	Acceso a registros detallados de controles de calidad	Alta	En espera	US-003
US-013	Escaneo de códigos de barras en materias primas y productos	Alta	En espera	US-001, US-002
US-014	Establecimiento de permisos de acceso	Alta	En espera	-
US-015	Acceso a un portal en línea para seguimiento de productos	Media	En espera	US-006

Tabla 11- Product backlog.

Fuente propia.

Historias de usuario

ID	US-001			
Nombre	Registro de materias primas			
Descripción	Como administrador, quiero poder registrar las materias primas utilizadas en la producción, incluyendo proveedor, fecha de adquisición y cantidad, para tener un registro preciso.			
Criterios de aceptación	1. Dado que estoy en la página de registro de materias primas, cuando ingreso el nombre del proveedor, la fecha de adquisición y la cantidad, entonces se guarda correctamente la información en el sistema. 2. Dado que estoy en la página de registro de materias primas, cuando ingreso información incompleta en alguno de los campos obligatorios, entonces se muestra un mensaje de error indicando los campos que faltan. 3. Dado que estoy en la página de registro de materias primas, cuando ingreso una cantidad negativa, entonces se muestra un mensaje de error indicando que la cantidad debe ser mayor a cero. 4. Dado que estoy en la página de registro de materias primas, cuando ingreso una fecha de adquisición en el futuro, entonces se muestra un mensaje de advertencia indicando que la fecha no puede ser futura. 5. Dado que estoy en la página de registro de materias primas, cuando ingreso información válida y guardo el registro, entonces se actualiza correctamente el inventario de materias primas disponibles. 6. Dado que estoy en la página de registro de materias primas, cuando intento registrar una materia prima duplicada (mismo proveedor y fecha de adquisición), entonces se muestra un mensaje de error indicando que ya existe un registro para esa materia prima. 7. Dado que estoy en la página de registro de materias primas, cuando visualizo la lista de registros existentes, entonces puedo ver la información del proveedor, fecha de adquisición y cantidad para cada materia prima registrada. 8. Dado que estoy en la página de registro de materias primas, cuando realizo una búsqueda por proveedor, entonces se muestran solo los registros de materias primas relacionados con el proveedor especificado.			
Prioridad	Alta		Puntos de historia estimados	3

Tabla 12- Historia de usuario US-001.

Fuente propia.

ID	US-002			
Nombre	Rastreo de transformación de materias primas			
Descripción	Como usuario, quiero poder rastrear el proceso de transformación de las materias primas a medida que se convierten en productos terminados, para conocer su evolución.			
Criterios de aceptación	1. Dado que soy un usuario, cuando inicio sesión en el sistema, puedo acceder a la funcionalidad de rastreo de transformación de materias primas. 2. Dado que estoy en la página de rastreo de transformación, cuando ingreso el código o identificador de una materia prima, puedo ver su historial de transformación y los pasos que ha atravesado. 3. Dado que estoy en la página de rastreo de transformación, cuando selecciono un paso específico en el historial de transformación de una materia prima, puedo ver detalles adicionales sobre ese paso, como la fecha, el proceso involucrado y los responsables. 4. Dado que estoy en la página de rastreo de transformación, cuando visualizo el historial de transformación de una materia prima, se muestra la secuencia cronológica de los pasos			

	realizados. 5. Dado que estoy en la página de rastreo de transformación, cuando una materia prima se encuentra en proceso de transformación, se indica su estado actual y se actualiza en tiempo real a medida que se completan los pasos. 6. Dado que estoy en la página de rastreo de transformación, cuando una materia prima ha completado todos los pasos de transformación y se ha convertido en un producto terminado, se marca como "Completada" y se muestra la información relevante del producto terminado. 7. Dado que estoy en la página de rastreo de transformación, cuando no hay historial de transformación para una materia prima específica, se muestra un mensaje indicando que no hay datos disponibles. 8. Dado que estoy en la página de rastreo de transformación, cuando utilizo filtros o búsquedas, puedo encontrar rápidamente las materias primas y su historial de transformación relacionado.			
Prioridad	Alta		Puntos de historia estimados	4

Tabla 13- Historia de usuario US-002.

Fuente propia.

ID	US-003			
Título	Control de calidad en el proceso de producción			
Descripción	Como administrador, quiero establecer criterios y procedimientos de control de calidad en cada etapa del proceso de producción y ensamble, para garantizar productos de alta calidad.			
Criterios de aceptación	1. Dado que soy un administrador, cuando ingreso al sistema, tengo acceso a la funcionalidad de control de calidad en el proceso de producción. 2. Dado que estoy en la página de control de calidad, puedo establecer criterios y especificaciones de calidad para cada etapa del proceso de producción y ensamble. 3. Dado que estoy en la página de control de calidad, puedo asignar responsables y fechas límite para llevar a cabo las inspecciones y pruebas de calidad en cada etapa del proceso. 4. Dado que estoy en la página de control de calidad, puedo generar y visualizar informes y métricas de calidad que muestren el cumplimiento de los criterios establecidos en cada etapa del proceso. 5. Dado que estoy en la página de control de calidad, cuando una etapa del proceso no cumple con los criterios de calidad establecidos, se generan alertas o notificaciones para que los responsables tomen acciones correctivas. 6. Dado que estoy en la página de control de calidad, cuando una etapa del proceso cumple con los criterios de calidad establecidos, se registra y se avanza a la siguiente etapa del proceso. 7. Dado que estoy en la página de control de calidad, puedo realizar un seguimiento del historial de calidad de cada producto y acceder a la información relacionada con las pruebas y las acciones correctivas tomadas. 8. Dado que estoy en la página de control de calidad, puedo generar reportes de control de calidad que resuman el desempeño general del proceso de producción y ensamble.			
Prioridad	Alta		Puntos de historia estimados	2

Tabla 14- Historia de usuario US-003.

Fuente propia.

ID	US-004			
Título	Registro de actividades de ensamble			
Descripción	Como operario, quiero poder registrar las actividades de ensamble, incluyendo información sobre las herramientas utilizadas y el tiempo empleado en cada tarea, para tener un seguimiento detallado.			
Criterios de aceptación	1. Dado que soy un operario, cuando inicio sesión en el sistema, tengo acceso a la funcionalidad de registro de actividades de ensamble. 2. Dado que estoy en la página de registro de actividades de ensamble, puedo ingresar información detallada sobre cada actividad realizada, incluyendo la descripción de la tarea, las herramientas utilizadas y el tiempo empleado. 3. Dado que estoy en la página de registro de actividades de ensamble, puedo asociar cada actividad con el producto en el que se está trabajando. 4. Dado que estoy en la página de registro de actividades de ensamble, puedo guardar y actualizar el registro de actividades a medida que se completan las tareas. 5. Dado que estoy en la página de registro de actividades de ensamble, cuando ingreso el tiempo empleado en una tarea, el sistema calcula y muestra automáticamente el tiempo total empleado en el ensamble del producto. 6. Dado que estoy en la página de registro de actividades de ensamble, puedo generar informes y métricas que muestren el tiempo empleado en cada tarea y en el ensamble general del producto. 7. Dado que estoy en la página de registro de actividades de ensamble, puedo realizar búsquedas y filtrar las actividades por producto, fecha, operario u otra información relevante. 8. Dado que estoy en la página de registro de actividades de ensamble, puedo editar o eliminar las actividades registradas previamente, en caso de ser necesario.			
Prioridad	Alta		Puntos de historia estimados	3

Tabla 15- Historia de usuario US-004.
Fuente propia.

ID	US-005			
Título	Monitoreo en tiempo real de la producción			
Descripción	Como supervisor de producción, quiero tener un sistema de monitoreo en tiempo real de las etapas de producción, para poder tomar decisiones informadas y detectar posibles problemas.			
Criterios de aceptación	1. Dado que soy un supervisor de producción, cuando inicio sesión en el sistema, tengo acceso a la funcionalidad de monitoreo en tiempo real de la producción. 2. Dado que estoy en la página de monitoreo en tiempo real, puedo ver el estado actual de cada etapa de producción, incluyendo la cantidad de productos en proceso y el tiempo transcurrido. 3. Dado que estoy en la página de monitoreo en tiempo real, puedo recibir notificaciones o alertas visuales en caso de que alguna etapa de producción presente problemas o retrasos. 4. Dado que estoy en la página de monitoreo en tiempo real, puedo ver gráficos o tablas que muestren el rendimiento de cada etapa de producción, como la cantidad de productos producidos por hora o la eficiencia de cada línea de producción. 5. Dado que estoy en la página de monitoreo en tiempo real, puedo ver información en tiempo real sobre el rendimiento general de la producción, como la producción acumulada en un período determinado o la tasa de desperdicio. 6. Dado que estoy en la página de monitoreo en tiempo real, puedo generar informes y métricas que resuman el desempeño de la producción en un intervalo de tiempo específico. 7. Dado que estoy en la página de monitoreo en tiempo real, puedo realizar un seguimiento del historial de producción y acceder a información detallada sobre cada ciclo de producción, incluyendo fechas, tiempos de inicio y finalización, y resultados de calidad. 8. Dado que estoy en la página de monitoreo en tiempo real, puedo personalizar la vista y los			

	indicadores clave de rendimiento según mis necesidades y preferencias.			
Prioridad	Alta		Puntos de historia estimados	2

Tabla 16- Historia de usuario US-005.

