



Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Escuela de Ingeniería Industrial

Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en
Logística

**Estudio del *blockchain* para la cadena de suministro y logística en fabricantes
de equipos originales de la industria médica ubicada en la Zona Franca Coyoil,
Costa Rica durante el primer cuatrimestre del 2023**

Autora:

Ing. Monserrat Lacayo Quesada

Tutora:

Licda. Nancy Miranda Murillo, M.Sc.

Heredia, Costa Rica

Carta del Tribunal Examinador



TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto, titulado: Estudio del *blockchain* para la cadena de suministro y logística en fabricantes de equipos originales de la industria médica ubicada en la Zona Franca Coyol, Costa Rica durante el primer cuatrimestre del 2023, por la estudiante Monserrat Lacayo Quesada, fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial:

NANCY REBECA
MIRANDA
MURILLO
(FIRMA)

Firmado digitalmente
por NANCY REBECA
MIRANDA MURILLO
(FIRMA)
Fecha: 2023.06.08
15:17:34 -06'00'

Licda. Nancy Miranda Murillo, M.Sc.
Tutora

DUSTING
OREAMUN
O ALVAREZ

Firmado digitalmente
por DUSTING
OREAMUNO ALVAREZ
Fecha: 2023.06.07
20:47:10 -06'00'

Ing. Dustin Oreamuno Álvarez
Lector

LUCIA
CATALINA
SANCHEZ
RAMIREZ
(FIRMA)

Firmado
digitalmente por
LUCIA CATALINA
SANCHEZ RAMIREZ
(FIRMA)
Fecha: 2023.06.07
16:43:42 -06'00'

Ing. Lucía Sánchez Ramírez
Representante

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Monserrat Lacayo Quesada, estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy autora intelectual de la tesis titulada:

Estudio del *blockchain* para la cadena de suministro y logística en fabricantes de equipos originales de la industria médica ubicada en la Zona Franca Coyol, Costa Rica durante el primer cuatrimestre del 2023.

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en Heredia, veintidós de mayo del 2023.



Monserrat Lacayo Quesada

Licencia de Distribución no exclusiva

Licencia De Distribución No Exclusiva (carta de la persona autora para uso didáctico)

Universidad Latina de Costa Rica

Yo (Nosotros):	Monserrat Lacayo Quesada
De la Carrera / Programa:	Ingeniería Industrial
Modalidad de TFG:	Tesis
Titulado:	Estudio del <i>blockchain</i> para la cadena de suministro y logística en fabricantes de equipos originales de la industria médica ubicada en la Zona Franca Coyol, Costa Rica durante el primer cuatrimestre del 2023.

Al firmar y enviar esta licencia, usted, el autor (es) y/o propietario (en adelante el “**AUTOR**”), declara lo siguiente: **PRIMERO:** Ser titular de todos los derechos patrimoniales de autor, o contar con todas las autorizaciones pertinentes de los titulares de los derechos patrimoniales de autor, en su caso, necesarias para la cesión del trabajo original del presente TFG (en adelante la “**OBRA**”). **SEGUNDO:** El **AUTOR** autoriza y cede a favor de la **UNIVERSIDAD U LATINA S.R.L.** con cédula jurídica número 3-102-177510 (en adelante la “**UNIVERSIDAD**”), quien adquiere la totalidad de los derechos patrimoniales de la **OBRA** necesarios para usar y reusar, publicar y republicar y modificar o alterar la **OBRA** con el propósito de divulgar de manera digital, de forma perpetua en la comunidad universitaria. **TERCERO:** El **AUTOR** acepta que la cesión se realiza a título gratuito, por lo que la **UNIVERSIDAD** no deberá abonar al autor retribución económica y/o patrimonial de ninguna especie. **CUARTO:** El **AUTOR** garantiza la originalidad de la **OBRA**, así como el hecho de que goza de la libre disponibilidad de los derechos que cede. En caso de impugnación de los derechos autorales o reclamaciones instadas por terceros relacionadas con el contenido o la autoría de la **OBRA**, la responsabilidad que pudiera derivarse será exclusivamente de cargo del **AUTOR** y este garantiza mantener indemne a la **UNIVERSIDAD** ante cualquier reclamo de algún tercero. **QUINTO:** El **AUTOR** se compromete a guardar confidencialidad sobre los alcances de la presente cesión, incluyendo todos aquellos temas que sean de orden meramente institucional o de organización interna de la **UNIVERSIDAD** **SEXTO:** La presente autorización y cesión se registrará por las leyes de la República de Costa Rica. Todas las controversias, diferencias, disputas o reclamos que pudieran derivarse de la presente cesión y la materia a la que este se

refiere, su ejecución, incumplimiento, liquidación, interpretación o validez, se resolverán por medio de los Tribunales de Justicia de la República de Costa Rica, a cuyas normas se someten el **AUTOR** y la **UNIVERSIDAD**, en forma voluntaria e incondicional. **SÉPTIMO:** El **AUTOR** acepta que la **UNIVERSIDAD**, no se hace responsable del uso, reproducciones, venta y distribuciones de todo tipo de fotografías, audios, imágenes, grabaciones, o cualquier otro tipo de presentación relacionado con la **OBRA**, y el **AUTOR**, está consciente de que no recibirá ningún tipo de compensación económica por parte de la **UNIVERSIDAD**, por lo que el **AUTOR** haya realizado antes de la firma de la presente autorización y cesión. **OCTAVO:** El **AUTOR** concede a **UNIVERSIDAD.**, el derecho no exclusivo de reproducción, traducción y/o distribuir su envío (incluyendo el resumen) en todo el mundo en formato impreso y electrónico y en cualquier medio, incluyendo, pero no limitado a audio o video. El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD.** puede, sin cambiar el contenido, traducir la **OBRA** a cualquier lenguaje, medio o formato con fines de conservación. **NOVENO:** El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD** puede conservar más de una copia de este envío de la **OBRA** por fines de seguridad, respaldo y preservación. El **AUTOR** declara que el envío de la **OBRA** es su trabajo original y que tiene el derecho a otorgar los derechos contenidos en esta licencia. **DÉCIMO:** El **AUTOR** manifiesta que la **OBRA** y/o trabajo original no infringe derechos de autor de cualquier persona. Si el envío de la **OBRA** contiene material del que no posee los derechos de autor, el **AUTOR** declara que ha obtenido el permiso irrestricto del propietario de los derechos de autor para otorgar a **UNIVERSIDAD** los derechos requeridos por esta licencia, y que dicho material de propiedad de terceros está claramente identificado y reconocido dentro del texto o contenido de la presentación. Asimismo, el **AUTOR** autoriza a que en caso de que no sea posible, en algunos casos la **UNIVERSIDAD** utiliza la **OBRA** sin incluir algunos o todos los derechos morales de autor de esta. **SI AL ENVÍO DE LA OBRA SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA U ORGANIZACIÓN QUE NO SEA UNIVERSIDAD U LATINA, S.R.L., EL AUTOR DECLARA QUE HA CUMPLIDO CUALQUIER DERECHO DE REVISIÓN U OTRAS OBLIGACIONES REQUERIDAS POR DICHO CONTRATO O ACUERDO. La presente autorización se**

extiende el día de de a las

Firma del estudiante(s):



Carta del Filólogo

22 de mayo del 2023

Señores
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Escuela de Ingeniería Industrial
Universidad Latina

Estimados señores:

Leí y corregí el Trabajo Final de Graduación denominado: **Estudio del *blockchain* para la cadena de suministro y logística en fabricantes de equipos originales de la industria médica ubicada en la Zona Franca Coyoil, Costa Rica durante el primer| cuatrimestre del 2023**, elaborado por la estudiante Monserrat Lacayo Quesada para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en Logística.

Corregí el trabajo en aspectos tales como: construcción de párrafos, vicios del lenguaje que se trasladan a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico, y desde ese punto de vista considero que está listo para ser presentado como Trabajo Final de Graduación, por cuanto cumple con los requisitos establecidos por la Universidad.

Cordialmente,



Licda. **Ginette Fonseca Vargas**
Carné: 10993

Agradecimientos

A mi tutora

Licda. Nancy Miranda Murillo, M.Sc., su apoyo, habilidades y experiencias me permitieron llevar a cabo este estudio, por ello agradezco su orientación y dedicación en el proceso.

A los participantes encuestados y entrevistados

La participación realizada por cada una de estas personas fue fundamental para la recolección de información de primera mano del estudio, el aporte de su conocimiento permitió el fin del estudio y trabajo realizado.

Dedicatorias

A mi familia

Sus palabras de apoyo, su presencia a lo largo del camino y el impulso por hacerme alcanzar mis metas de vida son parte de las razones por las cuales les dedico este logro, como una nueva meta conquistada, de la mano y con las bendiciones de Dios.

Resumen

El presente trabajo se realiza con el fin de estudiar el *blockchain* como herramienta tecnológica en la cadena de suministro y logística y los beneficios que le genera, identificando su presencia y actualidad situacional en las empresas fabricantes de equipos originales de la industria médica ubicada en la Zona Franca Coyol, Costa Rica.

Como primer punto del estudio se identifica la tecnología *blockchain* en sí, entendiéndola como un libro compartido común, además de ser inmutable. Cuenta con diferentes arquitecturas, tipos y elementos que la componen, los cuales se han adaptado a distintas necesidades de uso que se le da a la cadena de bloques, por ello, es importante la comprensión de estos puntos y entender su funcionamiento, debido al uso que se le piense dar al *blockchain*.

Asimismo, se identifica que las principales fortalezas del *blockchain* son: ofrece distintos tipos de red que se adaptan a los objetivos y fines de uso de los usuarios, desintermediación, auditable, inmutable, seguridad y transparencia, contratos inteligentes, permite la disminución de costos, trazabilidad e inmediatez. De igual manera, se llegan a determinar que las oportunidades del *blockchain* son: inversión externa, soporte legal, aumento de los consorcios de *blockchain*, complejidad y costos y estándares de la operatividad de la red.

Por otro lado, se reconoce que entre las debilidades existen: está en etapa de crecimiento, no cuenta con estándares de desarrollo, alta demanda energética, mejora del rendimiento, integración difícil entre los protocolos y legislación de privacidad de datos. Entre las amenazas se puede citar ciberataques y fraude y regulación por parte de gobiernos y entidades. Para finalizar con la circunstancia de que el *blockchain* puede verse afectado por una crisis económica.

Seguidamente, como segundo punto se determina que las empresas pueden recibir del *blockchain* los beneficios de mayor transparencia, seguridad mejorada, eficiencia, menor dependencia de terceros, mayor trazabilidad y aumento de la confianza en sus cadenas de suministro y logística. Los negocios funcionan con información, y *blockchain* es el medio ideal que les permite captar cualquier flujo de información, de manera inmediata, compartida y completamente transparente,

al cual solo pueden acceder participantes autorizados. Dentro de la red *blockchain* se pueden realizar contratos de ventas y compras, rastrear de pedidos, pagos, producción, entre otras cosas.

En tercer lugar, se conoce que la población de empresas seleccionadas identifica calificar los beneficios de la Industria 4.0 de gran ayuda en la gestión de la cadena de suministros y logística, siendo los beneficios el seguimiento de los procesos de la cadena de suministros y la reducción de errores en recibir un porcentaje de 76,93 % y 84,6% respectivamente, en relación con la importancia de beneficio que perciben las empresas.

Asimismo, un 100% de los profesionales encuestados indican hacer uso de herramientas tecnológicas que facilitan la gestión de la cadena de suministros y logística. De igual manera, el *Data Analytics* acumula un 100% de importancia (entre la categoría de importante y muy importante) por parte de todas las empresas en su uso para apoyar el manejo de la logística y cadena de suministros. Para finalizar con este punto, se asocia la importancia de uso entre las herramientas de la Industria 4.0 y el *blockchain*, entendiéndose el potencial de uso existente.

En el punto número cuatro, se identifican las dificultades o retos actuales con los que lidian actualmente las empresas seleccionadas en sus cadenas de suministro y logística, entendiéndose que tienen un buen manejo sobre estas, pero determinando que la digitalización llevada de manera correcta y la tecnología en conjunto, puede conducir a las empresas a disminuir aún más esos retos.

Se identifica así que solo un 23,1% de las empresas encuestadas están usando *blockchain* y una de ellas está en proceso de incorporarlo, determinando que las empresas deciden implementar el *blockchain* para mejorar los retos que se identifican que estas tienen dentro de su cadena de suministros y logística.

Para finalizar con el quinto punto, se evalúa que actualmente las empresas tienen las posibilidades de desarrollar y contratar servicios de *blockchain* en Costa Rica, asimismo, del conocimiento de una serie de factores por considerar en su implementación. Además, de reconocer la importancia de la interacción entre entidades gubernamentales de Costa Rica, reguladores internacionales y empresas privadas desarrolladoras de la tecnología *blockchain*, para establecer políticas de protección de datos que sean compatibles con el desarrollo de la tecnología, normas de

estandarización, eliminar las brechas digitales, aumentar la inversión externa y la apertura de nuevos trabajos.

Tabla de Contenido

Carta del Tribunal Examinador	ii
Licencia de Distribución no exclusiva	iv
Carta del Filólogo	vi
Agradecimientos	vii
Dedicatorias	viii
Resumen	ix
Capítulo I. Introducción	2
Capítulo II. Marco Metodológico	18
Capítulo III. Marco Situacional y Marco Teórico	38
Marco Situacional	38
Marco Teórico	62
Filosofías y conceptos	62
Herramientas	77
Capítulo IV. Análisis de resultados	87
Alfa de Cronbach	136
Capítulo V. Interpretación y discusión de resultados	140
Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones	198
Conclusiones	198
Recomendaciones	217
Bibliografía	237
Anexos	248

Glosario	266
-----------------------	-----

Lista de Figuras

Figura 1. Impacto del comercio de productos falsificados a nivel mundial en el 2020, por tipo (en miles de millones de euros).....	40
Figura 2. Estudio de países con mayor intalación de robots industriales en el 2019.....	42
Figura 3. Encuesta Deloitte, inversión en la Industria 4.0, datos del 2018.....	44
Figura 4. Representación de los porcentajes que potencian el Supply Chain 4.0 en las distintas categorías de la cadena de suministros.....	46
Figura 5. Tendencia de la búsqueda de la palabra <i>blockchain</i>	49
Figura 6. Gasto mundial en soluciones <i>blockchain</i> de 2017 a 2024 (en miles de millones de dólares estadounidenses).....	50
Figura 7. Principales tecnologías <i>blockchain</i> utilizadas por las principales cien instituciones en octubre de 2022.....	52
Figura 8. Ecosistema <i>blockchain</i> en Costa Rica.....	56
Figura 9. Fabricantes de equipo original (OEM) por proceso terapéutico.....	61
Figura 10. Esquema de cómo se contruye la cadena de bloques (<i>blockchain</i>).....	71
Figura 11. Representación del análisis FODAC.....	78
Figura 12. Ejemplificación de la estructura del diagrama de afinidad.....	79
Figura 13. Ejemplificación de los símbolos utilizados en el diagrama de flujo.....	81
Figura 14. Efemplificación de la formulación de la herramienta 5 porqués.....	82
Figura 15. Pregunta filtro. Colaboradores pertenecientes a empresas fabricantes de equipo original de la industria médica en la Zona Franca Coyol.....	88
Figura 16. Pregunta filtro. Colaboradores que trabajan en la gestión del área de logística o cadena de suministro en empresas fabricantes de equipo original de la industria médica.....	89
Figura 17. Tiempo de experiencia.....	91
Figura 18. Edad en años cumplidos.....	92

Figura 19. Grado académico	93
Figura 20. Descripción del <i>blockchain</i>	95
Figura 21. Diagrama de flujo para la escogencia de la arquitectura del <i>blockchain</i> según necesidad	96
Figura 22. Clasificación de los protocolos y sus subdivisiones	97
Figura 23. Diagrama de procesos del flujo general de las transacciones de <i>blockchain</i>	98
Figura 24. Diagramación del flujo general de una transacción en <i>blockchain</i>	99
Figura 25. Diagrama de flujo de los procesos para la transacción en un único libro mayor para la red pública	100
Figura 26. Diagrama de flujo de los pasos para el <i>handshaking</i> en la red privada	101
Figura 27. Diagramación del flujo de la transacción en una red <i>blockchain</i> pública y privada de un único libro mayor.....	101
Figura 28. Diagramación del flujo de la transacción en una red <i>blockchain</i> privada de libros múltiples	102
Figura 29. Análisis FODAC centrado en el <i>blockchain</i>	103
Figura 30. Herramienta 5 porqués para determinar los beneficios del <i>blockchain</i> en la cadena de suministro y logística	107
Figura 31. Principales usos en la logística y cadena de suministros que se les da a las herramientas de la Industria 4.0	108
Figura 32. Conocimiento actual de la utilización de herramientas tecnológicas dentro de la cadena de suministros y logística.....	111
Figura 33. Modelo de negocio digitalizado	112
Figura 34. Identificación de las herramientas tecnológicas utilizadas en la cadena de suministro y logística de las empresas	113
Figura 35. Cuadro de relación entre el <i>blockchain</i> y las herramientas de la Industria 4.0.....	115
Figura 36. Identificación de los elementos por nivel de dificultad de gestión en la cadena de suministros y logística en las empresas	117
Figura 37. Conocimiento sobre el <i>blockchain</i> dentro de la logística y cadena de suministro.....	121

Figura 38. Filtro. Aplicación del <i>blockchain</i> en las empresas	123
Figura 39. Identificar el tipo de <i>blockchain</i> utilizado por la empresa.....	125
Figura 40. Ejemplificación de los sistemas de registro convencional contra el sistema <i>blockchain</i>	128
Figura 41. Ejemplificación de la cadena de bloques en exportación desde Uruguay hasta México.....	129
Figura 42. Diagrama de afinidad para la identificación de las causas de los elementos.....	130
Figura 43. Diagrama del proceso para la consideración de la implementación del <i>blockchain</i>	135
Figura 44. Alfa de Cronbach.....	137

Lista de tablas

Tabla 1. Top 30 de la industria médica a nivel mundial	13
Tabla 2. Área de trabajo.....	90
Tabla 3. Entrevista a especialista en <i>blockchain</i> dirigido a la aplicación en la cadena de suministros y logística. Ítem 1.....	105
Tabla 4. Entrevista a especialista en <i>blockchain</i> dirigido a la aplicación en la cadena de suministros y logística. Ítem 2.....	106
Tabla 5. Beneficios del <i>blockchain</i> hacia la logística y cadena de suministros de las empresas seleccionadas. Ítem 13	124
Tabla 6. Captar conocimiento de las dificultades de la aplicación del <i>blockchain</i> dentro de la empresa	126
Tabla 7. Entrevista a especialista en <i>blockchain</i> dirigido a la aplicación en la cadena de suministro y logística. Ítem 3.....	127
Tabla 8. Pasos iniciales a considerar para aplicar <i>blockchain</i> . Ítem 4	131
Tabla 9. Conocer disponibilidad de servicio <i>blockchain</i> en la cadena de suministros y logística para las empresas. Ítem 5	132
Tabla 10. Conocimiento de la aplicación del <i>blockchain</i> en Costa Rica en la cadena de suministros y logística en las empresas. Ítem 6.....	133
Tabla 11. Regulación existente del <i>blockchain</i> en Costa Rica en la cadena de suministros y logística. Ítem 7	133
Tabla 12. Opinión sobre la reglamentación del <i>blockchain</i> en Costa Rica en la cadena de suministros y logística. Ítem 8.....	134

Capítulo I

Introducción y propósito

Capítulo I. Introducción

Introducción

El presente trabajo se realiza con el fin de comprender cómo la cadena de suministros y logística se enfrenta a una nueva puerta de oportunidad para generar mayor competitividad y mejorar su gestión, a través de una nueva tecnología identificada bajo el nombre de *blockchain*, tecnología que permite mayor conectividad entre las partes y se enfoca en aprovechar los recursos actuales, y la potencialidad que esta permite.

Esta investigación se dirige específicamente a fabricantes de equipos originales de la industria médica ubicada en la Zona Franca Coyol, Costa Rica.

Con el estudio se pretende dar una apertura de entendimiento a lo que es el *blockchain*, entender los beneficios que este pretende ofrecer al manejo de la logística y cadena de suministros de las empresas. Asimismo, comprender cómo funciona, en compañía de otras tecnologías que actualmente se aplican en estas áreas, comprendiendo las dificultades que existen a la hora de gestionar estas actividades, para identificar de qué manera el *blockchain* puede brindar ayuda al cubrir estas. Igualmente, captar información situacional a nivel de Costa Rica sobre la aplicación de esta nueva tecnología.