Fuente propia.

ID	US-006			
Título	Visibilidad y control del ciclo de vida de productos			
Descripción	Como usuario, quiero poder conocer el estado y la ubicación de los productos en cada etapa del ciclo de vida, para tener visibilidad y control.			
Criterios de aceptación	1. Dado que soy un usuario, cuando inicio sesión en el sistema, tengo acceso a la funcionalidad de visibilidad y control del ciclo de vida de productos. 2. Dado que estoy en la página de visibilidad y control, puedo ver el estado actual de cada producto en el ciclo de vida, como "En proceso de fabricación", "En tránsito", "En almacén", "Vendido", etc. 3. Dado que estoy en la página de visibilidad y control, puedo ver la ubicación física de los productos en cada etapa del ciclo de vida, ya sea en una línea de producción, en un almacén o en tránsito hacia un destino. 4. Dado que estoy en la página de visibilidad y control, puedo acceder a información detallada de cada producto, incluyendo su historial de ubicaciones y estados a lo largo del ciclo de vida. 5. Dado que estoy en la página de visibilidad y control, puedo realizar búsquedas y filtros para encontrar productos específicos por su código, nombre u otra información relevante. 6. Dado que estoy en la página de visibilidad y control, puedo registrar acciones relacionadas con los productos, como cambios de estado, transferencias de ubicación o actualización de información. 7. Dado que estoy en la página de visibilidad y control, puedo generar informes y métricas que muestren el flujo de productos a lo largo del ciclo de vida, como el tiempo promedio en cada etapa o el número total de productos en cada estado. 8. Dado que estoy en la página de visibilidad y control, puedo configurar notificaciones o alertas para recibir información actualizada sobre cambios en el estado o ubicación de los productos.			
Prioridad	Alta		Puntos de historia estimados	4

Tabla 17- Historia de usuario US-006.

Fuente propia.

ID	US-007			
Título	Registro de finalización de productos			
Descripción	Como administrador, quiero registrar la finalización de cada producto, incluyendo fecha, hora y responsable, para tener un registro completo del proceso.			
Criterios de aceptación	1. Dado que soy un administrador, cuando inicio sesión en el sistema, tengo acceso a la funcionalidad de registro de finalización de productos. 2. Dado que estoy en la página de registro de finalización de productos, puedo ingresar la información requerida, como la fecha, la hora y el responsable, para cada producto que se ha completado. 3. Dado que estoy en la página de registro de finalización de productos, puedo asociar cada producto con su identificador único o código correspondiente. 4. Dado que estoy en la página de registro de finalización de productos, puedo seleccionar y registrar múltiples productos que se hayan completado simultáneamente. 5. Dado que estoy en la página de registro de finalización de productos, puedo guardar y actualizar el registro de finalización de productos a medida que se van completando. 6. Dado que estoy en la página de registro de finalización de productos, puedo ver un resumen o una lista de los productos que se han finalizado, incluyendo su información correspondiente. 7. Dado que estoy en la página de registro de finalización de productos, puedo realizar búsquedas y filtros para encontrar productos específicos que se hayan finalizado en una fecha o por un responsable determinado. 8. Dado que estoy en la página de registro de finalización de productos, puedo generar informes y métricas que muestren la cantidad total de productos finalizados en un período de tiempo específico o por responsables específicos.			
Prioridad	Alta		Puntos de historia estimados	2

Tabla 18- Historia de usuario US-007.

Fuente propia.

ID	US-008			
Título	Trazabilidad completa de productos con tecnología blockchain			
Descripción	Como administrador, quiero garantizar la trazabilidad completa de los productos desde la adquisición de materias primas hasta la entrega final al cliente, utilizando tecnología blockchain para asegurar la transparencia y la integridad de la información.			
Criterios de aceptación	1. Dado que soy un administrador, cuando inicio sesión en el sistema, tengo acceso a la funcionalidad de trazabilidad completa de productos con tecnología blockchain. 2. Dado que estoy en la página de trazabilidad de productos, puedo registrar y rastrear la adquisición de materias primas utilizadas en la producción de cada producto. 3. Dado que estoy en la página de trazabilidad de productos, puedo registrar y rastrear cada etapa del proceso de producción, incluyendo la transformación de las materias primas y las actividades de ensamble. 4. Dado que estoy en la página de trazabilidad de productos, puedo registrar y rastrear las actividades de control de calidad realizadas en cada etapa del proceso. 5. Dado que estoy en la página de trazabilidad de productos, puedo registrar y rastrear los datos de transporte y logística, incluyendo la ubicación y el estado de los productos durante el envío. 6. Dado que estoy en la página de trazabilidad de productos, puedo registrar y rastrear la entrega final de los productos al cliente, incluyendo la fecha, hora y responsable de la entrega. 7. Dado que estoy en la página de trazabilidad de productos, puedo visualizar la información registrada y rastrear la historia completa de cada producto desde la adquisición de materias primas hasta la entrega final al cliente. 8. Dado que estoy en la página de trazabilidad de productos, la tecnología blockchain garantiza la			

	transparencia y la integridad de la información registrada, evitando alteraciones o falsificaciones de los datos.		
Prioridad	Alta		Puntos de historia estimados
			5

Tabla 19- Historia de usuario US-008.

Fuente propia.

ID	US-009		
Título	Información actualizada para clientes sobre el estado del producto		
Descripción	Como cliente, quiero recibir información actualizada sobre el estado de mi producto en cada etapa de producción y ensamble, para estar informado sobre su progreso.		
Criterios de aceptación	1. Dado que soy un cliente, cuando ingreso al sistema con mis credenciales, tengo acceso a la funcionalidad de recibir información actualizada sobre el estado de mi producto. 2. Dado que estoy en la página de información del estado del producto, puedo ver el estado actual de mi producto en cada etapa de producción y ensamble, incluyendo información detallada sobre su progreso. 3. Dado que estoy en la página de información del estado del producto, puedo ver la fecha estimada de finalización del producto, lo que me permite tener una idea de cuándo estará listo para su entrega. 4. Dado que estoy en la página de información del estado del producto, puedo recibir notificaciones o alertas por correo electrónico, mensaje de texto u otros medios de comunicación, informándome sobre actualizaciones importantes o cambios en el estado de mi producto. 5. Dado que estoy en la página de información del estado del producto, puedo comunicarme directamente con el equipo de producción o servicio al cliente a través de un chat o sistema de mensajería integrado, para hacer preguntas o solicitar información adicional sobre el estado de mi producto. 6. Dado que estoy en la página de información del estado del producto, puedo ver el historial de actualizaciones y cambios de estado del producto, lo que me permite rastrear su progreso a lo largo del tiempo. 7. Dado que estoy en la página de información del estado del producto, puedo realizar un seguimiento de los productos múltiples que he adquirido, y ver la información de estado de cada uno de ellos de manera clara y organizada. 8. Dado que estoy en la página de información del estado del producto, la información mostrada es precisa y se actualiza en tiempo real, brindándome una visión confiable y actualizada sobre el progreso de mi producto.		
Prioridad	Alta		Puntos de historia estimados
			3

Tabla 20- Historia de usuario US-009.

Fuente propia.

ID	US-010			
Título	Notificaciones automáticas de tareas de ensamble			
Descripción	Como operario, quiero recibir notificaciones automáticas sobre las tareas de ensamble que debo realizar, para mejorar la eficiencia y evitar errores.			
Criterios de aceptación	1. Dado que soy un operario, cuando inicio sesión en el sistema, tengo acceso a la funcionalidad de recibir notificaciones automáticas sobre las tareas de ensamble. 2. Dado que estoy en la página de notificaciones automáticas, recibo una notificación en tiempo real cuando se asigna una nueva tarea de ensamble que debo realizar. 3. Dado que estoy en la página de notificaciones automáticas, la notificación contiene información detallada sobre la tarea de ensamble, incluyendo el producto o componente que debo ensamblar, las instrucciones correspondientes y cualquier requisito adicional. 4. Dado que estoy en la página de notificaciones automáticas, puedo configurar mis preferencias de notificación, como la forma en que se entregan las notificaciones (correo electrónico, mensajes de texto, notificaciones en la aplicación, etc.) y los horarios en los que prefiero recibirlas. 5. Dado que estoy en la página de notificaciones automáticas, la notificación me permite confirmar la recepción y la aceptación de la tarea de ensamble asignada. 6. Dado que estoy en la página de notificaciones automáticas, la notificación se mantiene visible y accesible hasta que la tarea de ensamble se marque como completada. 7. Dado que estoy en la página de notificaciones automáticas, puedo acceder a un historial de notificaciones anteriores para revisar tareas de ensamble pasadas y su estado de finalización. 8. Dado que estoy en la página de notificaciones automáticas, las notificaciones son confiables y se entregan de manera consistente, garantizando que no se pierdan tareas de ensamble importantes y contribuyendo a mejorar la eficiencia y evitar errores.			
Prioridad	Alta		Puntos de historia estimados	2

Tabla 21- Historia de usuario US-0010.

Fuente propia.

ID	US-011			
Título	Generación de informes y estadísticas del rendimiento			
Descripción	Como administrador, quiero generar informes y estadísticas sobre el rendimiento del proceso de producción y ensamble, para identificar oportunidades de mejora.			
Criterios de aceptación	1. Dado que soy un administrador, cuando inicio sesión en el sistema, tengo acceso a la funcionalidad de generación de informes y estadísticas del rendimiento. 2. Dado que estoy en la página de generación de informes, puedo seleccionar los parámetros y filtros necesarios para generar informes y estadísticas específicas del rendimiento del proceso de producción y ensamble. 3. Dado que estoy en la página de generación de informes, puedo generar informes que muestren métricas clave, como el tiempo promedio de producción por producto, la eficiencia del proceso de ensamble, el número de productos defectuosos, entre otros. 4. Dado que estoy en la página de generación de informes, puedo seleccionar el rango de fechas y el período de tiempo para los cuales quiero generar los informes y estadísticas del rendimiento. 5. Dado que estoy en la página de generación de informes, puedo exportar los informes y estadísticas generados en formatos populares, como PDF, Excel o CSV, para facilitar su análisis y compartirlos con otros miembros del equipo. 6. Dado que estoy en la página de generación de informes, puedo visualizar gráficos y representaciones visuales de los datos, como gráficos de barras, líneas o tortas, que ayuden a comprender y analizar el rendimiento del proceso de producción y ensamble.			

	7. Dado que estoy en la página de generación de informes, puedo guardar configuraciones y filtros personalizados para informes recurrentes, facilitando la generación de informes rápidos y frecuentes. 8. Dado que estoy en la página de generación de informes, los informes y estadísticas generados son precisos, confiables y actualizados, brindando una visión clara y objetiva del rendimiento del proceso de producción y ensamble.			
Prioridad	Alta		Puntos de historia estimados	4

Tabla 22- Historia de usuario US-0011.

Fuente propia.

ID	US-012			
Título	Acceso a registros detallados de controles de calidad			
Descripción	Como supervisor de calidad, quiero tener acceso a registros detallados de los controles de calidad realizados en cada etapa del proceso, para garantizar el cumplimiento de los estándares.			
Criterios de aceptación	1. Dado que soy un supervisor de calidad, cuando inicio sesión en el sistema, tengo acceso a la funcionalidad de acceder a los registros detallados de los controles de calidad. 2. Dado que estoy en la página de registros de controles de calidad, puedo seleccionar la etapa del proceso de producción o ensamble de la cual quiero ver los registros de controles de calidad. 3. Dado que estoy en la página de registros de controles de calidad, puedo visualizar los registros detallados de cada control de calidad realizado en la etapa seleccionada, incluyendo la fecha, hora, responsable, resultados y cualquier observación o hallazgo relevante. 4. Dado que estoy en la página de registros de controles de calidad, puedo aplicar filtros y realizar búsquedas específicas para encontrar registros de controles de calidad particulares, por ejemplo, filtrar por producto, lote o tipo de control realizado. 5. Dado que estoy en la página de registros de controles de calidad, puedo acceder a documentos adjuntos relacionados con los controles de calidad, como informes, imágenes, gráficos u otros archivos que respalden los resultados y las conclusiones. 6. Dado que estoy en la página de registros de controles de calidad, puedo generar informes personalizados que resuman los resultados de los controles de calidad en la etapa seleccionada, mostrando estadísticas, tendencias o cualquier otra información relevante. 7. Dado que estoy en la página de registros de controles de calidad, los registros son actualizados y reflejan de manera precisa y oportuna los resultados de los controles de calidad realizados. 8. Dado que estoy en la página de registros de controles de calidad, la información mostrada es segura y solo está disponible para los usuarios autorizados, garantizando la confidencialidad y la integridad de los registros.			
Prioridad	Alta		Puntos de historia estimados	2

Tabla 23- Historia de usuario US-0012.

Fuente propia.

ID	US-013			
Título	Escaneo de códigos de barras en materias primas y productos			
Descripción	Como operario, quiero poder escanear códigos de barras en las materias primas y productos, para registrar su trazabilidad de manera rápida y precisa.			
Criterios de aceptación	1. Dado que soy un operario, cuando inicio sesión en el sistema, tengo acceso a la funcionalidad de escanear códigos de barras en materias primas y productos. 2. Dado que estoy en la página de escaneo de códigos de barras, puedo utilizar el escáner de códigos de barras para capturar de manera rápida y precisa la información contenida en los códigos de barras de las materias primas y productos. 3. Dado que estoy en la página de escaneo de códigos de barras, el sistema valida y verifica la información del código de barras escaneado, asegurando su validez y evitando errores de registro. 4. Dado que estoy en la página de escaneo de códigos de barras, puedo escanear códigos de barras en las materias primas utilizadas en el proceso de producción, registrando automáticamente su adquisición y trazabilidad. 5. Dado que estoy en la página de escaneo de códigos de barras, puedo escanear códigos de barras en los productos terminados, registrando automáticamente su finalización y generando un registro completo de su ciclo de vida. 6. Dado que estoy en la página de escaneo de códigos de barras, el sistema muestra información relevante asociada al código de barras escaneado, como detalles de la materia prima, fecha de adquisición, proveedor, características del producto, entre otros. 7. Dado que estoy en la página de escaneo de códigos de barras, el sistema registra la fecha y hora del escaneo, así como el operario responsable, para garantizar un registro preciso y auditable de la trazabilidad de las materias primas y productos. 8. Dado que estoy en la página de escaneo de códigos de barras, el proceso de escaneo es ágil y eficiente, permitiéndome registrar la trazabilidad de las materias primas y productos de manera rápida y sin interrupciones significativas en el flujo de trabajo.			
Prioridad	Alta		Puntos de historia estimados	2

Tabla 24- Historia de usuario US-0013.

Fuente propia.

ID	US-014			
Título	Establecimiento de permisos de acceso			
Descripción	Como administrador, quiero establecer permisos de acceso para cada tipo de usuario, para garantizar la seguridad y privacidad de la información.			
Criterios de aceptación	1. Dado que soy un administrador, cuando inicio sesión en el sistema, tengo acceso a la funcionalidad de establecer permisos de acceso. 2. Dado que estoy en la página de administración de permisos, puedo crear y gestionar diferentes tipos de usuarios con sus respectivos roles y privilegios de acceso. 3. Dado que estoy en la página de administración de permisos, puedo asignar permisos específicos a cada tipo de usuario, limitando su acceso solo a las funcionalidades y datos necesarios para realizar sus tareas. 4. Dado que estoy en la página de administración de permisos, puedo establecer permisos basados en roles predefinidos o crear roles personalizados que se ajusten a las necesidades específicas del sistema. 5. Dado que estoy en la página de administración de permisos, puedo asignar permisos a nivel de módulo o funcionalidad, determinando qué partes del sistema están disponibles para cada tipo de usuario. 6. Dado que estoy en la página de administración de permisos, puedo asignar permisos a nivel de			

	datos, controlando qué información puede ser vista, modificada o eliminada por cada tipo de usuario. 7. Dado que estoy en la página de administración de permisos, puedo realizar cambios en los permisos de acceso en cualquier momento, respondiendo a las necesidades cambiantes del sistema y de los usuarios. 8. Dado que estoy en la página de administración de permisos, los cambios en los permisos de acceso se aplican de manera inmediata y efectiva, asegurando la seguridad y privacidad de la información en todo momento.			
Prioridad	Alta		Puntos de historia estimados	2

Tabla 25- Historia de usuario US-0014.

Fuente propia.