Con base en lo descrito anteriormente, se plantea un orden para la recolección de la información, donde se contemplan todos los factores necesarios que modelan la propuesta de estudio, sirviendo para generar introducción y conocimiento actual de esta nueva tecnología, que permite a las empresas ser cada vez más competitivas en la realización de sus tareas logísticas y de cadena de suministro.

A lo largo de los siguientes capítulos, se encuentra de manera organizada cómo se da el interés de la investigación, la información existente, los objetivos establecidos, el desarrollo de cada uno de ellos de forma teórica o a manera de recolección de datos que permitan brindar información de primera mano y de expertos, para generar mayor criterio y valor a la investigación, para así poder completar lo que se pretende dejar plasmado a través del estudio.

Antecedentes

La selección del tema propuesto va de la mano de la atención que recibe una tecnología que se encuentra en tendencia, desarrollándose y tomando importancia en diferentes áreas, impactando beneficiosamente la cadena de suministro y logística y aportando en las tendencias constantes por mejorar la gestión, eficiencia, la relación entre las partes, confianza, entre otros aspectos más, que se pueden mejorar a través de la tecnología y su innovación.

Actualmente, todas las empresas se enfrentan contra la globalización, circunstancia que vuelve más complejo el cómo manejar las redes de suministro y logística. La Industria 4.0 trae consigo nuevos movimientos como lo es la Logística 4.0 y la Cadena de Suministros 4.0, que viene a darle un impulso a la mejora de la gestión, donde se pone en práctica sus herramientas tecnológicas involucradas, como lo son: el internet de las cosas (IoT), *big data*, robótica avanzada, entre otras. Todas utilizadas con el propósito de poder dar respuesta a problemas dentro de la logística o cadena de suministros, lograr la satisfacción esperada por el cliente e impulsar el desempeño.

Con base en estas circunstancias y la innovación constante, se empieza a introducir la nueva tecnología denominada *blockchain*, que responde a los puntos que se vienen planteando con anterioridad, la cual se encuentra en desarrollo y algunas de sus áreas de aplicación ya se encuentran vigentes en uso. Dicho sea esto, en la actualidad la solución *blockchain* está siendo usada para la trazabilidad de alimentos. Marr (2018), para la revista Forbes, indica que, en la industria alimentaria es imperativo contar con registros sólidos para rastrear cada producto hasta su origen, razón por la cual Walmart usa *blockchain* para realizar un seguimiento de su carne de cerdo que compra de China y los registros de *blockchain* de dónde proviene, procesa, almacena y vende cada pieza de carne. Unilever, Nestlé, Tyson y Dole también usan *blockchain* para fines similares.

Asimismo, de acuerdo con el diario The One Brief, el *blockchain* puede suministrar una custodia segura de los ítems conforme avancen por la cadena de suministros, como de igual manera, reduce significativamente el costo de los productos en tránsito por cuenta de menores gastos de documentación. Lo mencionado anteriormente despierta un interés y oportunidad de estudio sobre el *blockchain*. La Promotora del Comercio Exterior (PROCOMER) habla en una sección del

artículo *Carrefour aplica la tecnología blockchain a sus productos orgánicos*, sobre las implicaciones para Costa Rica de esta nueva tendencia del uso del *blockchain*, en donde indica lo siguiente:

La adopción de este tipo de tecnologías es cada vez un requisito indispensable no solo para las empresas de tecnología, sino para todos aquellos proveedores dado que la aplicación de este tipo de herramientas está siendo clave para mantener el funcionamiento y la seguridad a lo largo de la cadena de suministro de todas las industrias. De ahí que resulta clave que las empresas del país visualicen cada vez más la importancia de la adopción de este tipo de tecnologías para mantener su competitividad en los mercados internacionales (PROCOMER, 2022).

Se evidencia el potencial que tiene el *blockchain* dentro de las industrias, y sus usos sobre la cadena de suministros y logística, así como el impulso y la oportunidad que tienen las empresas en Costa Rica, para buscar el acoplo a esta nueva tecnología de acuerdo con sus necesidades. Las aplicaciones identificadas de esta nueva tecnología también las pueden aprovechar los fabricantes de equipos originales de la industria médica ubicada en la Zona Franca Coyol, Costa Rica. Es claro que se tiene que determinar un estudio especificado a los beneficios que pueden obtener, ya que no se lleva a cabo una investigación bajo estas consideraciones de interés.

Descripción del tema

El tema por desarrollar se refiere a la gestión de la cadena de suministros y logística con su enfoque en la tecnología, donde se establece la necesidad de contar con herramientas cada vez más versátiles y con mayores capacidades, para potenciar las tecnologías actuales, generar mayor valor en la solución de dificultades de gestión a lo largo de la logística y cadena de suministros, como el hecho de ser más competitivo a nivel internacional.

La tecnología es una herramienta clave para la gestión, eficiencia, optimización, entre otros aspectos de la logística y cadena de suministros. En ello radica la importancia de dar seguimiento a los adelantos de esta, por los aportes y beneficios que brinda a las empresas dentro del entorno competitivo globalizado y con mayores retos. Asimismo, el comprender una nueva herramienta y sus usos, debe ir acompañada de un estudio que permita entenderla.

Al entender una nueva herramienta tecnológica, no es simplemente suficiente el conocer qué es, se debe abarcar su comprensión individual, sus acciones de uso, debilidades, consideraciones y oportunidades existentes sobre esta.

Por ello, dentro del estudio se pretende estudiar la nueva herramienta denominada *blockchain*, que cuenta con áreas de aplicación dentro de la logística y cadena de suministros, estudio que es aplicado a los fabricantes de equipos originales de la industria médica, los cuales fabrican componentes que son utilizados en el producto final de otra empresa. El enfocarse en este tipo de industria se ajusta al tema de estudio, ya que son compañías con reconocimiento internacional y están más expuestas a complicaciones, donde el *blockchain* viene a ser una solución para estas.

Entendiendo la relación que existe entre todos estos elementos de la investigación, se presenta el estudio dirigido a la mejora de la cadena de suministros y logística del tipo de industria seleccionado, por medio de una herramienta tecnológica innovadora que permite reducción de los costos de gestión en logística y comercio exterior, origen y trazabilidad, no repudiación e inmediatez de la cadena de suministros.

Información existente

Como uno de los documentos encontrados que sustentan el tema seleccionado, se cuenta con información de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en su boletín denominado *Oportunidades y desafíos para la implementación de blockchain en el ámbito logístico de América Latina y el Caribe* por Díaz, Pérez, y Valdés (2021).

Este documento genera información sencilla de cómo comprender *blockchain*, donde resaltan las oportunidades que brinda el *blockchain* al comercio exterior, haciendo un mayor enfoque en las aplicaciones del *blockchain* en logística, la utilización de *hyperledger* y otras derivadas. Se resalta la iniciación del proyecto LACChain – CADENA, la cual es una solución de *blockchain* para América Latina y Caribe, lo que involucra la participación de Costa Rica.

Se recurre al análisis documental que brinda el Foro Económico Mundial (2019) con su publicación *Inclusive Deployment of Blockchain for Supply Chains*, documento donde se plantea una introducción a un proyecto centrado en la gobernanza del *blockchain* dentro de la cadena de

suministros y logística. Se muestra así la base, diseño e información directa del *blockchain* y su nueva relación ventajosa con la logística y cadena de suministros como parte de la cuarta revolución industrial, siendo un documento explicativo para el entendimiento de esta tecnología y la aportación a las distintas industrias.

Otro medio que sustenta el trabajo es el escrito *Building a Transparent Supply Chain* por Gaur y Gaiha (2020) para *Harvard Business Review*, donde se marca el auge creciente de la importancia del *blockchain* en la cadena de suministros. Los autores desarrollan ejemplificaciones y soluciones a través del *blockchain*, indicando lo prometedora que es esta tecnología, exponiendo siete empresas de los Estados Unidos de América que se encuentran desarrollando cómo la tecnología *blockchain* les permite la entrega de productos de manera más rápida, con trazabilidad, seguridad entre las partes, financiación, coordinación y confianza en la cadena de suministros.

Finalmente, se pretende hacer uso del documento *La revolución industrial 4.0 y el advenimiento de una logística 4.0* por Barleta, Pérez y Sánchez (2019) para la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), donde se capta el análisis de datos provenientes de los efectos del advenimiento de la Logística 4.0 en América Latina y el Caribe, asimismo, estándares y mejores prácticas internacionales en la introducción de normativas tecnológicas que involucran al *blockchain*.

Estudios previos

Dentro del periodo de inicio del trabajo no se encuentran estudios previos como base en el desarrollo del tema, por lo que se considera bajo la categoría de estudio exploratorio. Se presentan ciertas noticias, informes y blogs sobre el potencial con el que cuenta Costa Rica por lo que le permiten potenciar el uso del *blockchain* a nivel de transacciones, seguridad y área financiera.

Delimitación del tema

Aporte del investigador

El presente tema cuenta con una serie de información existente, pero con una aportación situacional a la actualidad de Costa Rica respecto al tema y a una población determinada para

entender el *blockchain* en cadena de suministro y logística en fabricantes de equipos originales de la industria médica, por lo cual se realiza un estudio.

Objeto de estudio

En este segmento se pretende realizar la aclaración de los elementos principales del trabajo, separándolos en teórico y práctico.

Elemento teórico: de acuerdo con la temática seleccionada, se enfoca en el entendimiento del *blockchain* considerando conceptos e información que sustente el tema.

Elemento práctico: en este sentido se toma el elemento teórico y se incorpora al uso práctico, yendo este enfocado a la cadena de suministros y logística.

Sujeto de estudio

El sujeto de estudio son los fabricantes de equipos originales de la industria médica seleccionados, que se establecen como los beneficiarios del estudio actual.

Delimitación espacial

Específicamente, su desarrollo espacial es en Costa Rica, ya que se pretende investigar la situacionalidad del tema en torno a la población seleccionada.

Delimitación temporal

El desarrollo de trabajo tiene como tiempo de duración el primer cuatrimestre del 2023, donde se realiza la investigación establecida y la recolección de datos e información requerida.

Finalmente se presenta el título con los cinco elementos por contemplar:

Estudio del *blockchain* para la cadena de suministro y logística en fabricantes de equipos originales de la industria médica ubicada en la Zona Franca Coyol, Costa Rica durante el primer cuatrimestre del 2023.

Planteamiento del problema

El problema del trabajo va dirigido a entender los usos potenciales que el *blockchain* puede generar a la cadena de suministros y logística en fabricantes de equipos originales de la industria médica seleccionada. Actualmente se cuenta con tecnologías que marcan cambios importantes y ventajas oportunas para las empresas.

La digitalización ofrece muchas oportunidades, pero en un entorno altamente sensible como lo es el sector de la salud, también ejerce presión sobre las cadenas de suministro. Sobre todo, cuando se trata de la distribución de medicamentos regulados o de una posible vacuna en un escenario tipo pandemia, pues ésta debe ser controlada. (Weinberger, 2020, párr. 1)

De acuerdo con lo mencionado, se plantea la pregunta investigativa, la cual procede del objetivo general formulado para la investigación, con lo que se pretende estudiar los factores necesarios que hacen al *blockchain* útil en las actividades logísticas y de cadena de suministros; comprendiéndose su composición en sí, la aportación de sus usos, la conectividad con herramientas tecnológicas actuales y las oportunidades situacionales que actualmente existen. Se plantea así la siguiente pregunta al problema de estudio:

¿Cuál es el uso del *blockchain* para la cadena de suministros y logística en fabricantes de equipos originales de la industria médica ubicada en la Zona Franca Coyol, Costa Rica, durante el primer cuatrimestre del 2023?

Sistematización del problema

En este apartado se desagregan las preguntas que se pretende investigar, en relación con las variables que se extraen de los objetivos propuestos para el estudio.

La primera pregunta específica procura conocer lo que es el *blockchain*, entender los elementos que lo conforman, dar entendimiento general de su funcionamiento y generar un análisis de sus fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas y circunstancias, para dar la introducción y

entendimiento de esta tecnología y poder dar punto de partida para investigar. Por ello se plantea la siguiente pregunta:

- ¿Cuál es la comprensión correspondiente del *blockchain* como nueva herramienta tecnológica?

La segunda pregunta corresponde a entender la funcionalidad del *blockchain* dentro de la cadena de suministros y logística, asimismo, identificar por qué la herramienta *blockchain* ayuda a beneficiar la cadena de suministros y logística. Se plantea la siguiente pregunta:

- ¿Cuál es la funcionalidad del *blockchain* en la cadena de suministro y logística?

En el caso de la tercera pregunta, pretende indicar las aportaciones que generan los usos de las herramientas tecnológicas en la cadena de suministros y logística, asimismo, identificar las herramientas tecnológicas que están siendo implementadas en las industrias médicas seleccionadas y encontrar la relación existente entre las herramientas tecnológicas de la Industria 4.0 y el *blockchain*. Para ello se establece la siguiente interrogante:

- ¿Cuáles son los usos de las herramientas tecnológicas?

En cuanto a la cuarta pregunta, se pretende valorizar a través de estudios las dificultades más comunes dentro de la cadena de suministro y logística, e igualmente, encontrar la posible causa por la que ocurren estas deficiencias. Con ello, mediante datos, categorizar los elementos que considera la industria médica seleccionada que se deberían trabajar más. De igual manera, identificar si el *blockchain* ya está siendo una opción para cubrir estos elementos. Con esto en mente, se plantea la siguiente pregunta:

- ¿Cuáles son los elementos que se pueden cubrir con el *blockchain*?

Para finalizar con la quinta pregunta, que va alineada al estudio principal que se quiere dejar, esto para poder indicar las oportunidades y situacionalidad de las oportunidades para implementar el *blockchain*. Por ello, se plantea la siguiente pregunta:

- ¿Cuáles las oportunidades para implementar el *blockchain*?

Objetivos

Se procede a presentar los objetivos establecidos para el trabajo, teniendo un objetivo general que surge de las situaciones antes indicadas, de igual manera, se desprenden cinco objetivos específicos que proceden de la síntesis del problema.

Objetivo general

La meta principal global es lo que se conoce como objetivo general, de él se derivan los objetivos específicos, en el momento que se completen todos ellos se alcanza el cumplimiento del general. A continuación, se presenta el objetivo general planteado de acuerdo con el aporte del tema.

Objetivo general investigativo

Se tiene como objetividad general el componente investigativo, donde se pretende entender y estudiar el *blockchain* en la cadena de suministros y logística de los fabricantes de equipos originales de la industria médica. Se entiende que el enfoque va dirigido a determinar los potenciales y características que posee la tecnología como tal, que le permite beneficiar a la cadena de suministros y logística de las empresas de la industria médica seleccionada y, a la vez, indagar información de las dificultades de la población y de la situacionalidad en torno al *blockchain*.

Se tiene como objetivo general del trabajo el siguiente:

- **Estudiar el *blockchain* para la cadena de suministros y logística en fabricantes de equipos originales de la industria médica ubicada en la Zona Franca Coyol, Costa Rica durante el primer cuatrimestre del 2023.**

Objetivos específicos

En relación con el objetivo general planteado, se obtienen los siguientes objetivos específicos de la investigación:

El primer objetivo específico es un acercamiento al conocimiento concreto de la tecnología *blockchain*:

- Conocer el *blockchain* como nueva herramienta tecnológica.

Una vez determinados los conocimientos del *blockchain* como nueva herramienta tecnológica, se procede a identificar las funciones investigadas de este en la cadena de suministros y logística, por ello, se plantea el siguiente objetivo específico:

- Identificar la funcionalidad del *blockchain* en la cadena de suministro y logística.

Posteriormente a los dos objetivos específicos, se adentra a distinguir los distintos usos que se les da a las herramientas tecnológicas que son usadas dentro de la cadena de suministros y logística, provenientes de la Industria 4.0, por lo cual surge el tercer objetivo específico:

- Distinguir usos de las herramientas tecnológicas.

Seguidamente, se establece los elementos o también conocidas como las dificultades de gestión presentes en la cadena de suministros y logística, que pueden ser cubiertos por el *blockchain*, con ello se establece el siguiente objetivo específico:

- Establecer los elementos que se pueden cubrir con el *blockchain*.

Para finalizar, y como parte del estudio de la investigación, se busca evaluar las oportunidades con las que se cuenta actualmente para la implementación del *blockchain*, siendo este el quinto y último objetivo específico:

- Evaluar las oportunidades para implementar el *blockchain*.

Justificación

En este segmento se expresan las tres justificaciones con las que cuenta el estudio: práctica, metodológica y teórica. La justificación práctica permite exponer la importancia del trabajo, la justificación metodológica es la que respalda la investigación a través de criterio y, para finalizar, se tiene la justificación teórica, la cual brinda sustento teórico base del trabajo.

Justificación práctica

Se puede destacar que uno de los elementos principales que genera mayor valor agregado y poder de gestión es la tecnología, potenciando el funcionamiento de la cadena de suministro y logística global. Este elemento permite alcanzar la eficiencia en costos y el tiempo de respuesta, asimismo, una serie más de beneficios que se derivan de estas de manera más específica.

Este tipo de aprovechamiento tecnológico hace avanzar e innovar competitivamente a cualquier tipo de industria. Cada día, empresas que desarrollan *softwares*, innovaciones tecnológicas y demás, están en una constante investigación y prestación de servicios tecnológicos, y quedarse atrás de las nuevas actualizaciones no es una opción.

Por ello, el entender el panorama del *blockchain* y el potencial que puede alcanzar en un par de años es esencial. Rodríguez (2019) se refiere al caso de la empresa Maersk, una de las navieras más grandes, la cual hace alianzas con IBM para crear una plataforma de envío llamada TradeLens para dar seguimiento y rastreo a sus envíos de carga. Asimismo, menciona el trabajo de Nestlé por utilizar la plataforma *blockchain* empresarial para el rastreo de sus productos alimenticios desde las granjas y poder ofrecer a sus consumidores alimentos de la mejor calidad. Esto otro, siendo una aportación directa a la cadena de suministros.

Siguiendo la misma línea, uno de los acontecimientos que marca el cambio del funcionamiento en casi todo es la pandemia por COVID-19, revolucionando la cadena de suministros y logística, también. De acuerdo con el artículo de *The Logistics Word* por Carlos Juárez, se puede generar una revisión de cargamentos con tecnología *blockchain*, y se especifica en el caso cuando se maneja la cadena de suministros de las vacunas del COVID-19, donde indican lo siguiente:

Los datos recabados por medio de las herramientas *Blockchain* permiten verificar que los cargamentos de vacunas anticovid nunca se hayan modificado ni manipulado. Su aplicación se combina además con dispositivos dotados con internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés) y etiquetas de seguridad. El conjunto de estas tecnologías garantiza que no existen violaciones sanitarias cuando las dosis llegan a los sitios autorizados para su uso. (Juárez, 2021, párr. 9)

Se marca la necesidad de implementar una solución de herramienta tecnológica con mayor potencial que las actuales existentes. En este contexto se define un auge de crecimiento sobre el *blockchain*, donde, se determina una falta de información sobre el uso de esta tecnología, ya que no hay especificaciones situacionales a nivel de Costa Rica ni tampoco un estudio del *blockchain* aplicado a la cadena de suministros y logística de los fabricantes de equipos originales de la industria médica.

Actualmente, la Zona Franca Coyol contiene ocho de las principales compañías de dispositivos médicos del mundo, de acuerdo con los datos del informe de las treinta principales empresas de dispositivos médicos de la Medical Product Outsourcing (MPO) por Fenske, Barbella y Brusco (2022). Estas empresas son de alto renombre internacional, tienen ventas a nivel global muy importantes, cadenas de suministro distribuidas en distintas partes del mundo y logística internacional. Por lo tanto, el uso de tecnología es esencial para darles eficiencia a todos sus procesos.