ID	US-015			
Título	Acceso a un portal en línea para seguimiento de productos			
Descripción	Como cliente, quiero tener acceso a un portal en línea donde pueda realizar seguimiento del estado y ubicación de mi producto, para estar informado sobre su progreso.			
Criterios de aceptación	1. Dado que soy un cliente, cuando accedo al portal en línea de seguimiento de productos, puedo iniciar sesión con mis credenciales para acceder a mi cuenta personalizada. 2. Dado que estoy en el portal en línea de seguimiento de productos, puedo ver una lista de mis productos registrados, incluyendo su estado actual y ubicación. 3. Dado que estoy en el portal en línea de seguimiento de productos, puedo seleccionar un producto de la lista para obtener información detallada sobre su estado y ubicación. 4. Dado que estoy en la página de detalles de un producto, puedo ver la fecha y hora del último registro de su estado y ubicación, asegurando que la información esté actualizada. 5. Dado que estoy en la página de detalles de un producto, puedo ver un historial de registros anteriores de su estado y ubicación, lo que me permite rastrear su progreso a lo largo del tiempo. 6. Dado que estoy en el portal en línea de seguimiento de productos, puedo recibir notificaciones automáticas sobre cambios significativos en el estado o ubicación de mis productos, para estar informado de manera oportuna. 7. Dado que estoy en el portal en línea de seguimiento de productos, la información mostrada es segura y solo está disponible para el cliente correspondiente, garantizando la confidencialidad de los datos del producto. 8. Dado que estoy en el portal en línea de seguimiento de productos, la interfaz de usuario es intuitiva y fácil de usar, lo que me permite navegar y acceder a la información de seguimiento de mis productos de manera eficiente.			
Prioridad	Alta		Puntos de historia estimados	2

Tabla 26- Historia de usuario US-0015.

Fuente propia.

Sprint backlog

Se planificaron dos sprints para el desarrollo e implementación del prototipo. Se incluyeron las siguientes historias de usuario:

Sprint	ID	Título	Tareas	Prioridad	Estado	Dependencia
Sprint 1	US-001	Registro de materias primas	- Capturar datos de materias primas en el sistema. - Diseñar formulario de registro.	Alta	Pendiente	
	US-002	Rastreo de transformación de materias primas	- Diseñar algoritmo de rastreo.	Media	Pendiente	
	US-003	Control de calidad en el proceso de producción	- Definir criterios de control de calidad. - Implementar pruebas de control.	Alta	Pendiente	
	US-004	Registro de actividades de ensamble	- Crear formulario de registro. - Integrar con sistema de producción.	Media	Pendiente	
	US-005	Monitoreo en tiempo real de la producción	- Investigar herramientas de monitoreo en tiempo real. - Implementar integración.	Alta	Pendiente	
Sprint 2	US-006	Visibilidad y control del ciclo de vida de productos	- Definir estados del ciclo de vida. - Implementar funcionalidades de control.	Alta	Pendiente	
	US-007	Registro de finalización de productos	- Diseñar formulario de registro. - Integrar con sistema de producción.	Media	Pendiente	
	US-008	Trazabilidad completa de productos con tecnología blockchain	- Implementar tecnologías blockchain. - Diseñar arquitectura de trazabilidad.	Alta	Pendiente	US-001, US-002, US-002, US-004, US-006
	US-009	Dato actualizado para clientes sobre el estado del producto	- Definir información a mostrar.	Alta	Pendiente	US-006
	US-010	Notificaciones automáticas de tareas de ensamble	- Configurar sistema de notificaciones. - Integrar con actividades de ensamble.	Media	Pendiente	US-004
	US-011	Generación de informes y estadísticas del rendimiento	- Definir métricas para informes. - Implementar generación de informes.	Alta	Pendiente	
	US-012	Acceso a registros detallados de controles de calidad	- Diseñar interfaz para visualización de registros. - Implementar consulta de registros.	Media	Pendiente	US-003
	US-013	Escaneo de códigos de barras en materias primas y productos	- Implementar integración con lectores de códigos.	Alta	Pendiente	US-001, US-002
	US-014	Establecimiento de permisos de acceso	- Definir roles y permisos. - Implementar sistema de gestión de permisos.	Media	Pendiente	
	US-015	Acceso a un portal en línea para seguimiento de productos	- Diseñar interfaz de usuario del portal. - Implementar integración con datos de productos.	Alta	Pendiente	US-006

Tabla 27- Sprint Backlog.

Fuente propia

Estructura de datos

Dado que la aplicación se desarrolla utilizando un enfoque orientado a objetos y el esquema de persistencia implementado se basa en una base de datos relacional, se presentan a continuación los diagramas formales de Clases y Entidad-Relación. Estos diagramas son una representación visual que muestra la estructura y las relaciones entre las clases y entidades del sistema, proporcionando una visión clara y concisa de la arquitectura y el diseño de la aplicación. Estos diagramas son de vital importancia para comprender y analizar la organización de los objetos y datos en el sistema, así como para facilitar la comunicación y la documentación del desarrollo de la aplicación.

Diagrama de clases

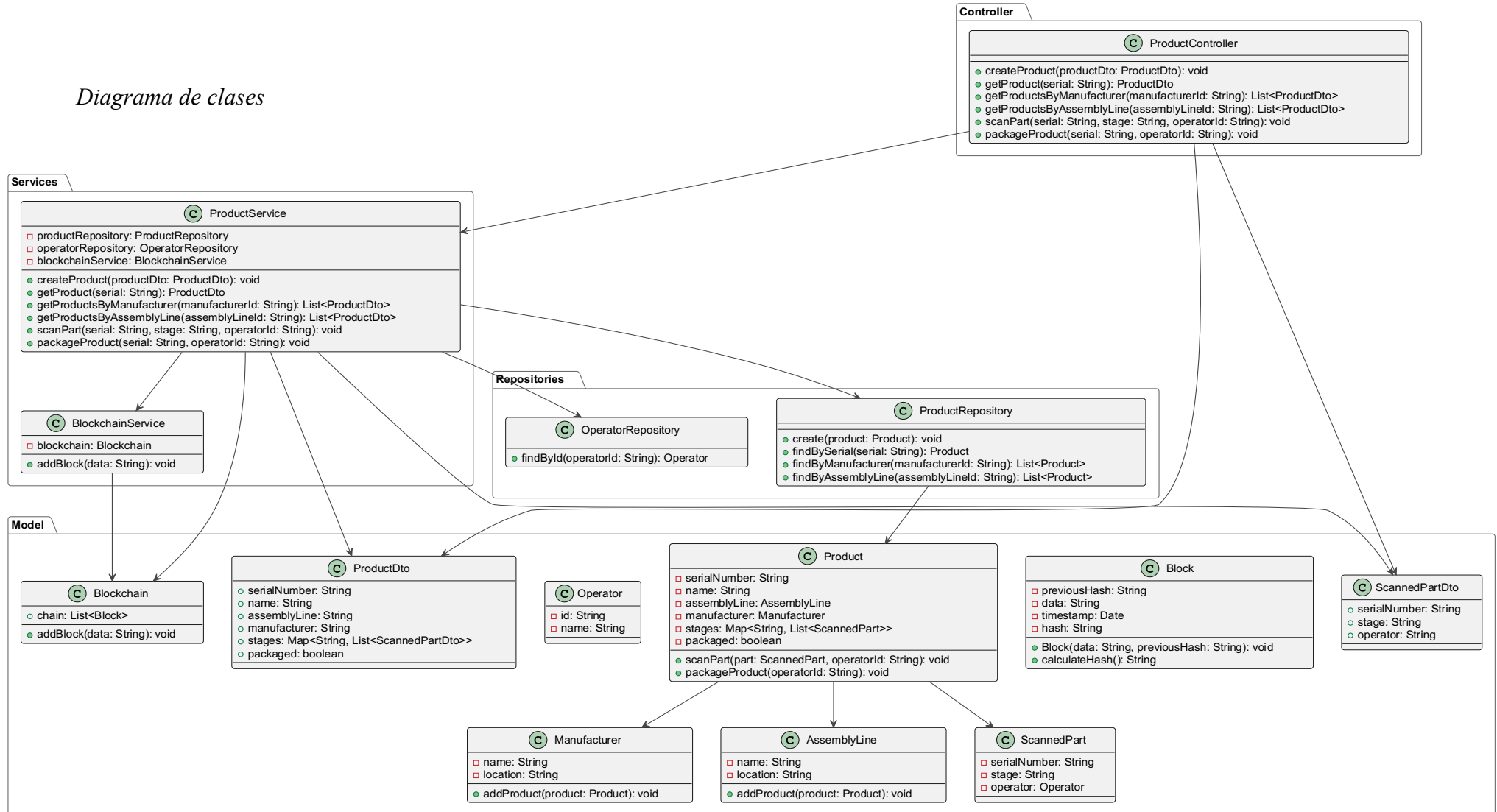


Ilustración 8- Diagrama de clases.

Fuente: Elaboración propia

Diagrama entidad-relación

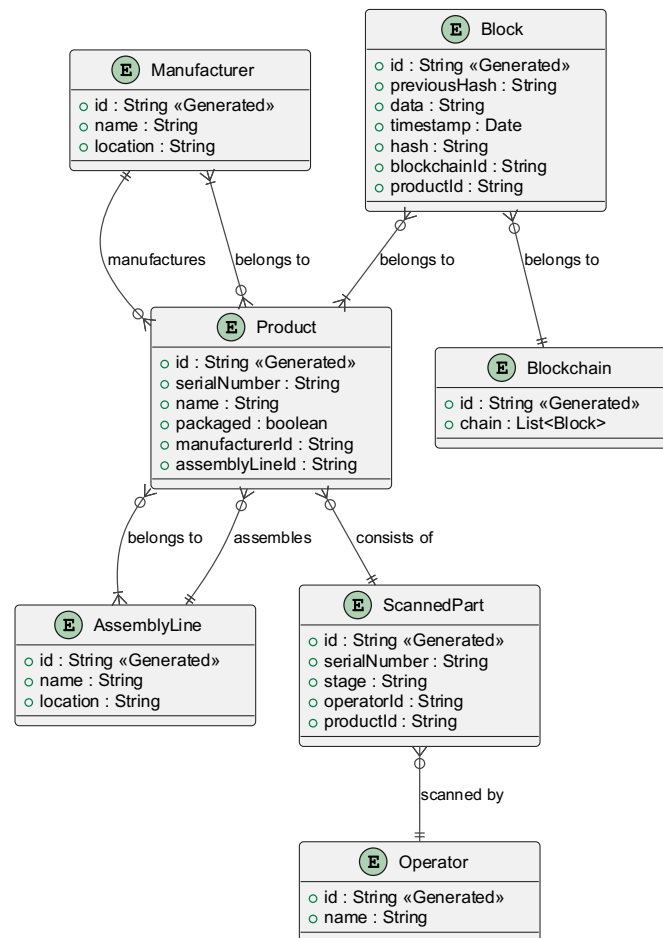


Ilustración 9- Diagrama entidad-relación.

Fuente: Elaboración propia

Diccionario de datos

Campo	Longitud	Tipo de Datos	Descripción
Manufacturer.id		Long	Identificador único del fabricante.
Manufacturer.name	100	String	Nombre del fabricante.
Manufacturer.location	100	String	Ubicación del fabricante.
AssemblyLine.id		Long	Identificador único de línea de ensamblaje.
AssemblyLine.name	100	String	Nombre de la línea de ensamblaje.
AssemblyLine.location	100	String	Ubicación de la línea de ensamblaje.
Product.id		Long	Identificador único del producto.
Product.serialNumber	100	String	Número de serie del producto.
Product.name	100	String	Nombre del producto.
Product.packaged		boolean	Indicador de empaquetado de producto.
Product.manufacturerId		Long	ID del fabricante asociado al producto.

Product.assemblyLineId		Long	ID de línea de ensamblaje asociada al producto.
ScannedPart.id		Long	Identificador único de la pieza escaneada.
ScannedPart.serialNumber	100	String	Número de serie de la pieza escaneada.
ScannedPart.stage	50	String	Etapas en la que se escaneó la pieza.
ScannedPart.operatorId		Long	ID del operador que realizó el escaneo.
ScannedPart.productId		Long	ID del producto asociado a la pieza escaneada.
Operator.id		Long	Identificador único del operador.
Operator.name	100	String	Nombre del operador.
Block.id		Long	Identificador único del bloque.
Block.previousHash	100	String	Hash del bloque anterior.
Block.data	100	String	Datos del bloque.
Block.timestamp		Date	Marca de tiempo del bloque.
Block.hash	100	String	Hash del bloque.
Block.blockchainId		Long	ID del blockchain al que pertenece el bloque.
Block.productId		Long	ID del producto asociado al bloque.
Blockchain.id		Long	Identificador único del blockchain.
Blockchain.chain		List<Block>	Lista de bloques que componen el blockchain.

Tabla 28- Diccionario de datos.
Fuente propia.

Prototipos de interfaces de pantallas

Se han desarrollado diversos prototipos de interfaces de la aplicación con el fin de obtener una previsualización de cómo serán las pantallas del sistema.

Los operarios al autenticarse en la aplicación deben configurar su estación de trabajo indicando la marca y el modelo a producir y su estación de trabajo.

Monitoreo de Línea de Producción Trazabilidad de Producto

Archivo | /Users/sromero/ues21/ingenieria/prototipos/index.html?productCo...

Modelo de Producto:
Modelo 1

Marca de Producto:
Marca 1

Nombre de Estación:
Estación 1

TFG-UES21

Trazabilidad de Producto

Paso 1: Escanear Pantalla
Escanee el código de la pantalla del producto:

Paso 2: Escanear Teclado
Escanee el código del teclado del producto:

Paso 3: Escanear Placa
Escanee el código de la placa del producto:

Paso 4: Finalizar Registro
Finaliza el registro de trazabilidad del producto.

Registrar Trazabilidad

*Ilustración 10- Interfaz de operario.
Fuente: Elaboración propia*

Los ingenieros de producción pueden monitorear el estado de la línea de producción y su ejecución en tiempo real.

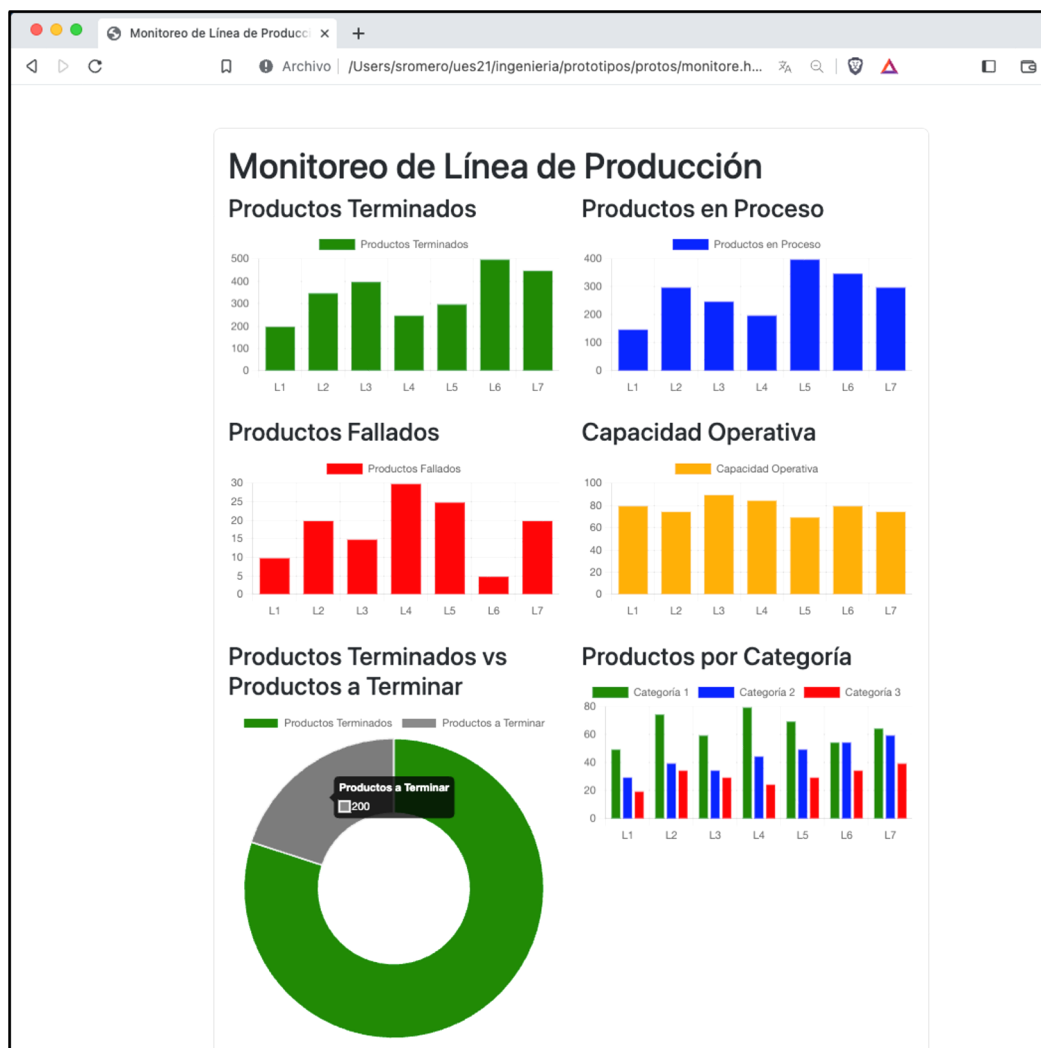


Ilustración 11- Interfaz de ingeniero de producción.

Fuente: Elaboración propia

Los ingenieros de producto pueden configurar las líneas de producción indicando la marca y modelo a producir y asignando las partes que deben escanear los operarios en su estación de trabajo.

The screenshot shows a web browser with three tabs: 'Monitoreo de Línea de Producción', 'Trazabilidad de Producto', and 'Gestión de Productos'. The active tab is 'Gestión de Productos'. The page title is 'Gestión de Productos'. Below the title, there are four sections, each with a heading, a text input field, and a blue button labeled 'Agregar'.