Tabla 1

Top 30 de la industria médica a nivel mundial

<i>Principales fabricantes médicos</i>	
Empresa y su posición en el Top 30 de MPO	Ventas informadas al cierre fiscal del 2021 en dólares
1 Medtronic	\$31.69B
2 Abbott	\$30.01B
8 Cardinal Health	\$16.68B
9 Philips	\$16.67B
20 Terumo	\$5.77B
22 Hologic	\$5.63B
24 Smith+Nephew	\$5.21B

Nota. Ventas del año fiscal de las industrias médicas más fuertes a nivel mundial con representación en Costa Rica. Reproducida de *The 2022 MPO Top 30 Medical Device Companies Report: Recovery from the COVID-19 pandemic was the strategy for both the world at large and the medtech elite*, por Fenske, Barbella y Brusco, 2022.

De acuerdo con las justificaciones dadas, es necesario considerar los usos que se le pueden dar al *blockchain* en la cadena de suministro y logística, agregando datos provenientes de la población seleccionada, datos situacionales, reglamentación y oportunidades sobre el *blockchain*, además, de su relación con otras tecnologías actualmente en aplicación. Finalmente, la investigación servirá como base para futuras investigaciones relacionadas.

Justificación metodológica

Los métodos para la elaboración del presente trabajo se sustentan a través de una correcta selección de instrumentos y recursos, que permiten la captación de datos e información por distintos medios, como lo son la revisión o el análisis documental en primera instancia; haciendo uso de artículos, fuentes de entidades especializadas en el tema, escritos publicados, libros de texto, entre otros medios.

Asimismo, en segundo plano, se pretende hacer uso de instrumentos de campo, realizando como primer punto, cuestionarios que permitan el desarrollo de la encuesta y la entrevista, con el fin, de aplicar el instrumento de encuesta a manera de censo para captar información de la población de interés. Igualmente, aplicar una entrevista a expertos del tema, en relación con el *blockchain* y su aplicación en la logística y cadena de suministros, con el propósito de brindar información de primera mano, generarle valor al trabajo y respaldo a la validación de los datos por presentar.

Justificación teórica

La base del estudio se fundamenta en la tecnología para el establecimiento de los usos posibles que se le pueden dar al *blockchain* dentro de la cadena de suministros y logística de los fabricantes de equipos originales de la industria médica seleccionados. Por ello es necesario el entendimiento del uso a nivel global que da a las empresas en su intercambio y gestión de las redes de suministro y logística.

De igual manera, comprender aspectos de oportunidad que hay sobre esta tecnología, sus reconocimientos, su nivel de aplicación en usos, regulaciones existentes sobre ella y su compatibilidad con otras tecnologías que actualmente son conocidas y utilizadas a nivel global por las empresas.

Alcances y limitaciones

Alcances

El estudio identifica los beneficios de los usos que se le pueden dar al *blockchain* en la cadena de suministros y logística, por lo que a continuación se presentan los alcances establecidos para el trabajo:

- **Fabricantes de equipos originales de la industria médica:** son los principales beneficiados por la investigación, ya que el estudio los tiene como población de interés, debido a que les permite entender cómo el *blockchain* puede potencializar su cadena de suministros y logística.
- **País involucrado:** se delimita espacialmente a conocer la situacionalidad de las oportunidades que existen dentro de Costa Rica, ya que la introducción de esta nueva tecnología en cada país es diferente, y se quiere enfocar específicamente en él.
- **Industrias:** si bien este trabajo está enfocado hacia la industria médica, los distintos análisis que se den del tema también pueden beneficiar a los distintos tipos de industria y entender de mejor manera cómo el *blockchain* los ayuda a ellos y la situacionalidad actual a nivel país de oportunidades. Asimismo, proveedores, fabricantes finales, vendedores, entre otros, sin importar su industria para potenciar el uso del *blockchain*, todos deben tener acceso a esta tecnología para potenciar sus características, en el beneficio de la cadena de suministros y logística.

Asimismo, se encuentra otros participantes involucrados en este desarrollo:

- **Proveedores, vendedores y desarrolladores de soluciones *blockchain*:** al ser este un estudio que se basa en el *blockchain*, este tipo de empresas deben seguir sus desarrollos para garantizar el potencial de este en las áreas de cadena de suministros y logística, para genera con ello, capacitación en el tema y hacer crecer sus negocios de igual manera.
- **Operadores logísticos:** el trabajo puede presentar una manera de actualización hacia la incorporación del *blockchain* en estas empresas de servicio, debido a que una cadena de

suministros depende de la incorporación de distintos participantes, y ellos llegan a ser parte del proceso.

Se encuentra con una serie de personas que se pueden interesar por el estudio del tema.

- **Profesionales en logística y cadena de suministro:** estas personas se ven beneficiadas por el estudio, ya que pueden ampliar su conocimiento o encontrar información de interés, así como encontrar nuevos potenciales laborales en su área.
- **Profesionales o desarrolladoras en *blockchain*:** este tipo de profesionales se ven envueltos y beneficiados con el aumento de oportunidades laborales, principalmente en Costa Rica, debido al creciente interés en el tema de aplicar *blockchain* en la logística y cadena de suministros.
- **Estudiantes de logística:** el trabajo realizado puede servir como escrito de información hacia las nuevas rutas de innovación; asimismo, funcionar como base o para dar mayor desarrollo a próximos trabajos de investigación.

Limitaciones

Se procede a identificar elementos que limitan la investigación:

- **Población experta:** el poder contactar a expertos en *blockchain*, y que cuenten con el conocimiento de la nueva tendencia de aplicación o desarrollo en las áreas de cadena de suministros y logística, es muy limitado, debido a que la prioridad en conocimiento *blockchain* sigue siendo *bitcoin* y aspectos financieros.
- **Carencia de estudios previos:** al no encontrar una investigación con el mismo énfasis existe una limitante, ya que parte de la base del estudio debe plantearse sin información previa.

Capítulo II

Marco Metodológico

Capítulo II. Marco Metodológico

Este capítulo presenta la relación conjunta de los criterios que se utilizan para seleccionar las estrategias, identificar el tipo y enfoque de la investigación, los sujetos envueltos en ella, asimismo, las fuentes de información posibles y la definición completa de las variables. “El marco metodológico de investigación es una elaboración compleja que integra las decisiones y acciones teórico-metodológicas del proceso investigativo” (Mata, 2019, párr. 1).

Definición del Enfoque

Como primer punto del marco metodológico, se debe contemplar las características con las que cuenta la investigación, y relacionarla con los tipos de enfoque, asimismo, comprender la vinculación de las distintas partes del trabajo con los enfoques principales.

Cuantitativo

Este enfoque tiende a generalizar y normalizar resultados. “Al final, con los estudios cuantitativos se pretende confirmar y predecir los fenómenos investigados, buscando regularidades y relaciones causales entre elementos. Esto significa que la meta principal es la formulación y demostración de teorías” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.6). Se estudian las variables y sus relaciones de forma deductiva.

En la investigación predomina el enfoque cuantitativo, ya que se complementa con la metodología deductiva, una de las características que tiene el trabajo, ya que inicia con el *blockchain* y se desplaza hasta llegar al involucramiento de esta herramienta en la cadena de suministros y logística para las empresas de la industria médica seleccionada.

Asimismo, desde el primer capítulo se puede ver la construcción completa y ordenada de las ideas de la investigación, siendo esto parte de las características esenciales del enfoque cuantitativo. Este enfoque se fundamenta en medir las características del objeto, tema o demás posibles elementos de estudio.

Cualitativo

Prosiguiendo con otro de los tipos de enfoque, se tiene el que se dirige más al estudio de datos de cualidades. El cualitativo “analiza datos no numéricos con el objetivo de obtener una aproximación exploratoria a los fenómenos que estudia” (Rus, 2021, párr. 1). Además, está dirigido a profundizar en el estudio de casos específicos. “En su forma general, la investigación cuantitativa parte de cuerpos teóricos aceptados por la comunidad científica, en tanto que la investigación cualitativa pretende conceptuar sobre la realidad, con base en la información obtenida de la población o las personas estudiada” (Bernal, 2022, p. 58).

Tomando en cuenta lo descrito anteriormente, se considera que existe una presencia de ambos enfoques, debido a que se escoge una muestra de una población total, en este caso los fabricantes de equipo original de la industria médica, de la cual se quiere extraer e inferir información e interpretarla, respecto al entendimiento de su cadena de suministros y logística de la muestra seleccionada, además, de la consulta a través de una entrevista a agentes conocedores del tema del *blockchain* en la cadena de suministros y logística. Asimismo, hay participación de la búsqueda a través de las referencias bibliográficas, por lo que se da el análisis cualitativo y cuantitativo de la situación puesta bajo estudio.

Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación funciona bajo el propósito de dar respuesta las preguntas planteadas en la investigación, y, asimismo, ayudar al cumplimiento de los objetivos del estudio. Por diseño se entiende:

No experimental

La investigación va dirigida a observar tal y como se dan los elementos de estudio en el entorno donde actúan, no se interfiere con ellos.

En cambio, en un estudio no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren

y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos. (Hernández, et al., 2014, p.152).

Siendo este el diseño que se acopla al tipo de investigación que se lleva a cabo, ya que todos los elementos o variables de interés son utilizados para la toma de datos bajo las circunstancias que están actualmente, sin generarles ningún cambio.

Transeccional

Este es uno de los caminos que puede seguir el diseño de la investigación no experimental, también denominado con el nombre de transversal. Se trata de “investigaciones que recopilan datos en un momento único” (Hernández, et al., 2014). Se entiende que la recolección de datos a través de los instrumentos adecuados y seleccionados solo se aplica una única vez durante el periodo de la investigación.

Métodos de Investigación Utilizados

Seguidamente, se procede a exponer los métodos investigativos que se relacionan con el estudio, y el planteamiento que este tiene, para este caso se consideran tres métodos.

Deductivo

Se determina este método, dado que el trabajo desde su inicio presenta el aspecto más general de la problemática para luego ir paulatinamente hacia los hechos más particulares. “Permite estructurar razonamientos mediante los que se infieren u obtienen conclusiones o juicios generales, a partir de una o varias premisas o afirmaciones verdaderas” (Pimienta y Orden, 2017, p.45).

Existe una realidad externa, que puede ser comprendida mediante la recopilación de datos objetivo, siendo la deducción un elemento base de esto, ya que se pretende establecer conclusiones de principios ya conocidos, para llegar a otros no conocidos. “Es decir, se inicia con el análisis de los postulados, teorías, teoremas, leyes, principios, etc., de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares” (Bernal, 2022, p. 57).

Analítico

El nombre de este método procede de la fundamentación del análisis, basándose en descomponer las partes de lo que se está estudiando.

Se centra en el descubrimiento de leyes o teorías acerca del fenómeno estudiado, por tanto, es un proceso cognitivo que busca al fragmentar o separar las partes de un todo, sea cuerpo, elemento u objeto estudiar su composición de manera individual. (Pimienta y Orden, 2017, p. 47)

Por ello, este método es utilizado para que, a través de un estudio del tema u objeto, por medio de análisis y observaciones se pueda conocer concretamente su esencia, extrayendo así nueva información sobre este y encontrar mayor comprensión al respecto.

Documental

Debido a que el tema cuenta con información existente, se hace uso del método documental que permite analizar y utilizar información existente que responda a las necesidades del tema; por ejemplo, los boletines publicados por Comisión Económica para América Latina y el Caribe, informes del Foro Económico Mundial, entre otros. “Se apoya en métodos y estrategias de recopilación, reflexión, análisis e interpretación sistemáticos de leyes, teorías, postulados, conceptos y conocimientos teóricos o empíricos que están concentrados en diferentes documentos impresos, iconográficos, magnéticos, fonográficos y digitales” (Muñoz, 2015, p.221).

Tipo de Investigación

De acuerdo con la investigación planteada, se establecen dos tipos de investigación por seguir.

Explicativo

Los distintos alcances van de acuerdo con la perspectiva que se le pretende dar al estudio. Por ello se prosigue a describir el alcance que se considera adecuado para investigación; de acuerdo con Hernández et al. (2014):

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables (p. 95).

Respecto al estudio se relaciona el *blockchain* con la cadena de suministros y logística, además, de relacionarlo con los puntos flojos de la cadena de suministros y logística de los fabricantes de equipo original de industria médica en Zona Franca Coyol seleccionada. Por ende, se ve el alcance de tipo explicativo, ya que se estudia por qué ocurren las relaciones de estas variables puestas bajo estudio.

Descriptivo

Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Hernández et al., 2014, p. 92)

De igual manera, se “realiza un análisis de la realidad por medio de una serie de parámetros. Esta investigación no se pregunta por qué sucede y solo se interesa por lo que sucede” (Rus, 2020, párr. 8). Relacionando la terminología de este tipo de estudio, se considera que es el que este también se ajusta al estudio, debido a que se pretende especificar propiedades del *blockchain*, como conocer la variable definida de elementos de la cadena de suministro y logística de los fabricantes de equipo original de la industria médica en Zona Franca Coyol donde se recolecta información de esta, al igual de recolectar de manera independiente información de otra variables, que luego su relación es comprendida a través del alcance explicativo.

Sujetos y Fuentes de Información

Existen diversas fuentes por medio de las cuales se capta la información necesaria para la elaboración de un estudio, siendo estas las herramientas que dan acceso a captar conocimiento e

información, dependiendo de la necesidad deseada de la investigación, propuesta o proyecto. Básicamente, es por estos medios por los cuales se consigue el acceso a la información, que permite satisfacer y alcanzar los objetivos planteados de la investigación.

Sujetos de investigación

Fuentes primarias

De acuerdo con González y Maranto (2015):

Este tipo de fuentes contienen información original, es decir, son de primera mano, son el resultado de ideas, conceptos, teorías y resultados de investigaciones. Contienen información directa antes de ser interpretada, o evaluado por otra persona. Las principales fuentes de información primaria son los libros, monografías, publicaciones periódicas, documentos oficiales o informe técnicos de instituciones públicas o privadas, tesis, trabajos presentados en conferencias o seminarios, testimonios de expertos, artículos periodísticos, videos documentales, foros. (p. 2)

Considerando la explicación en relación con qué es una fuente primaria, para este trabajo se puede considerar que se tienen dos fuentes primarias: las empresas seleccionadas y los agentes expertos que se pretende entrevistar. De estos dos, se obtiene información original y de primera mano.

Fuentes secundarias

Existe un segundo tipo de fuentes de información, denominado fuentes secundarias.

(...) este tipo de fuentes son las que ya han procesado información de una fuente primaria. El proceso de esta información se pudo dar por una interpretación, un análisis, así como la extracción y reorganización de la información de la fuente primaria. (González y Maranto, 2015, p.2)

Debido al estilo de investigación, la mayoría de las fuentes dominantes en este estudio son de procedencia secundaria. Ya que se hace uso de estudios como artículos, trabajos y ciertos escritos más, donde se usan otras fuentes para reforzar el trabajo que estos exponen, dejando atrás el hecho

de que sean totalmente originales. Pero de ellos se obtiene la información de la recolección teórica o de estudios relacionados con las variables detalladas por estudiar.

Fuentes terciarias

González y Maranto (2015) explican lo siguiente:

Este tipo de fuentes son las que recopilan fuentes de información primarias o secundarias. Estas fuentes son utilizadas para buscar datos o para obtener una idea general sobre algún tema, algunas son; bibliografías, almacenes, directorios, donde se encuentran la referencia de otros documentos, que contienen nombres, títulos de revistas y otras publicaciones. (p.2)

En el caso de fuentes terciarias, se hace uso de guías que publican el contenido procedente de otros autores y dan acceso a ellas, uno de ellos es referencia para llegar a encontrar artículos relacionados con estudios sobre el *blockchain* y permiten encontrar el estudio original y poder tener acceso a este.

Población y Censo

Población

Cuando se determina la investigación se elige un universo o población objetiva a la cual se dirige el estudio. Normalmente cuando se menciona la palabra población, se tiende a relacionar con personas, pero la población no pueden ser solo personas, también un tipo de industria o empresa, puede ser la población interés. Una población es el “conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (Hernández, et al., 2014, p.174).

La población seleccionada para este estudio es de carácter finito, motivo por el cual no se realiza un cálculo de muestra. Debido a que se seleccionan fabricantes de equipos originales de la industria médica bajo una localización específica, por ello, solo se realiza el estudio de las existentes dentro de la ubicación de Zona Franca Coyol, Costa Rica.

Son trece fabricantes de equipos originales en total, pertenecientes a la industria médica: Medtronic, Cardinal Health, Philips, Abbott, Smith & Nephew, MicroVention – Terumo, Hologic, Moog Medical, CooperVision, CooperSurgical, Establishment Labs, Apollo Endosurgery y Nevro.

Censo

Casi siempre las investigaciones se realizan con muestras. Solo cuando queremos realizar un censo debemos incluir en el estudio todos los casos (personas, productos, procesos, organizaciones, animales, plantas, objetos) del universo o la población. Las muestras se utilizan por economía de tiempo y recursos (Hernández, Cuevas, Mendoza, y Méndez, 2017, p.128).

En este caso, debido a que la población es finita y delimitada, se aplica la realización del censo a las trece empresas seleccionadas. Por medio del censo, se pretende recolectar la información detallada de interés proveniente de la población seleccionada.

Instrumento y Técnicas de Investigación

Los instrumentos o técnicas por seguir para realizar una investigación son variados, pero tienen que ir de acuerdo con el tipo de información y la necesidad que tenga el estudio y las variables por captar. “Recabar los datos implica medir o capturar la información pertinente. Para este fin, se utilizan o desarrollan uno o más instrumentos de recolección de los datos” (Hernández, et al., 2017, p. 145). A continuación, se explican las técnicas seleccionadas y su razón, además de los instrumentos por utilizar en cada una de ellas.

Cuestionario

Este es el primer instrumento utilizado, ya que permite ir postulando preguntas respecto a las necesidades de los datos por recolectar, para realizar el estudio.

Un cuestionario es un conjunto de preguntas respecto a una o más variables que se van a medir. El contenido de las preguntas de un cuestionario es tan diverso como los aspectos

que evalúa. Fundamentalmente, se consideran dos tipos de preguntas: cerradas y abiertas. (Hernández, et al., 2017, p. 155)

Estas preguntas -abiertas o cerradas- pueden tener distintas características de composición, dando a escoger entre dos respuestas (dicotómicas), de opción múltiple, a manera de escala, categorización o valorización, permitiendo así captar la información necesaria requerida.

Encuesta

La encuesta, “es un método de investigación que recopila información, datos y comentarios por medio de una serie de preguntas específicas. La mayoría de las encuestas se realizan con la intención de hacer suposiciones sobre una población, grupo referencial o muestra representativa” (Terreros, 2021, párr. 5). Esta técnica permite recolectar información de un grupo de interés, y la información que se obtenga de ella va a permitir entender o analizar cierto tema de interés.

El hacer utilización de la encuesta para desarrollar uno de los objetivos del tema, es básico. Con esta herramienta se puede aplicar una serie de preguntas que permita identificar los puntos flojos de la cadena de suministros de la industria médica en Zona Franca Coyol, y entender la situación de su cadena de suministro y logística actualmente, y así poder comprender qué le puede brindar el *blockchain* a estas empresas. Dentro de los instrumentos por utilizar, se contempla el Google Forms (Formularios de Google en español), que permite crear la encuesta y hacerla llegar a los encuestados e identificar el avance de las respuestas de los encuestados.

Entrevista

La entrevista, “se define como una reunión para conversar e intercambiar información entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado) u otras (entrevistados)” (Hernández, et al., 2014, p.403). La entrevista se manejaría bajo el enfoque cualitativo y de manera semiestructurada. “Las entrevistas semiestructuradas se basan en una guía de asuntos o preguntas y el entrevistador tiene la libertad de introducir preguntas adicionales para precisar conceptos u obtener mayor información” (Hernández, et al., 2014, p.403).

Se selecciona la técnica de la entrevista ya que permite recolectar de mejor manera la información cualitativa proveniente de los agentes de servicios de cadena de suministros de donde se espera obtener información de los usos del *blockchain* a través de la experiencia de estas personas y su experiencia con el tema y así tener recolección de datos de manera flexible y en parte planificada una serie de preguntas fijas. El instrumento por utilizar en esta entrevista es la herramienta Word para redacción y apunte de las respuestas.

Documental

“El proceso de revisión de la literatura se desarrolla a lo largo de toda la investigación y especialmente en la concreción del propósito de la investigación, la elaboración de un marco conceptual y en la discusión final propiciando el diálogo teórico” (Casasempere, 2020, párr. 1). El objetivo del análisis bibliográfico es recopilar información existente sobre el tema de interés para darle más fundamento a la investigación.