- Dar de Alta una Marca**
Nombre de la Marca:
Agregar Marca
- Dar de Alta un Modelo**
Seleccione una Marca:
Nombre del Modelo:
Agregar Modelo
- Dar de Alta una Parte**
Nombre de la Parte:
Agregar Parte
- Dar de Alta una Estación de Trabajo**
Nombre de la Estación:
Seleccione las Partes:
Agregar Estación

Ilustración 12- Interfaz de ingeniero de producto.

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de arquitectura

Mediante un diagrama de arquitectura, se puede visualizar la distribución de los componentes de un sistema ya implementado. En el contexto de nuestra aplicación, cada actor cuenta con terminales asignadas, las cuales están configuradas con permisos y roles específicos.

Para el operario de la línea de producción, se emplea una estación de trabajo especializada donde se lleva a cabo el escaneo de las piezas correspondientes a su estación. Este proceso de escaneo indica que la parte ha sido ensamblada satisfactoriamente en el producto final. La asignación de las partes se realiza de manera específica para cada estación de trabajo.

La ejecución de este proceso se lleva a cabo a través de una página web alojada en un servidor web provisto por Heroku Cloud Services. Dicha página web interactúa tanto con los bloques de blockchain como con una base de datos ubicada en el mismo entorno de Heroku. Esta operación se encarga de persistir los datos en la base de datos, asegurando su almacenamiento y disponibilidad.

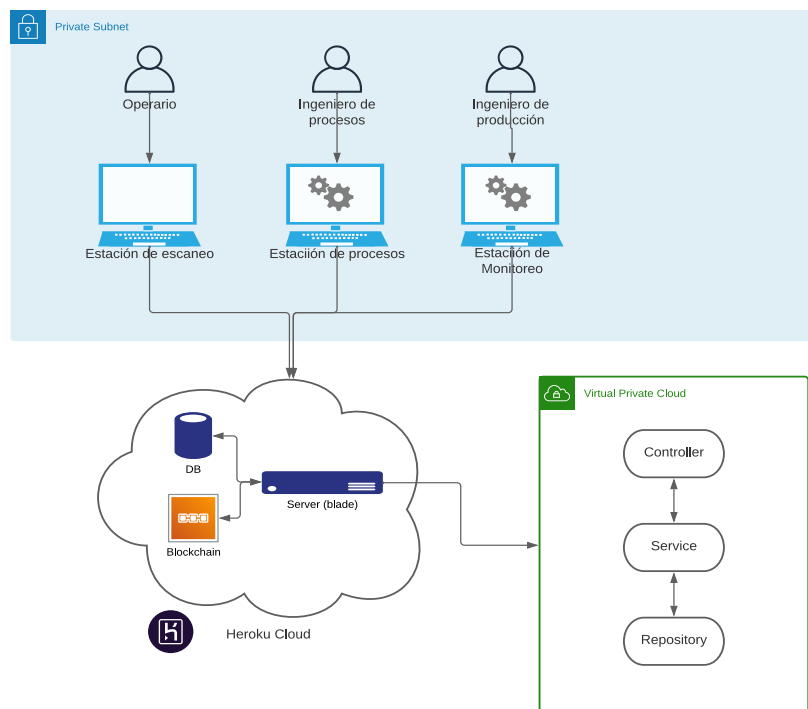


Ilustración 13- Diagrama de arquitectura.

Fuente: Elaboración propia Ilustración

Seguridad

En esta sección se abordan dos temas fundamentales. Primero, se presenta el acceso a la aplicación, donde se explican los procesos de autenticación de usuarios, los requisitos de contraseñas, el almacenamiento seguro de contraseñas y los diferentes perfiles de acceso según las responsabilidades de los empleados. A continuación, se detalla la política de respaldo de información, que incluye la realización de copias de seguridad diarias de la base de datos, la duplicación de los respaldos en un servicio de almacenamiento externo y la descarga de copias de seguridad durante el horario de producción. Estas políticas garantizan la seguridad, integridad y disponibilidad de los datos en caso de ser necesario su recuperación.

Acceso a la aplicación

1. Todos los usuarios se autentican utilizando su número de identificación de empleado provisto por la compañía y una contraseña. Este código es único por cada empleado.
2. La contraseña debe cumplir los siguientes requisitos
 - a. Tener 7 caracteres o más.
 - b. Poseer al menos una letra mayúscula, un número y un carácter especial.
 - c. No ser igual al número de identificación de empleado.
 - d. No debe repetirse con respecto a las ultimas contraseñas utilizadas.
3. Luego de 3 intentos fallidos de inicio de sesión la contraseña caducará.
4. La contraseña se almacenará de manera segura en la base de datos utilizando el algoritmo de cifrado de hash 'SHA-256' el cual es definido por el National Institute of Standards and Technology (NIST) como un algoritmo de hash utilizado para generar resúmenes de mensajes. Estos resúmenes se emplean para detectar si los mensajes han sido modificados desde su generación" (National Institute of Standards and Technology [NIST], 2021).
5. Existen X tipos de perfiles para acceder a la aplicación:
 - a. Operarios: tiene acceso a las operaciones directamente relacionadas a la trazabilidad donde puede configurar su estación de trabajo y escanear partes del producto a producir.
 - b. Ingenieros de producto: tiene acceso a las operaciones de agregar, editar o eliminar las marcas, modelos y las partes que lo componen.

- c. Ingenieros de producción: tiene acceso a las operaciones de agregar, editar o eliminar las estaciones de trabajo.
- d. Inspectores de calidad: tiene acceso a las operaciones de configurar sus estación de trabajo y escanear un producto específico de la línea de producción.

Política de respaldo

La realización de respaldos de información del sistema es de vital importancia para prevenir posibles pérdidas de datos. Por lo tanto, se han establecido las siguientes políticas de respaldo, que se detallan a continuación:

N.º	Política
1	La base de datos estará alojada en un servidor de Heroku en la nube. Con el fin de salvaguardar la integridad de los datos, se llevará a cabo una copia de seguridad exhaustiva de todas las tablas, incluyendo sus datos asociados, utilizando las capacidades de respaldo proporcionadas por el proveedor cloud. Esta operación se realizará de manera automatizada y se programará para ejecutarse diariamente a las 06:00 horas. Los respaldos resultantes se almacenarán de forma segura en el propio servidor, garantizando así la disponibilidad y la posibilidad de recuperación de la información en caso de ser necesario.
2	Una vez que se ha realizado la copia de seguridad, se configura Cron, un administrador de tareas programadas en sistemas Unix-like, para llevar a cabo automáticamente la duplicación de la copia de seguridad. Esta duplicación consiste en transferir una réplica de la copia de seguridad a un servicio de almacenamiento de archivos ubicado en otro cloud ayudando a fortalecer la seguridad y resiliencia del sistema, al contar con una copia adicional de respaldo en un entorno separado y confiable.
3	Mientras exista líneas productivas funcionando y dentro del horario comprendido entre las 11:00 y las 16:00 horas, se asigna al administrador del sistema la responsabilidad de descargar la copia de seguridad. Esta copia será almacenada en un disco duro externo alojada en áreas de seguridad IT.

Tabla 29- Política de respaldo.

Fuente propia.

Análisis de Costos

A continuación se presenta el desglose de los costos de la aplicación. Los servicios en la nube se han valuado en dólares utilizando la cotización del Banco Central de la República Argentina del día 5 de junio de 2023, donde 1USD equivale a 242,5\$ (Banco Central de la República Argentina, 2023).

La información se divide en dos subcategorías principales: Operativo y Desarrollo. La subcategoría Operativo comprende los costos asociados con los servicios de alojamiento y mantenimiento del sistema en la nube. Por otro lado, la subcategoría Desarrollo abarca los costos relacionados con el personal encargado del desarrollo y puesta en marcha del sistema.

Costos de desarrollo

A continuación se presenta una tabla que detalla los costos de desarrollo, incluyendo los honorarios de los profesionales involucrados en la creación del sistema. Los valores utilizados se obtuvieron del Consejo Profesional de Ciencias Informáticas de la Provincia de Córdoba (Consejo Profesional de Ciencias Informáticas de la Provincia de Córdoba, 2023).

Personal	Honorarios mensuales en Pesos Argentinos	Duración en meses	Total
Analista	\$ 278.309,63	3	\$834.928,89
Desarrollador	\$ 417.413,50	3	\$1.252.240,50
QA	\$ 341.818,93	3	\$1.025.456,79
Total:			\$3.915.534,18

Tabla 30- Costos de desarrollo.

Fuente propia.

Costos operativos

Este análisis de costos contempla el desembolso relacionado con la infraestructura de hardware necesaria para el óptimo funcionamiento del sistema, así como el costo de las licencias de software utilizadas en el mismo.

Hardware	Cantidad	Precio	Total
PC INTEL CELERON DUAL CORE G5905 SSD 240 + LED 22 ¹	8	\$ 296.984,00	\$2.375.872,00
LECTOR CODIGO DE BARRAS 3NSTAR SC050 ²	8	\$ 32.984,00	\$263.872,00
Total:			\$2.639.744,00

Tabla 31- Costos de hardware.

Fuente propia.

Nombre	Duración en meses	Precio	Total
Heroku +2 Dynos ³	2	\$412.250,00	\$824.500,00
Java SDK ⁴	2	\$0	\$0
MySQL	2	\$0	\$0
Linux Fedora	2	\$0	\$0
Total:			\$824.500,00

Tabla 32- Costos de cloud.

Fuente propia.

Sumando los costos de desarrollo y los costos operativos, el costo total de la aplicación es de \$ 7.379.778,18 (siete millones trescientos setenta y nueve mil setecientos setenta y ocho con dieciocho centavos).

¹ <https://www.venex.com.ar/computadoras-y-servidores/pcs-de-escritorio/pc-intel-celeron-dual-core-g5905-ssd-240--led-19-philips.html>

² <https://www.venex.com.ar/perifericos/lectores-codigo-de-barras/lector-codigo-de-barras-3nstar-sc050.html?keywords=lector>

³ [https://www.heroku.com/pricing#:~:text=~%240.06%20per%20hour%20\(max%20of%20%2450%20per%20month\)](https://www.heroku.com/pricing#:~:text=~%240.06%20per%20hour%20(max%20of%20%2450%20per%20month))

⁴ <https://www.oracle.com/downloads/licenses/javase-license1.html>

Análisis de Riesgos

A continuación se presenta una tabla que enumera los riesgos potenciales asociados con la creación del sistema.

Con el propósito de lograr una individualización exhaustiva de los riesgos que afectan al proyecto, se aplicó la metodología de análisis de causa raíz. Esta metodología se emplea con el fin de identificar de forma precisa un problema en particular, determinar las causas fundamentales que lo originan y establecer acciones preventivas correspondientes (Project Management Institute, 2018).

Tipo	Riesgo	Causa
Tecnología	Falta de experiencia en tecnología blockchain	Personal con poca experiencia en tecnología blockchain
Interoperabilidad	Interoperabilidad limitada con sistemas existentes	Incompatibilidad de protocolos o formatos de datos
Ciberseguridad	Riesgo de ciberseguridad y vulnerabilidades en el blockchain	Fallas en la seguridad de la red blockchain o en la protección de datos
Gestión del cambio	Resistencia al cambio por parte del personal	Falta de comunicación, capacitación y participación del personal
Escalabilidad	Escalabilidad limitada del sistema	Diseño de la arquitectura que no permite un crecimiento adecuado
Cumplimiento normativo	Riesgo de incumplimiento normativo en la trazabilidad	Ausencia de políticas y procesos para cumplir con regulaciones
Integración	Problemas de integración con proveedores y socios	Dificultades en la sincronización de sistemas y tecnologías
Infraestructura	Problemas con el suministro de internet	Interrupciones en el servicio de internet o baja calidad de la conexión

Diseño	Errores de diseño	Deficiencias en el análisis y planificación del diseño
Gestión de personal	Rotación del personal encargado de administrar el proyecto	Cambios frecuentes de personal en roles clave
Infraestructura	Microservicio caído o inaccesible	Fallos en los componentes o servicios de infraestructura

Tabla 33- Riesgos y causas

Análisis cuantitativo de los riesgos

Se llevó a cabo un análisis cuantitativo de los riesgos identificados. En este proceso, se asignaron ponderaciones a las probabilidades de ocurrencia y los impactos de cada riesgo. Para realizar esta evaluación, se utilizó la siguiente matriz de riesgo.

				Gravedad (impacto)				
				Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
				1	2	3	4	5
Probabilidad	Muy Alta	90%	0,9	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5
	Alta	70%	0,7	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5
	Media	50%	0,5	0,5	1	1,5	2	2,5
	Baja	30%	0,3	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
	Muy Baja	10%	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

Tabla 34- Matriz de riesgo

Basándonos en la tabla de probabilidad/impacto, se determinó el grado de exposición para cada riesgo, el cual se presenta a continuación:

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Grado de exposición
Falta de experiencia en tecnología blockchain	90 %	3	2,7
Interoperabilidad limitada con sistemas existentes	70 %	2	1,4
Riesgo de ciberseguridad y vulnerabilidades en el blockchain	90 %	5	4,5
Resistencia al cambio por parte del personal	50 %	2	1
Escalabilidad limitada del sistema	50 %	4	2
Riesgo de incumplimiento normativo en la trazabilidad	70 %	4	2,8
Problemas de integración con proveedores y socios	70 %	3	2,1
Problemas con el suministro de internet	30 %	1	0,3
Errores de diseño	90 %	3	2,7
Rotación del personal encargado de administrar el proyecto	50 %	2	1
Microservicio caído o inaccesible	70 %	4	2,8

Tabla 35- Análisis cuantitativo.

Con el objetivo de llevar a cabo el análisis cuantitativo, hemos calculado la exposición al riesgo utilizando la siguiente definición de riesgo proporcionada por McConnell (1997): "Una definición de riesgo es 'pérdida no esperada'. La exposición a riesgos es igual a la probabilidad de pérdida no esperada multiplicada por la magnitud de la pérdida" (p. 101). Además, hemos ordenado la tabla de riesgos de mayor a menor exposición.

A continuación se muestra la tabla de riesgos ordenada por exposición:

Riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Efecto/Impacto	Grado de exposición	Porcentaje	% Acumulado
Riesgo de ciberseguridad y vulnerabilidades en el blockchain	90%	5	4,5	34%	34%
Riesgo de incumplimiento normativo en la trazabilidad	80%	4	3,2	24%	58%
Escalabilidad limitada del sistema	60%	4	2,4	14%	72%

Falta de experiencia en tecnología blockchain	70%	3	2,1	12%	84%
Problemas de integración con proveedores y socios	40%	3	1,2	10%	94%
Resistencia al cambio por parte del personal	50%	2	1	6%	100%
Errores de diseño	70%	2	1,4	8%	108%
Microservicio caído o inaccesible	80%	2	1,6	8%	116%
Interoperabilidad limitada con sistemas existentes	40%	2	0,8	4%	120%
Rotación del personal encargado de administrar el proyecto	50%	1	0,5	3%	123%
Problemas con el suministro de internet	30%	1	0,3	2%	125%

Tabla 36- Análisis cuantitativo y grado de exposición.

A continuación, se muestra una tabla que sugiere acciones de contingencia para los riesgos con mayor probabilidad de ocurrencia y mayor impacto (grado de exposición igual o superior a 1.5).

Riesgo	Acciones de Contingencia
Riesgo de ciberseguridad y vulnerabilidades en el blockchain	1. Actualizar regularmente los sistemas de seguridad del blockchain. 2. Implementar medidas de autenticación y encriptación robustas. 3. Realizar auditorías periódicas de seguridad.
Riesgo de incumplimiento normativo en la trazabilidad	1. Establecer políticas y procedimientos claros para garantizar el cumplimiento normativo. 2. Realizar seguimiento regular de los requisitos normativos aplicables. 3. Capacitar al personal sobre las normativas relevantes.
Escalabilidad limitada del sistema	1. Evaluar y planificar adecuadamente los

	recursos necesarios para una escalabilidad futura. 2. Implementar técnicas de optimización de rendimiento. 3. Monitorear y ajustar la capacidad del sistema según sea necesario.
Falta de experiencia en tecnología blockchain	1. Capacitar al personal en tecnología blockchain. 2. Contratar consultores o expertos en blockchain. 3. Establecer alianzas estratégicas con empresas especializadas en blockchain.

Tabla 37- Plan de contingencia

Conclusiones

En este documento se abordó la problemática de la trazabilidad en líneas de producción de electrónica de consumo, con el objetivo de analizar, diseñar y desarrollar un sistema web basado en blockchain que permita gestionar la trazabilidad en dicho proceso.

La problemática identificada se relacionaba con la necesidad de garantizar la transparencia y trazabilidad de los productos de electrónica de consumo a lo largo de las etapas de producción. Para ello, se planteó como objetivo específico identificar los componentes críticos en el proceso de producción y definir los criterios de trazabilidad, así como desarrollar una arquitectura basada en blockchain que permitiera asegurar la integridad y confiabilidad de los datos.

A lo largo del proyecto, se logró satisfactoriamente alcanzar los objetivos establecidos. Se identificaron los componentes críticos en el proceso de producción y se definieron los criterios de trazabilidad, lo que permitió tener una visión clara de los elementos clave para garantizar la trazabilidad de los productos. Además, se desarrolló una arquitectura basada en blockchain que ofreció una solución tecnológica confiable y segura para gestionar la trazabilidad en las líneas de producción de electrónica de consumo.

Este proyecto ha dejado importantes aportes tanto en el ámbito personal como en el profesional. Desde el punto de vista personal, ha sido una experiencia enriquecedora que me ha permitido adquirir conocimientos sólidos sobre la importancia de la trazabilidad en la industria de electrónica de consumo y la aplicación de tecnologías como blockchain en este contexto. Además, ha despertado un interés continuo por la innovación y desarrollo de soluciones tecnológicas que contribuyan a mejorar los procesos de producción y la transparencia en la cadena de suministro.