Se hace uso del análisis bibliográfico ya que el tipo de proyecto amerita tener esta opción como una de las mayores fuentes de donde se va a captar la información para poder solventar el propósito de la investigación. Se hace uso de instrumentos como bibliotecas virtuales, libros, artículos científicos, y demás posibles archivos que hagan referencia a los diferentes puntos del tema por explorar.

Confiabilidad y Validez

La etapa de recolección de datos requiere de muchas cosas, pero cuando se habla de los requisitos que deben cumplir los instrumentos de medición, es básico que sean confiables, exista validez y se siga la objetividad.

Confiabilidad

El término confiabilidad se refiere al “grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes” (Hernández, et al., 2014, p.200), situación que se logra aplicando los instrumentos correctos que garanticen la confiabilidad de los datos, permitiendo su reproducción.

Validez

La validez procede a indicar qué tan bien el instrumento puede medir una variable que se desea conocer. “La validez, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir” (Hernández, et al., 2014, p.200). Existen una serie de tipos de validez que van dirigidas a enfoques, por su contenido, criterio y constructo.

“La validez de contenido se refiere al grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se mide” (Hernández, et al., 2014, p. 201), esto hace énfasis en contemplar si el instrumento a través de su contenido está captando la dimensión que tienen las variables por recolectar.

Seguidamente, se tiene que contemplar la validez del criterio, la cual “se establece al comparar sus resultados con los de algún criterio externo que pretende medir lo mismo” (Hernández, et al., 2014, p. 202). Asimismo, contemplar la validez constructo, “es probablemente la más importante, sobre todo desde una perspectiva científica, y se refiere a qué tan bien un instrumento representa y mide un concepto teórico” (Hernández, et al., 2014, p. 203). En conclusión, se busca por estos medios que las preguntas que componen los instrumentos cuenten con una buena construcción y aporten criterio a la investigación.

Técnica de Validación

Alfa de Cronbach

Es uno de los procedimientos que se aplican para determinar la confiabilidad, la cual trabaja con variables de intervalo o de razón. De acuerdo con Hernández, et al. (2014), citando las palabras de Garson (2013), se “establece que 0.60 es aceptable para propósitos exploratorios y 0.70 para fines confirmatorios, resultando 0.80 “bueno” en un alcance explicativo” (p. 295).

Esta comprobación se realiza en uno de los capítulos siguientes, en donde se aplica por el hecho de validez y confiabilidad a las preguntas que cumplan con las características de ser Escala, escala de Likert o tipo Likert.

Operacionalización de Variables

El proceso de operacionalización de las variables va de la mano con las metodologías o técnicas establecidas para la toma de datos, debe existir compatibilidad con los objetivos, y que al mismo tiempo se responda el enfoque del estudio. Par ello, se procede a definir conceptualmente cada variable, el significado propio que tienen, asimismo, la definición instrumental, espacio en el que se aclara el instrumento por utilizar por cada variable, y para finalizar, se realiza la definición operacional, exponiendo la definición del fin por el cual se mide esa variable.

Asimismo, en el Anexo I se puede observar el cuadro de variables, del cual procede la operacionalización.

Operacionalización de la primera variable: *blockchain*

Definición conceptual

El motivo de la primera variable es conocer adecuadamente el *blockchain*.

El concepto implícito en el *blockchain* es que cada registro de la base de datos se compone de una serie de bloques, donde una misma transacción se registra y se comparte en múltiples nodos de la red, y donde cada nodo mantiene una copia y todas las copias se actualizan y validan simultáneamente. (Barleta, et al., 2019, p. 6)

En esta variable recae la tarea de estudiar qué es el *blockchain*, bajo el motivo de comprender esta tecnología en creciente auge de manera sencilla. Entendiendo su funcionamiento básico, elementos claves y analizarla a nivel de sus fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades.

Definición instrumental

En el caso de la primera variable y debido a las características que se quiere conocer de ella, se procede a hacer uso de los siguientes instrumentos:

- Documental: se pretende hacer uso de este instrumento para extraer, analizar y consultar información existente que permita conocer a fondo el *blockchain*.

- Análisis FODAC: al utilizar esta herramienta se pretende realizar un análisis más profundo sobre las oportunidades, fortalezas, debilidades, amenazas y circunstancias procedentes de la información previamente obtenida sobre esta herramienta tecnológica.
- Diagrama de flujo: para la integración de procesos existentes en el *blockchain*.

Definición operacional

La primera variable es cualitativa y pretende establecer las características básicas para la comprensión del *blockchain*, entendiendo esto en sí, elementos base, tipos existentes, el funcionamiento general que tiene, además de identificar, por medio de un diagrama, sus fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas y circunstancias de esta tecnología.

Operacionalización de la segunda variable: *blockchain* en la cadena de suministros y logística

Definición conceptual

Previamente definido el concepto *blockchain* en la primera variable, en esta segunda variable se pretende determinar su papel dentro de la cadena de suministros y logística. De esta forma, Barleta, et al. (2019) indican la relación de esta tecnología con la logística y cadena de suministros:

Esta tecnología ofrece un mecanismo de seguro para el intercambio de información entre los distintos componentes de la cadena productiva y logística, mediante una encriptación de la información y su almacenaje de forma distribuida, evitando con ello un único punto de fallo o adulteración fraudulenta de la información (p. 6).

La variable *blockchain* en la cadena de suministros y logística representa, conceptualmente, la funcionalidad que brinda esta herramienta a estas dos áreas de gestión dentro de una empresa.

Definición instrumental

La segunda variable hace uso de tres tipos distintos de instrumentalización, debido al tipo de información que se necesita para definir la variable. Se procede a hacer uso de los siguientes instrumentos:

- Documental: se pretende analizar información existente para brindar mayor apoyo al objetivo de estudio que se tiene.
- Herramienta 5 porqués: se pretende identificar los porqués del *blockchain* en la cadena de suministros y logística.

Asimismo, se hace uso del cuestionario 2 (ver los Anexos III y V), siendo aplicado por medio de una entrevista, a continuación, se presenta de manera correspondiente el número de ítem, naturaleza y reactivo:

- Ítem 1, abierta, beneficios del *blockchain* en la cadena de suministros.
- Ítem 2, abierta, beneficios del *blockchain* en la logística.

Definición operacional

La segunda variable, cuenta con una naturaleza cualitativa, la cual va enfocada en entender la funcionalidad del *blockchain* dentro de la cadena de suministros y logística, además de identificar los porqués de la herramienta *blockchain*, ayudan a beneficiar la cadena de suministros y logística.

Se procede a presentar los ítems e indicadores que corresponden al cuestionario 2 (ver los Anexos III y V) aplicado por medio de entrevista:

- Ítem 1, de razón.
- Ítem 2, de razón.

Operacionalización de la tercera variable: usos de las herramientas tecnológicas

Definición conceptual

En el caso de la tercera variable, busca establecer los usos de las herramientas tecnológicas. La Real Academia Española (2022) define “uso” como: “uso específico y práctico a que se destina algo” (párr. 3). Siendo el concepto herramientas tecnológica, “todo aquel *software* (sistema operativo) o hardware (componente físico) cuyo objetivo es ayudarnos a desarrollar bien una tarea” (Jara, 2021, párr. 5), para lo que es la comprensión en el sentido de la investigación es la tecnología presente en las herramientas tecnológicas. Entendiendo estos términos, y para el caso de esta variable, se busca distinguir usos de las herramientas tecnológicas en las áreas de cadena de suministros y logística.

Definición instrumental

La tercera variable hace uso de tres tipos distintos de instrumentalización, debido la necesidad de distintos métodos para captar los datos necesarios para definir la variable. Se procede a hacer uso de los siguientes instrumentos:

- Documental: se pretende analizar información existente para brindar mayor apoyo al objetivo de estudio que se tiene.
- Cuadro de relación: se pretende identificar la relación que existe entre las tecnologías de la Industria 4.0 y el *blockchain*.

Asimismo, se hizo uso del cuestionario 1 (ver los Anexos II y IV), siendo aplicado por medio de una encuesta, a continuación, se presenta de manera correspondiente el número de ítem, naturaleza y reactivo:

- Ítem 7, tipo Likert, principales usos en logística y cadena de suministros.
- Ítem 8, cerrada dicotómica, conocimiento actual de la utilización de herramientas tecnológicas.
- Ítem 9, escala de Likert, identificación de las herramientas tecnológicas utilizadas.

Definición operacional

En este caso, la tercera variable cuenta con una naturaleza mixta, la cual va enfocada en entender las aportaciones que generan los usos de las herramientas tecnológicas en la cadena de suministros y logística, identificar cuáles herramientas tecnológicas están siendo implementadas en las industrias médicas seleccionadas, y encontrar la relación existente entre las herramientas tecnológicas de la Industria 4.0 y el *Blockchain*.

Se procede a indicar los ítems e indicadores que corresponden al cuestionario 1 (ver los Anexos II y IV) aplicado por medio de una encuesta:

- Ítem 7, ordinal.
- Ítem 8, nominal.
- Ítem 9, ordinal.

Operacionalización de la cuarta variable: elementos de la cadena de suministro y logística

Definición conceptual

La cuarta variable busca entender los elementos de la cadena de suministros y logística. De acuerdo con la Real Academia Española (2022) se define como “elemento” al “fundamento, medio o recurso necesarios para algo” (párr. 3), entendiendo por cadena de suministros, la encargada de integrar la gestión completa de actividades y agentes presente en ella.

Respecto a la logística, es un proceso que existe dentro de la cadena de suministros, el cual se encarga de gestionar de manera eficiente y efectiva, el flujo directo e inverso de los productos o servicios. Con esta variable, se pretende establecer los elementos que se pueden cubrir con el *blockchain*.

Definición instrumental

En el caso de la cuarta variable, esta hace uso de cuatro tipos distintos de instrumentalización, debido a la necesidad de distintos métodos para captar los datos necesarios para definirla. Se procede a hacer uso de los siguientes instrumentos:

- Documental: se pretende analizar información existente para brindar mayor apoyo al objetivo de estudio que se tiene.
- Diagrama de afinidad: se pretende dar orden a las ideas e identificar estas por agrupaciones de la misma categoría, con ella se pretende identificar las causas de las dificultades que ocurren en la cadena de suministros y logística.

Cuestionario 1: ítem, naturaleza y reactivo aplicado por medio de encuesta:

- Ítem 10, Escala de Likert, identificación de los elementos por nivel de dificultad de gestión.
- Ítem 11, tipo Likert, conocimiento sobre el *blockchain* dentro de la logística y cadena de suministros.
- Ítem 12, cerrada dicotómica, filtro.
- Ítem 13, abierta, beneficios del *blockchain* hacia la logística y cadena de suministros de la empresa.
- Ítem 14, cerrada politómica, identificar el tipo de *blockchain* utilizado.
- Ítem 15, abierta, captar conocimiento de las dificultades de la aplicación del *blockchain*.

Cuestionario 2: ítem, naturaleza y reactivo aplicado por medio de entrevista:

- Ítem 3, abierta, usos que las empresas seleccionadas le podrían dar al *blockchain*.

Definición operacional

La cuarta variable cuenta con una naturaleza mixta, la cual busca identificar las dificultades más comunes dentro de la cadena de suministro y logística, encontrar la posible causa por la que ocurren estas deficiencias, los elementos que considera la industria médica seleccionada que deben trabajar más; asimismo, estudiar si el *blockchain* ya está siendo una opción para cubrir estos

elementos. Seguidamente, se presentan los ítems e indicadores que corresponden al cuestionario 1 (ver Anexos II y IV) aplicado por medio de encuesta:

- Ítem 10, ordinal.
- Ítem 11, ordinal.
- Ítem 12, nominal.
- Ítem 13, de razón.
- Ítem 14, nominal.
- Ítem 15, de razón.

Cuestionario 2: ítem e indicador aplicado por medio de entrevista:

- Ítem 3, de razón.

Operacionalización de la quinta variable: oportunidades para implementar el *blockchain*

Definición conceptual

En el caso de la quinta variable, busca evaluar las oportunidades para implementar el *blockchain*. De acuerdo con la Real Academia Española (2022) se define como “oportunidad” a “momento o circunstancia oportunos o convenientes para algo” (párr. 1). Variable de entendimiento situacional referente a las oportunidades de acceso a esta nueva tecnología en la delimitación espacial puesta en el estudio.

Definición instrumental

La quinta variable hace uso de tres tipos distintos de instrumentalización, debido la necesidad de distintos métodos para captar los datos necesarios para definir la variable. Se procede a hacer uso de los siguientes instrumentos:

- Documental: se pretende analizar información existente para brindar mayor apoyo al objetivo de estudio que se tiene.

- Diagrama de flujo: se pretende dar orden a los pasos del proceso, para visualizarlo de manera más ordenada y entendible.

Cuestionario 1: ítem, naturaleza y reactivo aplicado por medio de encuesta:

- Ítem 4, abierta, pasos iniciales a considerar para aplicar el *blockchain*.
- Ítem 5, abierta, conocer disponibilidad de servicio.
- Ítem 6, abierta, conocimiento de la aplicación del *blockchain* en Costa Rica.
- Ítem 7, abierta, regulaciones existentes del *blockchain* en Costa Rica.
- Ítem 8, abierta, opinión sobre mejoras en la reglamentación.

Definición operacional

La quinta variable se identifica bajo la naturaleza cualitativa, buscando comprender las posibilidades de uso específico del *blockchain* en la industria médica seleccionada, determinar las posibilidades de acceso al servicio *blockchain* en Costa Rica, asimismo, definir la existencia de regulaciones actuales a nivel de Costa Rica sobre el *blockchain*. A continuación, se presentan los ítems e indicadores que corresponden al cuestionario 2 (ver Anexos III y V) aplicado por medio de una entrevista:

- Ítem 4, de razón.
- Ítem 5, de razón.
- Ítem 6, de razón.
- Ítem 7, de razón.
- Ítem 8, de razón.

Capítulo III

Marco Situacional y Marco Teórico

Capítulo III. Marco Situacional y Marco Teórico

Marco Situacional

El presente capítulo tiene como fin el presentar el contexto y la sucesión de los diversos temas o situaciones comprendidas dentro de la investigación, para comprender cómo el *blockchain* puede ser utilizado para darle beneficios a la cadena de suministros y logística, considerando elementos que modelan el tema y la situacionalidad de estos para llegar desde lo general a lo específico del estudio. Lo anterior, entendiendo elementos de actualidad y situacionalidad de la cadena de suministros y logística, tecnología, *blockchain* a nivel empresarial, entre otras contemplaciones de contexto.

Cadena de suministros

La cadena de suministros se debe entender como un todo, ya que involucra a todas las partes y los procesos. Cuando se habla específicamente de este tema, tiene sus inicios muchos años atrás, donde, desde los antecedentes más importantes de la humanidad, se presenta la acción, pero no su definición.

Si bien las cadenas de suministro del pasado se centraban en la disponibilidad, el movimiento y el costo de los activos físicos, las cadenas de suministro de hoy están abocadas a la gestión de datos, servicios y productos agrupados en soluciones. (International Business Machines, s.f., párr. 21)

Asimismo, una de las compañeras más importantes de la cadena de suministro es la logística, siendo ambas eslabones esenciales para el cumplimiento de la actividad de generar bienes o servicios. En conjunto, se encuentran expuestas a variables de cambio constantes.

Logística

Su procedencia se remonta desde el año 2900 a.C. con el área militar de aquel entonces, y evolucionó desde ese momento, acoplándose a las necesidades pertinentes del pasar de los años.

“Se comprende fácilmente que desde que existió la actividad industrial siempre hubo problemas relacionados con el aprovisionamiento, fabricación, almacenaje y distribución de productos; sin embargo, no existía el concepto de logística tal como hoy día lo entendemos” (Anaya, 2011, p. 20).

Siendo esta, cada vez más capaz de incorporar elementos que permitieran atender demandas de distintas escalas, el crecimiento de las compañías, los medios de transporte, la globalización, entre más factores. “En las décadas de los 2000 y 2010, la logística evoluciona de una forma nunca antes vista debido al comercio electrónico y los acelerados avances tecnológicos” (Notus, 2022, párr. 7).

Conforme se ve un avance en el pasar de los años, la conectividad y la especialización en el manejo de la logística se vuelve cada vez más un reto, donde existe una serie de dificultades en que distintas empresas o industria deben velar por cumplir con tiempos de entrega, costos y satisfacción de los clientes, ya sea a nivel país o internacional. Por ello, contemplan las maneras adecuadas del manejo del inventario, almacenes, recursos de información y datos y una de las mayores herramientas aliadas, la tecnología.

Dificultades dentro de la cadena de suministros y logística

La cadena de suministros, en conjunto con la logística, deja bien o mal a la empresa, es su carta de presentación. Por ello, cuanto más eficazmente puedan ser desarrolladas sus tareas y de manera eficiente, mejor se mantiene el posicionamiento de la empresa.

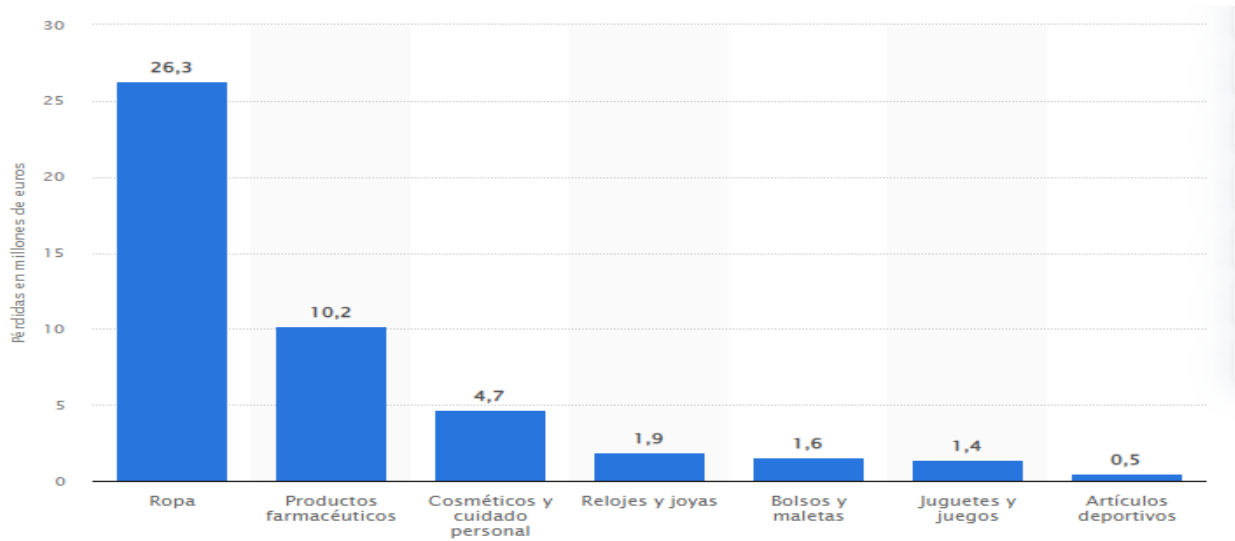
(...) donde los países deben identificar las oportunidades de un “nuevo orden” que ha implicado una reconfiguración de las cadenas de valor, cambios en los flujos de inversión, constantes cambios en la oferta y demanda, y una aceleradísima transformación digital que representa desafíos en materia tecnológica para las naciones y sus organizaciones. (Morales, 2022, párr. 2)

Existen dificultades también relacionadas con distribución, métodos de transporte, entre otros, donde la tecnología puede generar aportación. Existen tipos de dificultades, con los que la empresa debe luchar, pero son causas de alto peso donde las empresas tienen que destinar mucha seguridad

a su cadena de suministros y logística. Dentro de esos elementos se encuentra la comunicación entre los actores, trazabilidad, seguridad, cumplimiento, eficiencia y falsificación.

Figura 1

Impacto económico del comercio de productos falsificados a nivel mundial en 2020, por tipo (en miles de millones de euros)



Nota. Cantidad en dólares perdidos por distintas industrias debido a la falsificación de productos. Tomado de *Pérdidas por el comercio de falsificaciones en el mundo en 2020*, por Orús, 2021.

La Figura 1 muestra los datos captados de falsificaciones en diferentes industrias a nivel mundial. “De acuerdo con estos datos, se pierden cerca de 340.000 millones de euros a causa del comercio mundial de falsificaciones” (Orús, 2021, párr. 1). Se detalla una mayor preocupación en los productos farmacéuticos que puede poner el riesgo la salud de una persona.

En el estudio realizado por Pallavi Saindane, Yoguita Jethani, Puja Mahtani, Chirag Rohra y Piyush Lund para el *Congreso Internacional de Complejos y Sistemas Electrotécnicos (ICOECS)*, 27 de octubre del 2020, la investigación va dirigida hacia cómo soluciones desarrolladas a base de la tecnología le permiten a la industria farmacéutica atender las deficiencias en la vigilancia de producción y distribución de medicamentos falsos, de calidad inferior y del mercado negro, que

representan cientos de miles de millones por año en todo el mundo, permitiéndole dar mayor validez de seguridad y transparencia a las cadenas de suministro.

Tecnología en la cadena de suministros y logística

Los nuevos hábitos de consumo y las secuelas de cambio generadas por la pandemia del COVID - 19, incrementa la necesidad de involucrar mayor soporte aún de herramientas tecnológicas. De acuerdo con Villena (2021):

La confluencia de tecnologías como el Internet de las cosas (IoT), la robotización, la inteligencia artificial o el blockchain llevan tiempo marcando el rumbo hacia un cambio profundo en la forma de vida de las personas y en los modelos de gestión de las empresas. (párr. 1)

Actualmente, la tecnología no solo es perseguida por brindar eficiencia, sino también por su aportación en la reducción de costos para la empresa. La cuarta revolución industrial vino a marcar el cambio de la transformación tecnológica, por medio de la automatización y digitalización. Cada vez se enfrentan más cambios, exigencias, mayor incertidumbre y riesgos asociados, dentro de las cadenas globales y su logística:

(...) la transformación digital se halla en el top ten de los objetivos que se plantean las organizaciones: un 91% de las empresas europeas medianas considera relevante o muy relevante para su negocio el impacto de las nuevas tecnologías, según un estudio realizado en 2019 por PwC. (Mecalux, 2021, párr. 3)

La empresa BMW se puede colocar como ejemplo de la situación. “El fabricante de autos migrará sus datos de ingeniería, fabricación, ventas y rendimiento del vehículo recopilados de sus operaciones globales a la plataforma de Amazon Web Services” (Juárez, 2020, párr. 4), donde BMW envía información que se sube a *Cloud Data Hub* (centro de datos alojado en la nube) que da a los empleados una descripción general de sus actividades operacionales y les permite aplicar modelos de aprendizaje automático. Así, “con los datos obtenidos, los trabajadores podrán optimizar la planificación en sus unidades de ventas, producción y compras” (Juárez, 2020, párr. 6). Se usa la aplicación de los datos para también pronosticar la demanda de los carros, con el

propósito de mejorar el desempeño operativo y aumentar la transparencia en la cadena de suministro.

Industria 4.0

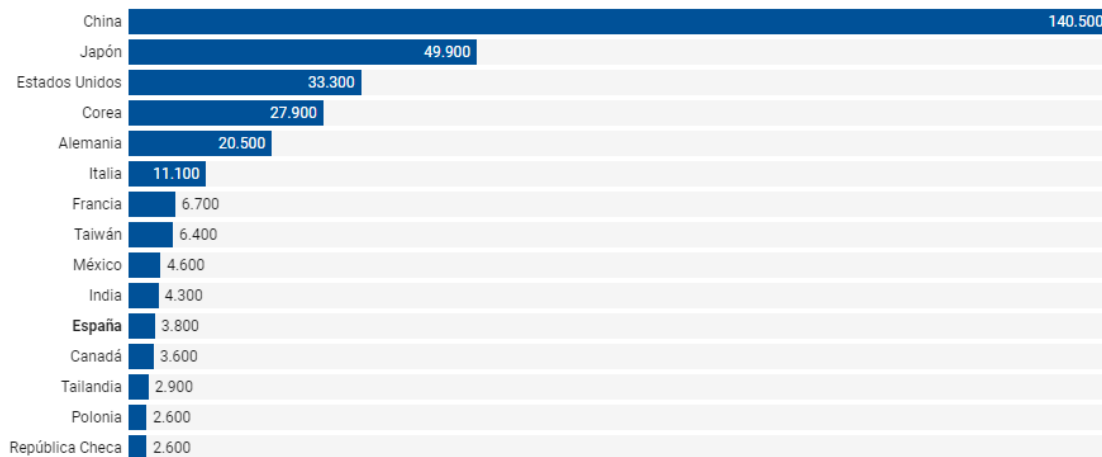
La integración de la denominada Industria 4.0 causa mejoras y la incorporación de nuevas eras dentro de áreas de la gestión. Las tecnologías como el *Big Data*, Inteligencia de las Cosas, *Data Analytics*, Inteligencia Artificial, entre otras, están siendo de suma importancia para distintos tipos de industria, donde se debe destacar que la automatización es una de las principales tendencias de la cuarta revolución industrial.

(...) se estima que en 2019 había 2,7 millones de robots industriales operando en centros de producción y almacenes de todo el mundo, lo que supone un aumento del 12% con respecto al año anterior, según el informe World Robotics Report 2020 de la International Federation of Robotics. (Mecalux, 2020, párr. 5)

Figura 2

Estudio de países con mayor instalación de robots industriales en el 2019

Robots industriales instalados durante 2019



Nota. Gráfica realizada por Mecalux con datos provenientes de World Robotics Report 2020 (International Federation of Robotics). Tomado de *Supply Chain 4.0 (SCM 4.0): una cadena de suministro más inteligente*, por Mecalux, 2020.

La implementación a nivel global y la relevancia que se le da a la automatización de cualquier tipo de tarea es un recurso valioso. En la Figura 2 se puede ver la batuta que toman países en alta actualización e innovación tecnológica, empezando el acoplamiento de la revolución de las tecnologías a nivel internacional para mejorar la funcionalidad de los distintos procesos y áreas de cada industria.

Dirigiéndose al caso de Costa Rica y cifras respecto a la presencia de la Industria 4.0, se tiene un estudio realizado por Apuy (2019), denominado *Perfil de la oferta costarricense especializada en tecnologías 4.0*, para la Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica. Este es un estudio enfocado en identificar empresas TIC costarricenses cuya oferta de servicios está basada en tecnologías vinculadas a la Industria 4.0, identificándose cincuenta y seis empresas de servicios basados en estas tecnologías, “con una cartera de servicios especializados compuesta por más de 19 categorías tecnológicas 4.0, con mayor participación de Cloud Computing (54% de las empresas), Big Data (50%), Internet de las cosas (46%), Inteligencia Artificial (36%) y RPA (36%), entre otras” (Apuy, 2019, párr. 2).

De acuerdo con el estudio “*The Industry 4.0 paradox: Overcoming disconnects on the path to digital transformación*” por Deloitte, donde se encuesta a más de 350 ejecutivos de 11 países diferentes de América, Asia y Europa, dentro de los datos relevantes encuentran que las áreas donde reportan mayor madurez de la utilización de las corrientes de la Industria 4.0 son las siguientes: cadena de suministro (32%), planificación (31%) y *marketing* (30%).

Figura 3

Encuesta Deloitte, inversión en la Industria 4.0 datos del 2018

	Initial stages 1	2	3	4	Multi-plant, scaled, and deployed solution 5
Supply chain	2%	10%	21%	31%	32%
Planning	5%	6%	21%	35%	31%
Marketing	3%	7%	24%	32%	30%
Inbound/outbound logistics	3%	10%	23%	33%	27%
Sales	4%	7%	23%	38%	25%
Shop floor production	6%	10%	20%	35%	25%
Product design	2%	9%	25%	34%	25%
Smart facilities	5%	9%	23%	34%	24%
Talent and human resources	2%	7%	29%	34%	24%
Customer/fielded asset support	4%	10%	24%	37%	21%

Nota. Datos procedentes de la inversión generada en las distintas áreas empresariales en relación con las tecnologías de la Industria 4.0. Tomado de *El potencial de la Cuarta Revolución Industrial: Informe Industria 4.0*, por Deloitte, 2018.

En la Figura 3 se puede observar la escalabilidad y las áreas donde la digitalización se está implementando como un factor importante, trayendo mayor innovación a la empresa para luego recibir mayor retorno sobre esta.

“Un estudio de la consultora norteamericana McKinsey señala que las multinacionales que integran nuevas tecnologías en su cadena de suministro pueden ahorrar hasta un 30% en gastos logísticos” (Mecalux, 2021, párr. 8). Uno de los factores más importantes es lograr la integración de la cadena de suministros, para que todos los participantes que hay en ella puedan dar seguimiento y monitorizarla a lo largo de sus distintas fases, ya que los estándares de exigencia no solo los da el cliente, también los participantes internos y externos a esta.

La cadena de suministro inteligente se apoya en el uso del IIoT, de la robótica avanzada y del big data para procesar datos, identificar tendencias y oportunidades que incrementen la eficiencia de las operativas logísticas que tienen lugar dentro y fuera de la instalación. (Mecalux, 2021, párr. 5)

Debido a la alta inversión que se da en la implementación de las tecnologías de esta corriente, en la cadena de suministros, que también incluye la logística, surgen nuevos conceptos como lo son “Cadena de suministros 4.0” y “Logística 4.0”, por su revolución tecnológica proveniente del movimiento de la cuarta revolución industrial.

Cadena de suministros 4.0

Impulsada por la cuarta revolución industrial, y al igual que todas las filosofías, tiene sus etapas de evolución en relación con las necesidades o nuevos avances encontrados en el entorno, hasta actualizarse en la versión más avanzada.

(...) tres arquetipos de niveles de madurez. Supply Chain 2.0 caracteriza las cadenas de suministro "principalmente basadas en papel" con un bajo nivel de digitalización. La mayoría de los procesos se ejecutan manualmente. Las capacidades digitales de la organización son muy limitadas y los datos disponibles no se aprovechan para mejorar las decisiones comerciales. Supply Chain 3.0 describe las cadenas de suministro con "componentes digitales básicos en su lugar". (Alicke, Rachor y Seyfert, 2016, párr. 49)

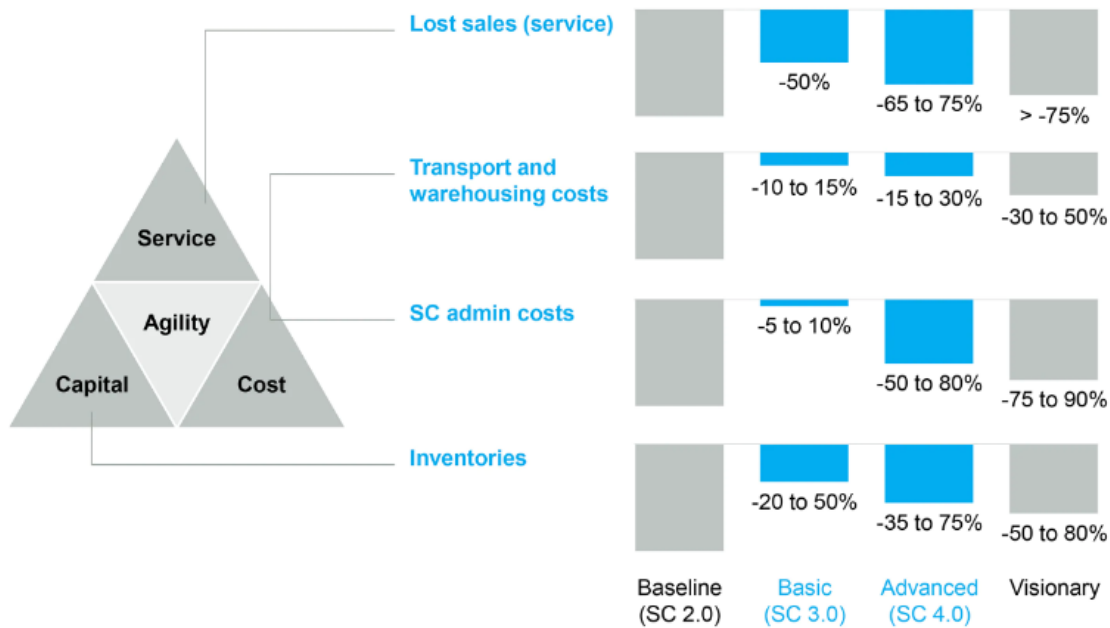
El posicionamiento 4.0 es el nivel actual de madurez alcanzado, donde se pretende tener un dominio digital, dándole paso a la ciencia de datos, algoritmos, entre otros. Con él se vienen a generar una serie de impactos positivos, por ejemplo, el servicio de la cadena de suministros y la

pérdida de ventas, ya que viene potenciada por el aprovechamiento de datos inteligentes provenientes del mercado. Asimismo, su aporte en la mejora de costos, planificación e inventario, con la incorporación de las tecnologías y gestiones acorde al área.

Figura 4

Representación de los porcentajes que potencia Supply Chain 4.0 en las distintas categorías de la cadena de suministros

By applying Supply Chain 4.0 levers, huge potential can be unlocked in all supply chain categories



Nota. Potenciales que desbloquea la Supply Chain 4.0. Tomado de *Supply Chain 4.0 – the next-generation digital supply chain*, por Alicke, Rachor y Seyfert, 2016.

Un poco de la descripción respecto a la Figura 4 es la demostración de las disminuciones de los porcentajes respecto a la pérdida de ventas, costos de almacén y transporte, de la administración de la cadena de suministros e inventarios, conforme se va avanzando a las etapas de la integración de la Cadena de Suministros 4.0 empezando desde la Cadena de Suministros 2.0, en la cual todo era en papel, hasta la digitalización visionaria más adelantada. Por el hecho de aplicar las palancas

del Supply Chain 4.0, un gran potencial puede desbloquearse en todas las categorías de la cadena de suministros, siendo estas las que se encuentran en el triángulo, identificando: servicio, costo, capital y agilidad.

Los autores Aliche, Rachor y Seyfert indican lo siguiente en relación con la Figura 4:

El impacto potencial de Supply Chain 4.0 en los próximos dos o tres años es enorme: hasta un 30 % menos en los costos operativos y una reducción del 75 % en las ventas perdidas mientras se espera una disminución de los inventarios hasta en un 75 %, al mismo tiempo que aumenta la significativamente la agilidad de las cadenas de suministro. (2016, párr. 41)

En la Figura 4, se puede observar el cambio entre las distintas etapas, donde la Cadena de Suministro 2.0 es la base inicial, no se ve ningún tipo de porcentaje de disminución o ganancia, mientras que en la Cadena de Suministro 3.0, que se considera el avance básico, va marcando cambios, hasta llevar a la 4.0 que se potencializa totalmente de la tecnología de manera avanzada demostrando mayor cambio, asimismo, la siguiente columna pronostica el avance visionario que se da luego de esta cuarta etapa de la cadena.

Logística 4.0

Como se viene hablando de la Cadena de Suministros 4.0, así mismo procede el mismo cambio con la Logística 4.0, consecuencia directa de la solidificación de la Industria 4.0, donde se generan factores efectivos a nivel competitivo por esta última etapa de madurez de la logística.

La digitalización de los procesos comerciales comenzó a iniciarse en la década de los 60 con los primeros esfuerzos para promover el intercambio electrónico de datos (EDI por sus siglas en inglés). A lo largo del tiempo, estos procesos se han complejizado con nuevas aplicaciones y la integración de tecnologías que han permitido mejorar el flujo, la velocidad, acuciosidad y la seguridad de la información intercambiada, donde la gestión e intercambio de datos entre los participantes de la cadena logística, está siendo una fuente importante de innovación y de acercar las necesidades de los clientes al diseño de los servicios de valor agregado (Barleta, Pérez, y Sánchez, 2019, p. 3).

Esta circunstancia trae consigo lo que se conoce como Logística 4.0, lo que logra el aumento en la eficiencia, la flexibilidad a los cambios de la demanda, la reducción de los costos y una posición de respuesta aún mayor al manejo de agentes externos. A través de ella se puede generar la gestión de la integración del inventario.

Todo el proceso de un inventario puede tener más o menos el 85 por ciento del capital de trabajo de una empresa, desde la materia prima hasta el resultado final. Dado que el 85 por ciento puede afectar a cualquier empresa, la integración del inventario generaría beneficios para las empresas. (Balouei, Shahin y Tortorella, 2022, p. 4)

La unión de elementos como la trazabilidad, datos, eficiencia operacional, entre otros, es gracias a una unión de distintas tecnologías como lo son *blockchain*, *big data* o el internet de las cosas: las cuales, al entrelazarse, generan cambios en el mundo empresarial, permitiendo, al final, una mayor unificación de los participantes que conformen la tan extensa red logística.

Blockchain

Tecnología dada a conocer por el mercado de monedas digitales, que recibe el nombre de cadena de bloques en español. Actualmente, es una de las tecnologías más innovadoras, que sigue adaptándose en distintas áreas de fin. Para ello se debe comprender los inicios de esta tecnología, el primer avance se da en 1991 por Stuart Haber y W. Scott Stornetta, “su primer trabajo consistió en trabajar en una cadena de bloques protegida criptográficamente en la que nadie podía manipular las marcas de tiempo de los documentos” (Rodríguez, 2018, párr. 3).

En 1992, actualizaron su sistema para incorporar árboles de Merkel que mejoraban la eficiencia, lo que permitía la recopilación de más documentos en un solo bloque. Sin embargo, es en 2008 que la Historia de Blockchain comienza a ganar relevancia, gracias al trabajo de una persona o grupo con el nombre de Satoshi Nakamoto. (Rodríguez, 2018, párr. 4)

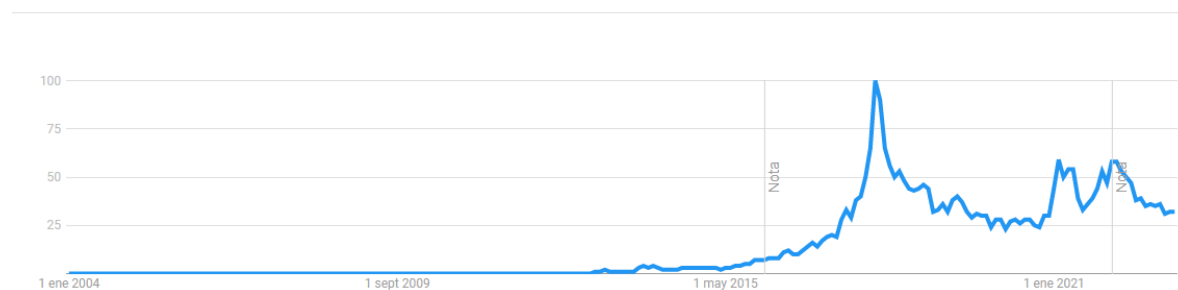
A partir de estos pasos iniciales, entra a una serie de etapas de cambio, donde emerge el gran proyecto conocido como Bitcoin a través de *blockchain* en el 2008, hasta llegar a un alto pico de auge en el 2013 aproximadamente, y a partir de esa fecha inicia la incorporación de nuevos

proyectos de monedas. Luego de esto, inicia una segunda generación, que se ve marcada por los conocidos contratos inteligentes y a los inicios del 2018 empieza la introducción de las aplicaciones y empresas -hasta el día de hoy- a potenciar más su desarrollo, que aún sigue constante.

En la Figura 5 se visualiza un gráfico con los datos de la búsqueda de la palabra *blockchain* en el buscador Google. Se puede ver el crecimiento con el pasar de los años y el alto tope que existe en el 2013, y como este concepto se vuelve una tendencia más común por conocer, debido a la presencia que esta tecnología actualmente está significando, no solo para las criptomonedas, sino también para el mundo empresarial de las empresas y su ayuda en la gestión.