Finalmente y a nivel profesional, este proyecto me ha brindado la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos durante mi formación y desarrollar habilidades en el análisis, diseño y desarrollo de sistemas web basados en tecnologías disruptivas como blockchain. Asimismo, me ha permitido comprender la importancia de la trazabilidad en la industria y cómo puede contribuir a mejorar la calidad y seguridad de los productos de electrónica de consumo.

Demo

A continuación se expone el siguiente enlace a una carpeta de Google drive donde se encuentran publicado el código fuente y un instructivo detallado para su puesta en marcha.

Link:

https://drive.google.com/drive/folders/1LzCSGwVEQwW1MUJPex_kQnuUwZhdnh5w?usp=sharing

Referencias

- Attar, M. (2021). Thymeleaf 101: A Practical Guide. Apress.
- Berglund, C. (2020). Heroku: Up and Running. O'Reilly Media.
- Bonnet, D., & McAfee, A., Westerman, G. (2014). Leading Digital: Turning Technology Into Business Transformation. Harvard Business Review Press.
Obtenido de <https://tinyurl.com/yc7kyybz>
- Brown, T. (2019). Mastering Ethereum: Building Smart Contracts and DApps. O'Reilly Media.
- Buterin, V. (2014). Ethereum White Paper. Recuperado de <https://ethereum.org/whitepaper/>
- Choi, S. K., Lee, K. W., & Kim, B. C. (2006). Real-time traceability system for SMT production. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 30, pp. 1078-1086.
- Consejo Profesional de Ciencias Informáticas de la Provincia de Córdoba. (2023). Actualización al: 05-2023. Recuperado de <https://www.cpcipc.org.ar/honorarios-recomendados/>.
- Davis, G. (2021). Thymeleaf 3.0 Cookbook. Packt Publishing.
- Gosling, J., Joy, B., Steele, G., & Bracha, G. (2014). The Java® Language Specification. Java SE 8 Edition. Oracle America, Inc.
- Hou, J., Liu, Y., Xu, X., & Zhao, Y. (2020). A traceability system for electronic products based on blockchain technology. In Proceedings of the 2020 IEEE 14th International Conference on Anti-counterfeiting, Security, and Identification (ASID) (pp. 1-6). IEEE.

IBM. (2018). IBM and Walmart to create a safer food supply chain with blockchain.

Obtenido de <https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2018/04/ibm-and-walmart-to-create-a-safer-food-supply-chain-with-blockchain/>

International Organization for Standardization. (2015). ISO 9000:2015 Quality management systems - Fundamentals and vocabulary. ISO. Obtenido de <https://tinyurl.com/4em3aubc>

Johnson, A. (2020). Spring Boot in Action. Manning Publications.

Manfredi, S. (2020). Mastering Ethereum: Building Smart Contracts and DApps. O'Reilly Media.

Marconi, C. (2018). Blockchain Quick Start Guide: A beginner's guide to developing enterprise-grade decentralized applications. Packt Publishing.

Maven: Sonatype. (2020). Apache Maven. Recuperado de <https://maven.apache.org/>

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Consultado en <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

National Institute of Standards and Technology. (2021). SHA-256. Recuperado de https://csrc.nist.gov/glossary/term/sha_256

Oracle. (2021). MySQL. Recuperado de <https://www.mysql.com/>

Schwaber, K., & Beedle, M. (2001). Agile software development with Scrum. Prentice Hall.

Schwaber, K y Sutherland, J. (2017). La Guía de Scrum [archivo PDF].

<http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-GuideSpanish-SouthAmerican.pdf#zoom=100>

Smith, M. (2018). Java: The Complete Reference. McGraw-Hill Education.

Spring Boot: Wallen, J. (2019). Spring Boot: Up and Running. O'Reilly Media.

Swan, M. (2015). Blockchain: blueprint for a new economy. O'Reilly Media, Inc.

Obtenido de <https://tinyurl.com/yz3h4t2n>

Trello Inc. (2021). About Trello. Retrieved April 30, 2023, from <https://trello.com/about>

Thompson, T. (2019). Maven: The Definitive Guide. O'Reilly Media.

Thymeleaf: Attar, M. (2021). Thymeleaf 101: A Practical Guide. Apress.

Truffle Suite. (2020). Ganache. Recuperado de <https://www.trufflesuite.com/ganache>

Vozza, N. F. (2011). Toyota Recall: The Importance of Production System Design and

Supply Chain Management. Journal of Manufacturing Technology

Management, 22(2), 149-167. <https://doi.org/10.1108/17410381111102220>

Watschke, H. (2018). Learning Heroku Postgres. Packt Publishing.

Wallen, J. (2019). Spring Boot: Up and Running. O'Reilly Media.

Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). Leading Digital: Turning

Technology Into Business Transformation. Harvard Business Review Press.

Obtenido de <https://tinyurl.com/yc7kyybz>

Yang, L., Zhang, Z., & Huang, J. (2019). Research on the application of blockchain

technology in the electronic product traceability system. In Proceedings of the

2019 2nd International Conference on Advanced Electronic Materials,

Computers and Materials Engineering (AEMCME 2019) (pp. 165-171). Atlantis

Press.

IBM. (s.f.). Traceability Platform. <https://tinyurl.com/z9ma9ar6>

Viant Technology. (s.f.). Viant. <https://www.viant.io/>

Provenance.org. (s.f.). Provenance. <https://www.provenance.org/>

Intel. (s.f.). Blockchain Reactor. <https://tinyurl.com/5bb9kvct>

OriginTrail. (s.f.). OriginTrail. <https://origintrail.io/>

Tarun Kumar Agrawal, Vijay Kumar, Rudrajeet Pal, Lichuan Wang, Yan Chen. [Link](#)

Anexos

Anexo 1: Listado de preguntas para los responsables de cada área de producción, así como a los operarios y supervisores de las líneas de producción, con el fin de obtener información detallada sobre los procesos y procedimientos utilizados, las herramientas y maquinarias utilizadas, y los problemas y desafíos que enfrentan en la producción.

Entrevistas:

- ¿Cuáles son los principales procesos y procedimientos utilizados en su área de producción?
- ¿Qué herramientas y maquinarias son utilizadas en su área de producción y cómo se integran en los procesos?
- ¿Cuál es el flujo de trabajo típico en su área de producción?
- ¿Cuáles son los principales desafíos y obstáculos que enfrentan en la producción diaria?
- ¿Qué medidas se han implementado para abordar los problemas y desafíos identificados?
- ¿Cuáles son las principales dificultades técnicas que surgen durante la producción y cómo se resuelven?
- ¿Existe algún proceso o procedimiento específico que sea crítico para la calidad del producto final?
- ¿Qué métodos se utilizan para asegurar la calidad de los productos en su área de producción?
- ¿Se han implementado mejoras o innovaciones recientes en los procesos o en el uso de herramientas y maquinarias? En caso afirmativo, ¿cuáles han sido los resultados?
- ¿Cómo se documentan y comparten los conocimientos y mejores prácticas en su área de producción?

Anexo 2:

Preguntas para encuesta dirigida a los clientes:

- ¿Cuál es su nivel de importancia en la trazabilidad de los productos que adquiere?
- ¿Qué información específica le gustaría obtener sobre la trazabilidad de los productos que compra?
- ¿Qué beneficios considera que la trazabilidad aporta a la calidad y seguridad de los productos?
- ¿Cuáles son sus expectativas en términos de transparencia y veracidad de la trazabilidad de los productos?
- ¿Le gustaría tener acceso a información detallada sobre el origen de los componentes utilizados en los productos?
- ¿Qué medidas de seguridad le gustaría que se implementen en la trazabilidad de los productos?
- ¿Considera importante que la empresa tenga certificaciones o estándares reconocidos en materia de trazabilidad?
- ¿Qué nivel de confianza tiene en la empresa actual en términos de trazabilidad de los productos?

Preguntas para encuesta dirigida a los proveedores:

- ¿Qué información sobre trazabilidad de productos suelen solicitar los clientes al proveedor?
- ¿Cuál es su capacidad actual para proporcionar información detallada sobre la trazabilidad de los productos suministrados?
- ¿Qué desafíos enfrenta su empresa en términos de trazabilidad de productos y procesos de producción?
- ¿Cuáles son los requerimientos más comunes de los clientes en cuanto a la trazabilidad de los productos?
- ¿Qué medidas ha implementado su empresa para mejorar la trazabilidad en sus procesos de producción?

- ¿Cuál es su nivel de familiaridad y experiencia con tecnologías como blockchain para la trazabilidad de productos?
- ¿Considera que la trazabilidad de los productos proporciona un valor añadido a su empresa y a sus clientes?
- ¿Qué mejoras o innovaciones sugiere para optimizar la trazabilidad de los productos en la cadena de suministro?