Figura 5

Tendencia de la búsqueda de la palabra blockchain

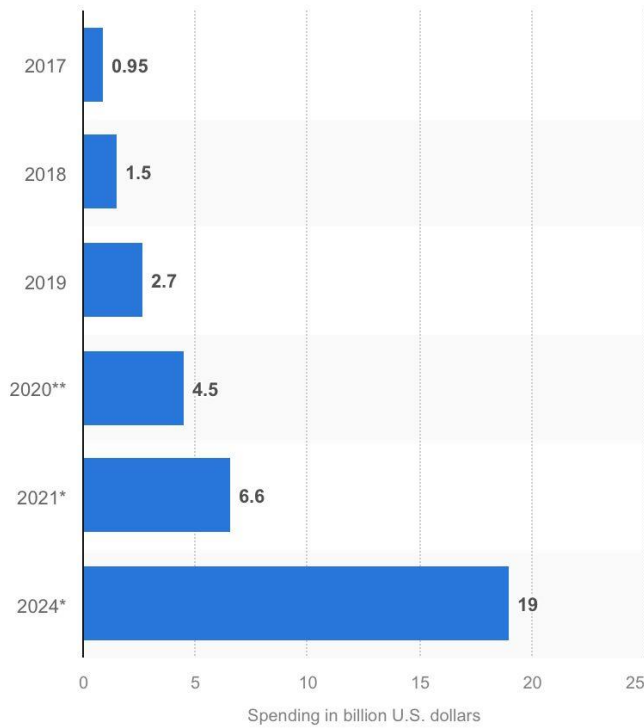


Nota. Datos desde el primero de enero del 2014 hasta el quince de febrero del 2023, de la búsqueda de la palabra *blockchain*. Tomado de *Interés a lo largo del tiempo*, por Google Trends, 2023.

Debido al potencial que ha tomado la cadena de bloques y el interés que ha despertado en la parte comercial, empresarial y en otras áreas, esta tecnología, aún en su etapa en desarrollo, abarca un gran mercado internacional propio. “Las prometedoras empresas emergentes de blockchain acumulan regularmente cientos de millones de dólares de inversión en sus ofertas iniciales, y las que tienen un éxito particular, como EOS, acumulan varios miles de millones” (Taylor, 2022, párr. 3).

Figura 6

Gasto mundial en soluciones blockchain de 2017 a 2024 (en miles de millones de dólares estadounidenses)



© Statista 2023

Nota. Gráfica de gastos a nivel mundial debido a soluciones *blockchain*. Tomado de *Gasto global en soluciones blockchain 2017-2024*, por Taylor, 2022.

En Figura 6 se muestran los gastos que se esperan para los años del 2021 al 2024, con base en datos históricos y la tendencia de esta tecnología. Se tiene en cuenta un gasto total global de 6600 millones de dólares para el 2021 en soluciones de cadena de bloques y las previsiones apuntan a 19 000 millones de dólares estadounidenses para 2024, debido al crecimiento del tema y la aplicación del *blockchain* en diferentes partes del mercado global.

***Blockchain* empresarial**

Seguidamente de la información expuesta, los inicios del *blockchain* se ven marcados por la utilización de esta tecnología como canal de intercambio en monedas, y seguidamente el entendimiento de su potencial en el mundo empresarial ocasiona la creación de nuevos proyectos con tecnología *blockchain* que van dirigidos a funciones empresariales, y no solo en el intercambio de criptoactivos.

La cadena de bloques empresarial está prosperando en 2022 con más y más empresas que se presentan para invertir en cadenas de bloques. Se prevé que las inversiones en blockchain empresarial alcancen los 16.000 millones de dólares para 2023, con una tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) de 5 años del 60,2 % entre 2018 y 2023, según un informe publicado por International Data Corporation (IDC). (Blockdata, 2022, párr. 7)

Las inversiones en este tema se ven al alza debido a la importancia de peso que tiene la tecnología en la actualidad. Diferentes empresas optan por hacer uso de soluciones *blockchain* para uso propio o crear servicios a partir de estas. A continuación, se procede a presentar una tabla de las cien principales empresas públicas, asociadas a la correspondiente solución *blockchain* de la que hacen uso, según a estudios realizados por *Blockdata* en octubre del 2022.

Figura 7

Principales tecnologías blockchain utilizadas por las principales cien instituciones en octubre del 2022



Nota. Visualización de las empresas que están tomando acciones de iniciativa *blockchain* y la solución *blockchain* con la que lo hacen. Tomado de *The State of Enterprise Blockchain in 2022*, por Blockdata, 2022.

De las 100 principales empresas públicas, 77 utilizan tecnología blockchain. Varias empresas utilizan múltiples soluciones DLT, incluidas Microsoft, The Home Depot y Ali Baba Group. Hyperledger Fabric es la solución preferida por el 38 % de las 100 principales empresas. Le sigue Ethereum con un 24 %, Quorum con un 17 %, Corda de R3 con un 13 % y PharmaLedger con un 8 %. (Blockdata, 2022, párr. 11)

Cada uno de estos distintos marcos crea facilidades y características diferentes, dependiendo de las necesidades empresariales que tenga una empresa puede optar por la utilización de una o varias de estas, según la utilidad que le necesite dar. Con ello se presentan los principales cinco protocolos o soluciones *blockchain*. “Según Forbes, Oracle tiene actualmente más de 100 clientes que utilizan su solución de cadena de bloques para cadenas de suministro” (Berman, 2019, párr. 5), impulsando el crecimiento de la utilización del *blockchain* en la cadena de suministros alrededor del mundo.

Hyperledger

Marco empresarial de código abierto administrado por la Fundación Linux, procedente de Estados Unidos, creado en el 2015; por su característica de código abierto, cualquier persona con el conocimiento necesario puede contribuir al proyecto.

Con la participación de más de 120 000 organizaciones y la colaboración de más de 15 000 ingenieros, Hyperledger Fabric ofrece un enfoque único para el consenso que permite el rendimiento a escala, al mismo tiempo que se respeta la demanda de privacidad de datos de las empresas (International Business Machines, s.f., párr. 2).

Quorum

Es otra de las principales soluciones de tecnología de contabilidad distribuida, fundada por J. P. Morgan. “Quorum es una versión autorizada de Ethereum, diseñada para uso empresarial, que brinda privacidad y confidencialidad para las transacciones de blockchain” (Gülen, 2023, párr. 23). Procedente de Estados Unidos, donde su principal función es en la aplicación de industrias diversas.

R3 Corda

Esta solución es gestionada por el consorcio bancario R3, iniciada en el 2014, “es una plataforma blockchain diseñada específicamente para servicios financieros, que permite a las organizaciones crear aplicaciones descentralizadas para pagos transfronterizos, financiación comercial y gestión de identidad digital” (Gülen, 2023, párr. 22). Posee un énfasis en la parte financiera e industria diversa.

Enterprise Ethereum

Una de las mejores soluciones *blockchain* de tipo pública es *Ethereum*, procedente de Suiza, iniciada en el 2014, pero cuenta con una versión empresarial, donde las empresas cuentan con la oportunidad de crear redes privadas autorizadas que se adapten a las necesidades del negocio. “Ethereum es una plataforma de cadena de bloques de código abierto que admite contratos inteligentes, lo que permite a las organizaciones crear aplicaciones descentralizadas para una variedad de casos de uso” (Gülen, 2023, párr. 20).

MultiChain

Esta tecnología de contabilidad distribuida tiene sus inicios en 2014 en el Reino Unido, bajo la gobernanza de *Coin Sciences*. “MultiChain Enterprise incluye varias características de alto nivel necesarias para las aplicaciones empresariales de cadena de bloques, relacionadas con la escalabilidad, la confidencialidad, la integración y el cumplimiento” (MultiChain, s.f., párr. 1), permitiéndole adaptabilidad a diferentes tipos de industria.

Empresa de solución *blockchain* en Costa Rica

Existe una gran competencia por las tecnologías más tecnificadas y tecnológicas del mercado. En el mercado, empresas como Oracle, IBM, Amazon, Baidu y Microsoft, entre otras, están generando sus propios proyectos de cadena de bloques empresarial para ponerlos a disposición de empresas clientes, pero es importante destacar, además de las grandes multinacionales, con qué más se cuenta en el país.

EOS Costa Rica

Esta empresa es parte de una compañía que lleva más de tres décadas involucrada en la innovación y potencial de la tecnología, EOS Costa Rica es una de las tres marcas operativas de EDENIA. Brinda soporte por medio del *blockchain* para pagos y transferencias, logística y cadena de valor y videojuegos, siendo esta una empresa centrada en la ayuda empresarial por medio de esta innovadora tecnología, asimismo, presta servicios de educación y entrenamiento.

Nuestro equipo ofrece un enfoque Agile y Lean para desarrollar soluciones basadas en blockchain que permitan a departamentos de innovación iterar y crear pruebas de concepto de forma ágil y eficiente, ajustándose a presupuestos y tiempos limitados. Esta habilidad permite a organizaciones explorar los beneficios de la tecnología y experimentar su potencial en un ambiente controlado. (EOS Costa Rica, s.f., párr. 4)

La empresa ha adaptado herramientas, y plataformas de *blockchain* para poder atender las necesidades de sus clientes, asimismo, siendo una empresa de desarrollo de *software*. Específicamente, sus proyectos incluyen LACChain EOSIO, EOS Rate y Antelope Tools. Apoyándose, de otros proyectos *blockchain* que impactan a nivel de Costa Rica, donde existen más grupos de desarrolladores o comunidades del funcionamiento *blockchain*.

Asimismo, las otras dos marcas procedentes de EDENIA son *Costa Rica Servers* y *Edenia Labs*. La primera marca operativa brinda la gestión de servidores tipo *bare metal* eco-eficientes, ofreciendo colocación, servicio, monitoreo y hospedaje web. La segunda marca operativa utiliza las últimas tecnologías de la Industria 4.0 para diseñar y desarrollar aplicaciones web 3.0.

Ecosistema *blockchain* en Costa Rica

A manera de enfatizar en el desarrollo del conocimiento *blockchain* y no solo en la empresa tica de desarrolladora de soluciones en logística y cadena de suministros, se procede a compartir y detallar un poco de otras empresas que están involucradas dentro del mundo de estas tecnologías.

En Costa Rica, por su parte, algunas empresas ya usan esta tecnología, aparte de ello, se ha conformado “Blockchain Costa Rica” como un punto de encuentro para entusiastas y

expertos de diversas áreas para que puedan intercambiar conocimiento y crear discusión al respecto en las empresas; y así aplicar esta tecnología en Costa Rica. En octubre de 2018, se lanzó la asociación “AsoBlockchain DLT Costa Rica”. (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica, 2019, párr. 7)

Es claro que Costa Rica, es un país que no se queda atrás en temas de innovación y tecnologías de información. Tratando de seguir las nuevas tendencias e innovación que incorpora la Industria 4.0, razón por la cual empresas, distintos proyectos e iniciativas se han puesto al frente del desarrollo y estudio de la denominada tecnología *blockchain*, una de las herramientas procedentes de la cuarta revolución industrial que está siendo tendencia en la actualidad.

Figura 8

Ecosistema blockchain en Costa Rica



Nota. Representación de proyectos y empresas *blockchain* en Costa Rica. Tomado de *El ecosistema blockchain de Costa Rica*, por Rojas, 2020.

En la Figura 8 se pueden apreciar distintos proyectos e iniciativas que hacen uso del *blockchain*, que pueden o no seguir activos. Muchos se dedican a la parte financiera, a movimientos de criptoactivos, videojuegos, educación en tema del *blockchain*, desarrolladores y servicios de

soporte empresarial. Es importante reconocer todas estas oportunidades de proyectos que se encuentran presentes en Costa Rica, que no son tan conocidas, igual que deben existir otras que no se encuentran en la imagen.

Es importante mencionar a las comunidades, ya que son una llave esencial para impulsar el desarrollo de esta tecnología dentro del país. La Asociación Blockchain Costa Rica (AsoBlockchain), esta entidad brinda la seguridad, confianza e innovación por medio de la tecnología de servicios distribuidos, de igual manera, representa al sector empresarial que trabaja con *blockchain*, para el desarrollo del ecosistema en temas de educación, charlas, regulador y legisladores. Asimismo, se encuentra Blockchain CR, dirigido a las áreas de formación sobre la tecnología, eventos, capacitaciones, entre otros. También está la Comunidad Bitcoin Costa Rica, dirigida a la información de criptoactivos, y existe un congreso sobre *blockchain* con oradores nacionales e internacionales, denominado Tico Blockchain.

Es importante recalcar las redes regionales, ya que le brindan beneficios a Costa Rica en el tema del aprendizaje y desarrollo de *blockchain*. LACChain, pertenece a una alianza global, que la integran diferentes actores del entorno *blockchain* encabezada por el Laboratorio de Innovación del Grupo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID Lab) para impulsar el progreso del ecosistema *blockchain* en América Latina y el Caribe, reduciendo la desigualdad de acceso, innovación, social, y la promoción económica; “para el desarrollo y adopción de la tecnología, la promoción y adopción de estándares para la interoperabilidad de redes, y el desarrollo y mantenimiento de una infraestructura gratis e interoperable de redes blockchain para generar impacto social” (Rojas, 2020, párr. 11).

Industria Médica Costa Rica

Costa Rica se coloca en el puesto número dos de los países de Latinoamérica, en la producción de productos médicos varios que se venden en el mercado mundial, contando con la presencia de las multinacionales con más reconocimiento en esta industria. “Un crecimiento del 18% durante el 2021 coloca a la industria de los dispositivos médicos como uno de los principales exportadores de Costa Rica” (Madriz, 2021, párr. 1).

Costa Rica alberga un ecosistema robusto para la siguiente era de ciencias de la vida, con más de +70 multinacionales en tecnología y dispositivos médicos comprometidos con la misión de salvar vidas alrededor del mundo. Estas empresas se enfrentan al reto de reinventarse constantemente, gracias a la acelerada transformación global de la industria, donde el internet de las cosas, e-health, automatización y nuevos materiales marcarán la tendencia en los próximos años. Somos la casa de 13 de los 20 principales fabricantes de equipos originales, además de 16 líderes en tecnología de punta. Costa Rica es su elección natural para dispositivos médicos, farmacéutica y biotecnológica. (Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo, s.f., párr. 1).

Actualmente, Zona Franca Coyol en Alajuela alberga trece de los fabricantes de equipo original que hay en el país: Medtronic, Cardinal Health, Philips, Abbott, Smith & Nephew, MicroVention-Terumo, Hologic, Moog Medical, CooperVision, CooperSurgical, Establishment Labs, Apollo Endosurgery y Nevro, empresas que, por sus características, se encuentran en constante innovación y escogiendo puntos estratégicos con el potencial que necesitan para establecer nuevas sucursales, siendo Costa Rica, uno de los países que cumple con ello. A continuación, se exponen sus actividades productivas en Costa Rica.

Medtronic

De acuerdo con datos de la página principal de Zona Franca Coyol, esta empresa se establece desde agosto del 2018, se coloca en el primer puesto de empresas mundiales de dispositivos médicos. Actualmente, la producción ubicada en Costa Rica está dirigida a la fabricación de dispositivos médicos implantables de titanio o aleación de cromo-cobalto.

Cardinal Health

De la mano con la información que brinda la página oficial de Zona Franca Coyol, la empresa genera actividades productivas desde octubre del 2018, la cual lidera a nivel mundial la parte tecnológica, servicios y soluciones médicas.

Philips

Respecto a la información que brinda la página oficial de Zona Franca Coyol, la empresa está trabajando desde septiembre del 2010 en el país. Se encarga de la producción de catéteres con la capacidad para diagnosticar obstrucciones en las áreas coronarias y periféricas del sistema sanguíneo, asimismo, el producto denominado *Respironics*, dispositivo para la apnea del sueño.

Abbott

De acuerdo con la información que brinda la página oficial de Zona Franca Coyol, la empresa se establece desde julio del 2014. Cuenta con dos edificios establecidos dentro de esta área, se especializa en la fabricación de catéteres y válvulas cardíacas.

Smith & Nephew

Según datos de la página principal de Zona Franca Coyol, esta empresa se establece desde julio del 2017, centra su fabricación hacia los dispositivos en relación con la medicina deportiva, apoyo quirúrgico avanzado y del cuidado de heridas crónicas.

MicroVention - Terumo

De acuerdo con datos de la página principal de Zona Franca Coyol, esta empresa está establecida desde mayo del 2011 y se especializa en la producción de dispositivos médicos neurovasculares.

Hologic

De la mano con la información que brinda la página oficial de Zona Franca Coyol, la empresa genera actividades productivas desde abril del 2007. Actualmente, es una de las empresas líderes del mercado, se encarga de la parte del desarrollador y fabricante de productos de diagnóstico de alta calidad, sistemas de imágenes médicas y artículos quirúrgicos dirigidos a la salud de la mujer en todo el mundo.

Moog Medical

De conformidad con la información que brinda la página oficial de Zona Franca Coyol, la empresa se establece desde agosto del 2008 y se encarga de producir dispositivos intravenosos y equipos de alimentación enteral.

CooperVision

Según datos de la página principal de Zona Franca Coyol, esta empresa se funda desde agosto de 2013 y se especializa en el sector visión, se encargan del diseño y fabricación de lentes de contacto.

CooperSurgical

De acuerdo con los datos brindados por la página principal de Zona Franca Coyol, la empresa ubica sus inicios en el país desde abril del 2017. Se especializa en la salud de la mujer, fabrica productos médicos y quirúrgicos para dicha población.

Establishment Labs

Respecto a los datos que brinda la página oficial de Zona Franca Coyol, la empresa está trabajando desde agosto del 2009 en el país. Se encarga de fabricar implantes de silicón para las mamas y soluciones relacionadas.

Apollo Endosurgery

De la mano con los datos que brinda la página oficial de Zona Franca Coyol, la empresa engendra actividades productivas desde agosto del 2014, encargándose de la actividad de producir dispositivos médicos dirigidos a la manipulación, control y reducción del peso de las personas.

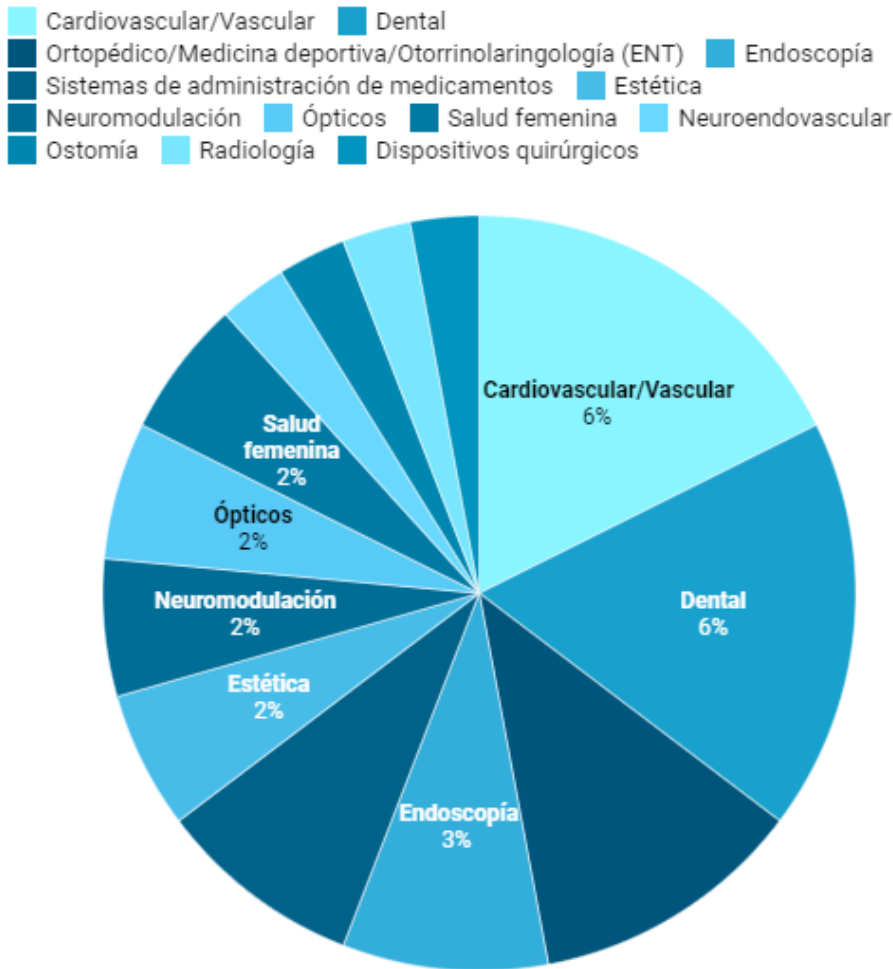
Nevro

Comprendiendo la información que se ofrece en la página principal de Zona Franca Coyol, la empresa determina sus inicios en noviembre del 2021. Es una empresa global de dispositivos médicos, la cual brinda soluciones innovadoras en tratamientos del dolor crónico, asimismo,

producción de sus propios sistemas de estimulación de médula espinal patentados respectivamente, con alta frecuencia para tratar el dolor crónico, incluida su plataforma de productos HFX.

Figura 9

Fabricantes de equipos originales (OEM) por proceso terapéutico



Nota. Porcentaje de procesos terapéuticos que realizan los fabricantes de quipo original. Tomado de *Ciencias de la Vida: Diseñando soluciones centradas en el paciente para la era de la atención conectada*, por Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo, 2020.

En la Figura 9 se puede ver la información graficada por la Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo (CINDE), con datos de *MedTech Companies*, 2020. Se observan los porcentajes de

los dispositivos médicos que más se producen por tipo de procesos terapéutico, siendo Dental y Cardiovascular/ Vascular los más altos porcentajes.

Marco Teórico

En el desarrollo de esta sección se origina la explicación de las filosofías y conceptos, que se considera necesario describir o definir qué los compone y cuáles son sus características. Igualmente, se procede a definir las herramientas por utilizar para el desarrollo de estudio y cómo estas son utilizadas.

Filosofías y conceptos

Cadena de suministros

El término cadena de suministros engloba el hecho de diseñar, planear y operar todas las partes directas o indirectas que permiten satisfacer al cliente a través de un bien o servicio, por ello Figueiras (2021) indica qué es esta filosofía:

Una cadena de suministro es aquella cadena de procesos involucrados en la acción de satisfacer las necesidades del cliente, bien sea por medio de bienes consumo o servicios. Va desde la obtención de materia prima, transformación de la materia en productos intermedios y productos terminados y la distribución de estos productos a los consumidores. (párr. 1)

Entendiendo la importancia de ésta, se comprende que una sola empresa puede manejar distintas cadenas o redes, debido, a diferentes productos o familias que maneje dentro de su variedad. En Siempre se busca como objetivo el poder maximizar el valor total generado y, asimismo, enfocarse en la rentabilidad total conjunta de todas las partes, para lograr el ajuste estratégico y llevar a la empresa al éxito.

La contextualización de esta filosofía es esencial para el entendimiento del trabajo, ya que la cadena es el flujo total de todas las actividades que se necesitan para hacer que un producto llegue hasta el cliente final. Asimismo, este concepto es de sumo interés para el estudio, debido a que se

trata de analizar las necesidades o puntos flujos por los que pasa esta red de la industria médica seleccionada que necesita ayuda de elementos o herramientas como el énfasis que se hace hacia el *blockchain*.

Logística

Es importante entender a qué se refiere o qué se cubre concretamente con el concepto logística, y no confundirlo con lo que es cadena de suministros. De acuerdo con Jenkins (2022) se define de la siguiente manera:

La logística se refiere al movimiento de mercancías desde el punto A hasta el punto B, lo que implica dos funciones: transporte y almacenamiento. La cadena de suministro general es una red de empresas y organizaciones que trabajan en una secuencia de procesos, incluida la logística, para producir y distribuir bienes. (párr. 5)

Teniendo su definición, se puede decir que la logística vela por cumplir ciertos objetivos, como lo es reducir los costos de manipulación de la mercancía, reducir costos de los transportes y manejar los inventarios correctamente para no aumentar sus costos. Manejar adecuadamente la existencia de *stock*, adecuar los recorridos, disminuir etapas y agrupar las cargas, son acciones para administrar correctamente la logística.

El comprender esta filosofía es esencial para la composición de la investigación, ya que al igual que la cadena de suministro tiene impacto sobre la satisfacción del cliente, y la industria médica debe tener un manejo mejor que respecto a otras industrias por el tipo de producto tan sensible que manejan. Además, dentro de lo que se pretende dejar, el *blockchain* representa ser una herramienta que puede potenciar esta área, y hacer las empresas más eficientes en costos y respuesta hacia al cliente.

Elementos difíciles de controlar en la cadena de suministros y logística

Las empresas, a la hora de gestionar la cadena de suministros, pretenden mejorar los flujos que existen en ella, lograr una logística más eficiente y la optimización de todos los procesos que la conforman. No obstante, las empresas se enfrentan con ciertos puntos flojos o débiles dentro de su

cadena de suministros, que son retos del día a día, que las empresas se enfocan en mejorar. A continuación, se procede a entender retos actuales que enfrentan distintas empresas en su red logística y de suministros.

“Globalización: compañías trasladan sus operaciones a otros países, por lo que la cadena de suministro se ve afectada ante la complejidad de cumplir y proporcionar visibilidad” (Solística, 2021, párr. 4). Este factor genera que las empresas tengan que lidiar con mayor inseguridad, tiempo de respuesta, mayor competitividad, coordinación y comunicación con distintos pares y demás factores; por el hecho de que las cadenas de suministros y logística se vienen globalizando, teniendo que cumplir estándares de eficiencia y estrategias más complejos.

“Innovación tecnológica: el big data, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático han generado retos con estructuras de costos, medidas de cumplimiento y capacidades de suministro” (Solística, 2021, párr. 5). El factor tecnología es muy cambiante, por lo que, generalmente, suele ser una alta inversión y no siempre se logra tener el acceso a la tecnología más actualizada, por falta de recursos, lo que trae problemas de competencia en el mercado, respecto a otras empresas que sí cuentan con estas capacidades.

“Nuevo consumidor: ahora el cliente cuenta decisiones más informadas e inteligentes y su comportamiento depende de factores culturales, sociales, ambientales y personales que cambian rápidamente” (Solística, 2021, párr. 6). La exigencia de los clientes, y la necesidad de contar con todo a disposición, han llevado a las empresas a analizar los nuevos comportamientos de consumo e idear cómo manejar las cadenas de suministros y logística respecto a estos cambios.

“Calidad: las compañías están obligadas a crear productos de alta calidad que conserven la buena reputación y cumplan con normas, certificados y regulaciones” (Solística, 2021, párr. 8). La calidad del servicio, cumplimiento de tiempos, valor agregado, cumplimiento y certificado que aseguren la calidad de los productos, origen de los productos, cuidado del nombre de la marca, entre otros, son parte de los riesgos respecto a la calidad que debe cumplir la logística y cadena de suministros.

“Confiabilidad: las compañías deben aliarse solo con proveedores y socios confiables y regulados a fin de evitar riesgos e interrupciones” (Solística, 2021, párr. 9). Siendo uno de los elementos más

delicados, ya que hay existencia de agentes o participantes maliciosos que pueden llegar a afectar la seguridad de los productos, tratados, falsificados y demás posibles situaciones que puedan afectar la cadena de suministros y logística respecto a la confiabilidad.

Desmenuzando estos puntos, se encuentra que las empresas tienden a tener problemas relacionados con su trazabilidad, en la resolución de conflictos entre las partes, seguridad, digitalización, cumplimiento y manejo de los proveedores.

La trazabilidad es la capacidad para controlar algunas circunstancias e información relacionadas con el producto. Por ejemplo, saber la localización de un activo en un momento concreto. El cumplimiento, la seguridad de que se va a llevar a cabo aquello que se haya acordado previamente bajo unas condiciones. Por ejemplo, hacer una devolución de parte del dinero, si el paquete no se ha entregado en el tiempo estimado. (Aguayo, 2019 p. 60).

La trazabilidad de los flujos de distintos tipos de información es esencial para el control de la cadena de suministros o logística, y con ello traer toma de decisiones o acciones, pero es difícil poder lograr una trazabilidad completa, por los límites tecnológicos o por la poca participación de los distintos actores. Asimismo, el cumplimiento es un riesgo debido a que pueden existir situaciones en que lo acordado no se cumpla, y salir con alguna pérdida en el negocio.

La flexibilidad, la capacidad para adaptarse a nuevos cambios o problemas. Para ello es importante contemplar varios escenarios y sin que suponga un gran incremento de costes de operación. Por ejemplo, una entrega urgente que se va a realizar por medio de transporte y hay un atasco que va a retrasar la entrega varias horas. La gestión de la cadena, la efectividad en el control de la cadena. Una buena comunicación entre los diferentes actores ayuda a reducir el riesgo y aumentar la confianza entre las diferentes partes. (Aguayo, 2019, p. 61)

La comunicación entre las partes permite lograr una flexibilidad a acoplarse a los nuevos cambios. Esto debido a que, si las distintas partes compartirán información mínima necesaria respecto a sus inventarios, retrasos o cierta información importante, las demás partes pueden entender cómo esto los puede llegar a impactar y cuáles acciones tomar.

Se puede entender que ambas fuentes consultadas hacen referencia a la misma línea de los retos que tiene la cadena de suministros, que también involucran a la logística, y que son puntos por los que las empresas tratan de velar y buscar soluciones, viéndose las tecnologías como uno de los medios para atender estas dificultades que se presentan a lo largo de la realización de esta actividad.

Es importante tener claridad de cuáles son los retos y lo que se entiende por puntos flojos en la cadena de suministros y, asimismo, aclarar cuáles pueden ser esto. Es parte importante de la investigación, entender las dificultades que están teniendo las industrias médicas seleccionadas, y relacionarlas con la solución *blockchain*. Igualmente, evaluar posibles ideas o causas que provocan estos acontecimientos e identificarlas en un grupo propio en donde se relacionen y se compartan mismas características de solución.

Industria 4.0

Al hacer referencia a este tema, es esencial el peso tan importante de la implementación de la tecnología y automatización de procesos. “La industria 4.0, conocida también como cuarta revolución industrial, es un término estrechamente relacionado con la transformación digital y que está teniendo lugar en el sector industrial en su conjunto” (Mira, 2022, párr. 1). Esta filosofía lleva al uso de la tecnología más innovadora, que beneficie la facilitación de las tareas cotidianas que realiza una empresa. Esta corriente trae consigo una serie de herramientas que permiten la transformación digital.

“IoT o Internet de las Cosas: es la conexión de objetos físicos a internet u otras formas de comunicación, como es el caso de los coches autónomos o la monitorización de procesos en tiempo real en las industrias” (SYDEL, 2022, párr. 41). Siendo una de las tecnologías de la cuarta revolución industrial, ha tenido un gran aporte en sensores inteligentes que se utilizan para darle trazabilidad a los productos en la cadena de suministros, y conocer características de temperatura o ubicación.

“Inteligencia Artificial (IA): la Inteligencia Artificial (IA) se refiere a programas informáticos y robots capaces de simular las capacidades humanas para tomar decisiones y resolver problemas” (SYDEL, 2022, párr. 43). En la actualidad, la IA brinda grandes aportes, ya que se puede programar a este, para que, a través de datos, entienda y aporte en la ayuda del análisis de esto, y que, por

ejemplo, ayude en la predicción de tendencias de los consumidores, aportando a la logística y cadena de suministro de las empresas.

“Big Data y análisis: la era de los datos, con un volumen muy grande de información que se genera constantemente. Para recoger y almacenar estos datos existe el Big Data” (SYDEL, 2022, párr. 48). Esta herramienta permite analizar el comportamiento de distintos datos, ya sea comportamiento de operadores, clientes, proveedores, entre otros, para identificar patrones de tráfico, servicios, consumo y demás, favoreciendo los procesos de transporte, cumplir entregas y expectativas de los clientes.

“Ciberseguridad: permite la protección contra robo o daño al hardware, software o datos electrónicos, brindando a las organizaciones más seguridad” (SYDEL, 2022, párr. 50). Es un elemento esencial en la actualidad de los negocios, para no recibir ataques a sus sistemas y mantener segura su información privada y confidencial.

“Computación en la nube: la computación en la nube permite mantener los datos en un entorno en línea, acceder y administrar recursos a través de la conexión a Internet” (SYDEL, 2022, párr. 52). Brinda ayuda a las empresas, con pocos servidores y capacidad de almacenamiento limitada, por medio de la nube pueden almacenar mayor cantidad de información y mantener el acceso a su información.

“Robot colaborativo: son robots colaborativos. Esto significa que colaboran con las personas para combinar la mano de obra y las competencias humanas con la automatización” (SYDEL, 2022, párr. 54). Es una de las tendencias por medio de las cuales, distintos robots colaboran en la verificación, automatización, entre otras funciones, que ayudan a disminuir errores y eficientizar tareas dentro de la cadena de suministros y logística.

Las tecnologías que resaltan en la Industria 4.0 representan la innovación y ayudas hacia la compresión, protección, almacenamiento de datos de los procesos donde se integren. El uso del *Machine Learning* y drones también es parte de estas tecnologías. Los desarrollos actuales sirven para ser aplicados en la cadena de suministro y logística, de hecho, genera una filosofía denominada *Supply Chain 4.0*, en orden a esta industria y su revolución.

Esta nueva cadena de suministro se sirve de tecnologías como el blockchain, la automatización de procesos, la transformación digital, la inteligencia artificial, el big data (acompañado de la visualización y análisis de datos), el machine learning o el Internet de las Cosas Industrial. Todo ello para lograr operaciones de abastecimiento, producción, y distribuciones más eficientes. (Mecalux, 2020, párr. 4)

El digitalizar la cadena de suministros a través de estas herramientas permite obtener una mejor capacidad de análisis, brindar apoyo a las operaciones y agilización de las actividades transaccionales. De acuerdo con Castro (2021), con la tecnología integrada una cadena de suministro puede obtener lo siguiente:

Mejorar las comunicaciones con el cliente mediante el uso de análisis de datos en los puntos de venta integrados e inteligencia de mercado.

Mejorar la forestación tradicional mediante la recopilación, el barrido, la correlación y el análisis de Big Data.

Aprovechar las aplicaciones de IA para rastrear problemas, predecir disminuciones e incluso recomendar correcciones de cursos.

Actuar sobre información útil extraída de grandes conjuntos de datos no estructurados.

Acelerar el intercambio de información entre todos los socios de la cadena de suministro.

Automatizar los procesos mientras usa el IoT para monitorear las máquinas, hacer un seguimiento de las métricas de rendimiento o calidad, y aplicar un mantenimiento preventivo. (párr. 13-18)

Al tener claro que la cadena de suministros envuelve todos los procesos de una empresa y que la logística es parte de ella, el hacer uso de estas tecnologías genera un gran impacto en la optimización y apoyo a estas áreas, ya que si a través de la tecnología se logra mejorar los costos de fabricación o a través del análisis de datos se logra manejar mejor los inventarios, tanto la cadena de suministros como la logística ganan.

El tener claro esta serie de conceptos permite relacionar la Industria 4.0, a través de sus herramientas, con la cadena de suministros y logística, ya que las herramientas pertenecientes a esta son usadas en estas dos áreas, para gestionar datos, facilitar las cargas y almacenajes de productos, entre otras ventajas. Además, dar a conocer los usos e impactos de estas herramientas tecnológicas dentro de la cadena de suministros y logística es uno de los aspectos presentados en la investigación. Igualmente, ver cómo estas herramientas van relacionándose con el *blockchain*.

Cadena de suministros 4.0

La actualidad de las cadenas de suministro se basa en la implementación de la tecnología, en distintos aspectos, como lo son la producción o la gestión de los inventarios, a los que se les aplican diversos métodos tecnológicos que permitan mejorar la eficiencia operativa conjunta de la cadena de suministros (o *supply chain* en inglés).

En Supply Chain 4.0, la gestión de la cadena de abastecimiento aplica innovaciones bajo el concepto de "Industria 4.0" – Internet de las cosas (IoT), robótica avanzada, analytics y big data – para impulsar el desempeño y la satisfacción de los clientes. (Alicke, Rexhausen y Seyfert, 2017, párr. 1)

Este modelo de la cadena trae consigo la integración entre los participantes de la red o distintas redes de suministro que tenga una empresa. Mediante la tecnología, se alcanza una escalabilidad mayor del manejo de la información que exista en estos procesos, con el apoyo de las tecnologías provenientes de la Industria 4.0, y las nuevas tendencias que han aparecido en estos años, como lo es el *Blockchain* y su potencial de uso para mejorar el valor de las cadenas de suministro, teniendo clara la importancia de la definición de la actual etapa de madurez con la que se cuenta y las nuevas tendencias de tecnologías que trae con ella.

Logística 4.0

Este concepto proviene de la última maduración de soluciones asociadas al manejo de la logística en la actualidad, siendo un conjunto de diferentes soluciones para una disciplina empresarial, un paradigma de gestión actual. De acuerdo con Wang (2016), se define de la siguiente manera:

Logística 4.0 es un término colectivo para tecnologías y conceptos de organización de la cadena de valor. Dentro de la logística, CPS monitorea procesos físicos, crea una copia virtual del mundo físico y toma decisiones descentralizadas. A través del IoT, los CPS se comunican y cooperan entre sí y con los humanos en tiempo real. DM descubre conocimiento para apoyar el proceso de toma de decisiones. A través de IoS, los participantes de la cadena de valor ofrecen y utilizan servicios internos y entre organizaciones (p.71).

Este nuevo movimiento logístico hace uso y combinación de las herramientas provenientes de la cuarta revolución industrial, apoyándose, de los CPS (Sistemas Ciberfísicos), las IoT (Internet de las Cosas), el DM (Data Mining), del IoS (Internet de los Servicios), entre otras herramientas más. Se potencia la inmediatez, conectividad, mayor seguridad y registro automatizado de los procesos logísticos, aportando mayor valor a las redes logísticas. Una de las herramientas que se integra a este paradigma de gestión es el *Blockchain*, siendo un libro de registro que potencia la conectividad y la capacidad de las demás herramientas. Por ello, es importante el comprender lo que significa la Logística 4.0 y las oportunidades a las nuevas tecnologías a las que se van accediendo.

Blockchain

El enfoque de la investigación requiere centrarse en la innovación de la tecnología *blockchain*, el cual “es un libro mayor de registros compartido y distribuido o transacciones que está abierto a la inspección por cada participante, pero no sujeto a ninguna forma de control central” (WEF, 2019, p.8). Actualmente el *blockchain* es la DLT (*Distributed Ledger Technology*) más popular en la práctica.

Esta tecnología surge para facilitar la transacción y generación de efectivo digital, esta terminología es acuñada por Satoshi Nakamoto en su documento “*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*” en el año 2008. En este escrito se detalla que dentro del *blockchain* se propone un modelo de transacción sin intermediarios por medio de la confianza entre los participantes y del conocimiento colectivo, en el cual todos los participantes son capaces de ver y de tener la información que existe proveniente de las transacciones, por lo tanto, pueden dar legitimización, validación e ir creando un registro del historial de las actividades realizadas.

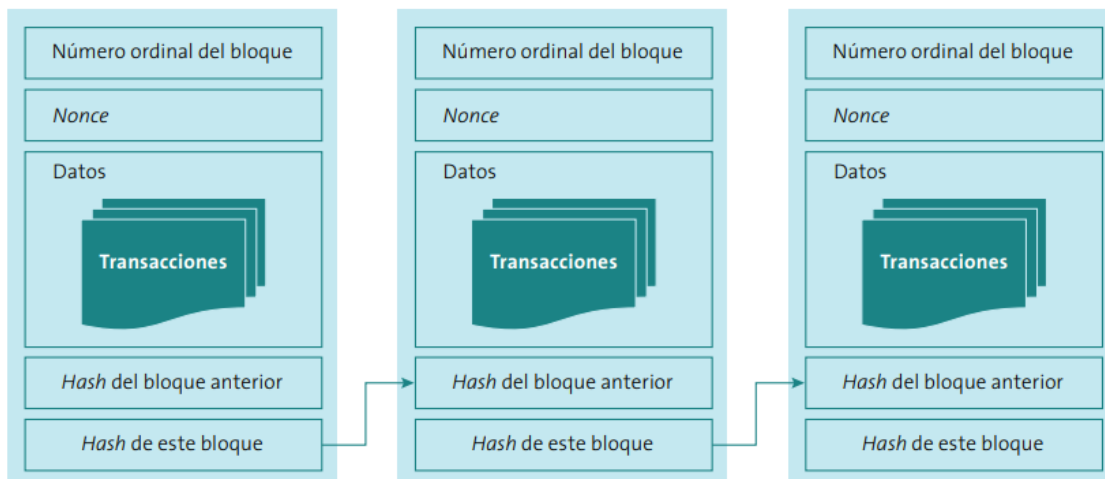
Se entiende que esta estructura de datos alberga la información y se involucra de manera concatenada con la información de los bloques anteriores, por eso se forma y recibe el nombre de cadena de bloques. Se tiene que comprender que cada bloque consta de un *timestamp* (marca de tiempo) y un *hash* del bloque anterior que permite concatenar la información de los bloques que están conformando la cadena, el bloque es registrado por el propietario, cada bloque se firma digitalmente por este, e incluye dentro su información o datos de interés.

El algoritmo transforma cualquier tipo de información en un *hash*, aplicando una función matemática. El *hash* tiene características que se deben resaltar, de acuerdo con Díaz, Valdés y Pérez (2021):

Como son la no repetición (existe una muy baja probabilidad de encontrar la misma huella para diferentes datos), y en segundo lugar la unicidad de la huella, es decir el resultado de aplicar el algoritmo será siempre el mismo cada vez que se aplique el mismo conjunto de datos. Si alguno de los datos cambia, cambiará entonces también el resultado de la salida del algoritmo y por tanto la huella será distinta. (p. 4)

Figura 10

Esquema de cómo se construye la cadena de bloques (blockchain)



Nota. Dinámica en la formación de bloques dentro del *blockchain*. Tomado de *Oportunidades y desafíos para la implementación de blockchain en el ámbito logístico de América Latina y el Caribe* (p. 4), por Díaz et al., 2021.

A través de la representación de la Figura 10, se puede comprender lo antes explicado, se conserva el *hash* del bloque anterior, el cual no puede cambiar, ya que cambia el resultado del *hash* que está calculando o almacenando, quedando de esta manera enlazado cada bloque con su precedente. Asimismo, es de suma importancia entender las características que presenta el *blockchain*, por ello se procede a citar el escrito realizado por el Foro Económico Mundial (WEF, por sus siglas en inglés).

Desintermediación: la red peer-to-peer de Blockchain reduce la dependencia de un tercer intermediario. Los participantes de la red pueden verificar de forma independiente la integridad de, y tienen control compartido sobre el libro mayor. En general, la desintermediación de los intermediarios tradicionales puede tomar lugar si el costo de los intermediarios tradicionales excede el valor que agregan. Es posible que haya nuevas formas de emergentes intermediarios. (WEF, 2019, p. 9)

La eliminación de terceros o lo determinado por la desintermediación es una de las características más fuertes del *blockchain*, donde los participantes pueden realizar transacciones sin tener al pendiente un tercero en que haga o se encargue de que se ejecute “x” transacción entre dos partes, ya que las dos partes cuentan con un medio de ejecución que les permite la conexión directa.

Auditabilidad: la información dentro de una cadena de bloques puede ser fácilmente visible para todos los participantes que han sido autorizados para verlo y, en general, no puede ser alterado por una sola entidad. Dependiendo de la tecnología subyacente y el uso de técnicas criptográficas, por lo general puede ser diseñado en torno a qué información está disponible para quién. Esto mejora la auditabilidad, crea confianza y reduce comportamiento fraudulento. (WEF, 2019, p. 9)

Debido a que *blockchain* es considerado un libro mayor de registro, y por otros como una base de datos, cuenta con las características de ser un registro total de todas las transacciones que se

ejecuten dentro de él, contando con la inmutabilidad y registro con tiempos exactos, facilitando la auditabilidad de distintos procesos o flujos de información que sean tratados por este medio.

Construcciones criptográficas: esto se relaciona con la protección de información: técnicas criptográficas, incluyendo funciones hash criptográficas y firmas digitales, se implementan para salvaguardar los registros en la base de datos. Con una cuidadosa integración de construcciones criptográficas. Los actores de la cadena de suministro pueden cifrar y proteger datos confidenciales e información comercial usando blockchain tecnología. Ciertas características criptográficas no son exclusivas de la tecnología blockchain y se puede garantizar con criptografía tradicional (WEF, 2019, p.9).

La criptografía es uno de los elementos que permite enviar información y demás tipo de información encriptada, donde se cuenta con distintas herramientas como las firmas digitales, que permiten enviar y hacer recibimiento adecuado entre las partes que requieren hacer recepción o envío de una determinada transacción.

Resiliencia: La tecnología blockchain puede ser más resistente a ciertos tipos de ataques cibernéticos, como ataques de denegación de servicio, en los que se detiene un servidor inundándolo con tráfico de Internet. Redes de cadena de bloques son más difíciles de derribar porque están distribuidos, la naturaleza redundante crea potencialmente miles de objetivos en lugar de uno solo. Es importante tener en cuenta que hay muchos aspectos y requisitos para una estrategia de ciberseguridad eficaz. Ciberseguridad efectiva depende de una ingeniería cuidadosa, revisión de código, diseño del sistema y otros aspectos organizativos, legales y factores de estándares: usar solo una cadena de bloques en general no agrega valor en este sentido. (WEF, 2019, p. 9)

Blockchain no es inmune a ataques cibernéticos, pero sí tiene el beneficio de que el sistema no se venga abajo como tras tecnologías actuales cuando las tratan de atacar. Es necesario hacer uso de elementos que se le agregan al *blockchain* para que las partes tengan reconocimiento de identidades, firmas y demás elementos para dar mejor protección a nivel de ciberseguridad.

Versión única de la verdad: todas las transacciones de blockchain tienen fecha y hora y son a prueba de manipulaciones, lo que proporciona una única fuente de integridad de datos.

No hay necesidad de reconciliación entre los diferentes participantes; de confianza la información existe sólo en un lugar en el distribuido libro mayor. Los participantes pueden, por lo tanto, esperar que todos trabajen con la misma información y confían en información del libro mayor compartido. (WEF, 2019, p. 10).

La versión única de la verdad va de la mano con la auditabilidad, estas dos permiten hacer registro confiable de lo que se lleva a cabo dentro de la solución *blockchain*. Cada parte, puede confirmar las transacciones y lo realizado en el libro mayor compartido.

Inmutabilidad: los datos registrados no se pueden cambiar ni eliminado por un solo actor. En su lugar, se verifica y gestionado mediante protocolos de gobernanza. Esta configuración puede asegure de manera efectiva los datos en los libros de contabilidad de blockchain contra manipulación no autorizada. Sin embargo, es importante señalar que la inmutabilidad absoluta no existe. Las transacciones pueden eliminarse o ajustarse en teoría, si suficientes nodos se confabulan (a sabiendas o no). (WEF, 2019, p. 10)

Dentro de las soluciones *blockchain* se cuenta con la inmutabilidad, que aplica para todos los participantes, sin importar si es invitado a participar o si es el participante principal que inicia la aplicación, ninguno de estos puede llegar a generar cambios en la red de bloques, una vez que se trate de generar un cambio, la cadena se rompe, identificando fácilmente que hubo una acción maliciosa por parte de alguno de los participantes.

Contratos inteligentes: las cadenas de bloques se pueden programar para automatizar los procesos comerciales (por ejemplo, realizar pagos) en distintas entidades. Un contrato inteligente es un contrato informatizado protocolo de transacción que ejecuta automáticamente en términos de un contrato sobre una cadena de bloques una vez predefinidos se cumplen las condiciones. Esto puede reducir potencialmente los costos y retrasos asociados con los contratos tradicionales. (WEF, 2019, p. 10)

Los contratos inteligentes no son solo una característica propia de las soluciones *blockchain*, otras tecnologías más maduras cuentan con el beneficio de poder crear este tipo de acuerdos, que permiten automatización y eliminación de terceros. Esta herramienta se configura para cumplir

una situación específica, si todas las condiciones pactadas se dan, eliminando la constancia de un tercero o atrasos por parte de este para que se dé un contrato.

Al entender las características tan llamativas que posee esta tecnología, se da un paso para relacionar y entender su creación y básicamente qué es, así como la conformación de cada bloque dentro de la cadena. Es de mera importancia entender qué es el *blockchain*, ya que este es el eje sobre el cual gira la investigación, tener la comprensión de este concepto es base, debido a que, a partir de él, se realiza una línea de relaciones y aportaciones que esta tecnología puede brindar en los ámbitos de la cadena de suministros y logística, además, de temas que rodean a estos últimos dos.

***Blockchain* empresarial**

Actualmente el libro de contabilidad digital presenta un alto potencial en el contexto empresarial, permitiendo optimizar los procesos comerciales y mejorar la eficiencia de sus actividades, permitiendo una mejor relación de las partes en el intercambio internacional y los riesgos existentes durante los procesos. Por ello, Bhala (2021) define *Blockchain* empresarial de la siguiente manera:

Es un tipo de red de cadena de bloques autorizada que se puede integrar y utilizar para usos empresariales. Dichas cadenas de bloques están empoderando a las empresas y los negocios con responsabilidad, inmutabilidad, escalabilidad, seguridad, facilidad de uso y control, transformando radicalmente el curso de sus negocios. (párr. 1)

Entendiendo esto, el *blockchain* empresarial da soporte a las empresas no solo en el ambiente financiero o en el intercambio de criptoactivos, como son las mayores aportaciones que se le asignan al *blockchain*, y las más conocidas. Por eso es importante el identificar el potencial que tiene hacia la optimización de los procesos, el hacer flujos más constantes, disminuir costos operativos y trayendo consigo, una transacción más veloz de distintos tipos de información, por ejemplo: existencia de inventarios de un proveedor, traspasos de dinero, información constante del movimiento del producto entre los participantes, entre otros.

Origen y trazabilidad: una vez que la información es registrada, nadie puede modificarla y si lo hacen, se sabe quién, cómo, cuándo y dónde. Esto permite generar una base de datos compartida con el historial completo de cada pieza en la cadena de distribución. No repudiación: la gente no puede deslindarse de lo que firmó. Inmediatez: cuando alguien registra algo, todos los participantes en el blockchain se enteran qué sucede en tiempo real (Mendoza, 2020, párr.8-10).

La relación de la tecnología *blockchain* con las empresas representa una solución que brinda ventajas en: identificar el origen de los productos o materias primas, trazabilidad de información, una vez que se hace un acuerdo las partes tienen que cumplir con lo acordado, y se logra una inmediatez, debido a que la cadena de bloques permite una actualización en tiempo real de la información o actualizaciones realizadas en la cadena por las distintas partes.

Comprendiendo que las tecnologías son uno de los medios más adecuados para manejar la eficiencia en costos, el *blockchain* tiene un gran impacto en la reducción de costos logísticos y de comercio exterior. Además del impacto positivo que tienen estas ventajas anteriormente explicadas, el *blockchain* presenta una alta aplicación en la cadena de suministros y logística, por ejemplo, seguridad financiera, que le permite a ambas partes monitorear de manera más controlada, dándose un método de pago más rápido.

Ahorro de tiempo y costos en la gestión de la cadena de suministro al reducir el papeleo. Eliminación de errores y erradicación de fraudes. Optimización de los procesos de almacenamiento, transporte y distribución. Fiabilidad e integridad de la información compartida. Colaboración eficiente entre los diferentes agentes participantes (Solistica, 2022, párr. 22-23-24-25-26).

La adaptación de una solución *blockchain* permite a las empresas reducir el papeleo físico y transferirlo por medio de la cadena de bloques y que este vaya teniendo un flujo de acuerdo con los participantes que requieran obtener o llegar a subir una actualización del papeleo. Asimismo, reducir los errores e identificar de mejor manera los fraudes de participantes malintencionados. Al lograr una colaboración entre las partes, cada una puede optimizar proceso y, de igual manera, tener fiabilidad e integración de distintos flujos.

Transparencia en el trayecto de las mercancías de manera que el cliente siempre sepa dónde está su pedido. Mayor seguridad de la carga pues la verificación en consenso de la información permitirá detectar si un empleado pretende realizar una acción fraudulenta alterando un código de registro (Solistica, 2022, párr. 27- 28).

Seguimiento, seguridad y visibilidad son parte de los beneficios que se encuentran al aplicar el *blockchain* en el proceso logístico y de cadena de suministro. Por medio del registro que se genera de la participación de todos los integrantes, la identificación que cada uno de ellos tiene que brindar y la visibilidad completa que puede tener cada participante de la información que le incumbe, ayuda a la mejora de sus redes.

Se tiene así el entendimiento del potencial del *blockchain* a la cadena de suministros y logística. “Blockchain es una red tecnológica que interconecta a todos los participantes de la cadena de suministro para hacer un único registro, del cual cada actor de la cadena tendrá una copia” (Mendoza, 2020, párr. 5). Esta herramienta permite a las empresas conocer en cada momento cualquier actualización del producto, se construye comunicación entre las partes participantes, operaciones optimizadas, permite analizar la data recolectada y almacenada durante el proceso y a través de todas estas medidas, permite la toma de decisiones.

El tener clara la definición de la relación de estas filosofías es objeto clave para la investigación que se realiza. Es necesario entender el papel funcional que realiza el *blockchain* dentro de la cadena de suministros y logística, asimismo, adaptar los usos hacia la industria médica, el referir los usos más hacia cómo esta industria puede utilizarlos para mejorar sus puntos flojos.

Herramientas

Análisis FODAC

Profundizando, se encuentra que

... un análisis FODA o DAFO es una herramienta diseñada para comprender la situación de un negocio a través de la realización de una lista completa de sus fortalezas,

oportunidades, debilidades y amenazas. Resulta fundamental para la toma de decisiones actuales y futuras. (Pursell, 2022, párr. 6).

La C que se integra es para contemplar circunstancias, posibles de suceder, pero que no se tenga certeza de que vayan a suceder. Es importante destacar que esta herramienta no solo se usa para evaluar problemas de negocios o proyectos, también se utiliza para estudiar nuevas propuestas o filosofías emergentes y validar sus amenazas u oportunidades respecto a factores externos a ellas, así como identificar fortalezas y debilidades a lo interno de estas.

Figura 11

Representación del análisis FODA



Nota. El análisis DAFO evalúa factores internos y externos, así como el potencial actual y futuro. Tomado de *Análisis FODA, DAFO O SWOT*, por Becominds, 2021.

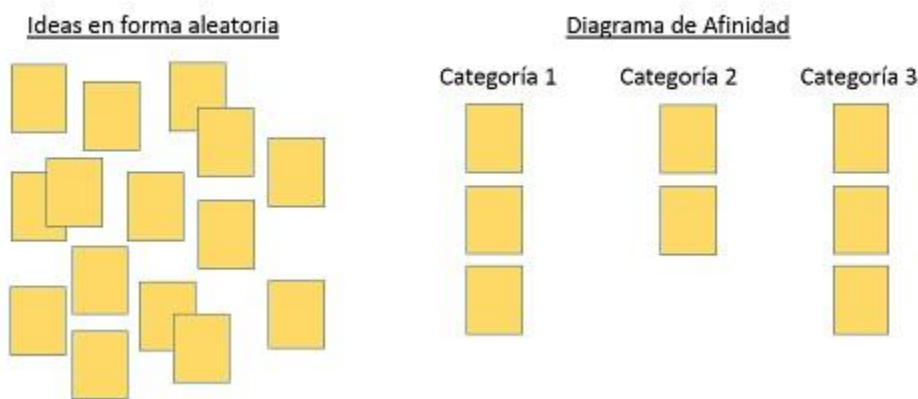
Este análisis permite estudiar el objeto de interés y lograr conocerlo tanto a un nivel interno como externo y detectar a lo que se enfrenta de acuerdo con el entorno que lo rodea. Al utilizar el FODAC, con una correspondiente investigación bibliográfica, se puede comprender adecuadamente la filosofía *blockchain* y lo que compone esta nueva innovación tecnológica y con ello, poder elaborar la matriz FODAC donde se destaquen las fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas y circunstancias del *blockchain* de acuerdo con la actualidad, para tener una perspectiva más clara de esta.

Diagrama de Afinidad

La organización de la información e ideas se puede lograr a través de “un diagrama de afinidad, también conocido como mapa de afinidad, es una herramienta visual que se usa para organizar la información. Al clasificar los datos o ideas por temas comunes” (Asana, 2022, párr. 4). Esta herramienta permite brindar ayuda a la investigación e ideas complejas, al ordenar los datos que se obtengan, donde se procede a realizar una agrupación de la información según las características que se tengan en común.

Figura 12

Ejemplificación de la estructura del Diagrama de Afinidad



Nota. Representación de las ideas colocadas por categorías dentro del Diagrama de Afinidad. Tomado de *Diagrama de Afinidad*, por Briseño, 2014.

Con este diagrama se permite darles orden a las ideas o a datos de interés para el estudio, lo que brinda ayuda a visualizar de mejor manera la información que tienes, además, de permitir la toma de decisiones más informadas. Al incorporar el diagrama de afinidad en la investigación, se pretende encontrar posibles causas por las que ocurren las deficiencias en la cadena de suministros, y cómo estas causas se pueden agrupar bajo uno de los distintos puntos débiles identificados en la recolección de bibliografía, que permite sacar conclusiones más sólidas.

Cuadro de relación

Cuando se habla de la utilización de un cuadro, es importante entender que “un cuadro puede ser un gráfico que especifica los vínculos existentes entre distintos datos” (Pérez y Gardey, 2017, párr. 1). Asimismo, de acuerdo con la Real Academia Española (2022), relacionar es “establecer relación entre personas, cosas, ideas o hechos” (párr. 2). A diferencia del cuadro comparativo, que de manera gráfica a través de columnas compara elementos, el cuadro de relación lo que busca es exponer la relación que existe entre los elementos.

Comprendiendo lo anteriormente descrito, el cuadro de relación permite, a través de su representación gráfica, presentar la conexión que existe entre elementos puestos bajo motivos de interés o estudio. En este caso, se pretende utilizar esta herramienta para mostrar la relación existente entre el *blockchain* y las herramientas actuales de la Industria 4.0 que son aplicadas para el control y manejo de la cadena de suministros.










Diagrama de flujo

Para una comprensión adecuada de algún proceso o función que se realiza, es necesario contar con una herramienta que permita facilitar la explicación de los flujos que se realizan, por ello se hace uso del diagrama de flujo.

Un diagrama de flujo o flujograma es una representación gráfica de un proceso, o bien, de un algoritmo informático, el cual puede usarse en múltiples rubros, tales como el de la industria, ingeniería, manufactura, programación e informática, educación, ventas y marketing, negocios, psicología cognitiva y finanzas (González, 2022, párr. 12).

Figura 13

Ejemplificación de los símbolos utilizados en el Diagrama de Flujo

Símbolo	Utilidad o significado
	Línea de flujo o flecha, usado para mostrar la continuidad y orden del proceso.
	Usado para indicar el inicio o fin del proceso o subproceso.
	Indica una actividad del procesos en el diagrama.
	Usado para indicar un decisión de dos opciones (si, no o verdadero, falso).
	Entrada y salida de datos al proceso.
	Documentos del proceso.
	Usado para representar un enlace dentro de otra parte del proceso, este lleva una letra o numero en el centro que es con que empieza el enlace.
	Usado para representar demora en la secuencia de una actividad.
	Usado para representar dos partes del diagrama en diferentes paginas.

Nota. Visualización de las figuras utilizadas en la realización del diagrama de flujo. Tomado de 8 *Ejemplos de Diagrama de Flujo*, por Riquelme, 2023.

Adentrándose a la explicación de este instrumento, es un método para adaptar mejor la información que se desee transmitir. Por ello, se decide hacer uso de este, para explicar o ejemplificar los procesos, decisiones y pasos de diversas ejemplificaciones necesarias por dar a entender y generar mayor aportación visual a distintos procesos por evaluar o amplificar en torno a la logística, cadena de suministros, *blockchain* o algún tema relacionado con el estudio.

Herramienta 5 porqués

La existencia de instrumentos que permiten generar cuestiones acerca de un elemento de estudio son una facilitación para tener respuestas a ellas, por eso los 5 porqués constituyen un elemento muy utilizado en la ingeniería. “Es un método que se basa en la realización de preguntas que buscan explorar la causa-efecto de un suceso o problema en particular. El primer «porqué» va generando otro como consecuencia y así sucesivamente” (Rodríguez, 2021, párr. 4).

Figura 14

Ejemplificación de la formulación de la herramienta 5 porqués

Planteamiento del problema	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4	Por qué 5	Resultado
¿Por qué está sucediendo esta situación?	Razón 1					Solución 1
	Razón 2					Solución 2
	Razón 3					Solución 3

Nota. Desarrollo de la formulación de cada pregunta hasta llegar a la conclusión de la solución. Tomado de *5 porqués: definición, aplicación y ejemplos*, por Rodríguez, 2021.

La herramienta 5 porqués no solo se enfoca en dar a conocer una gestión a algún problema empresarial, la utilización de esta en el ámbito de la investigación de un tema, también funciona. En este caso cuestionarse por qué el *blockchain* es beneficioso o por qué es funcional para la logística y cadena de suministros es meramente posible, y la herramienta permite dar las razones de estas cuestiones de una manera organizada, por ello es importante utilizarla en la investigación.

Capítulo IV

Análisis de resultados

Capítulo IV. Análisis de resultados

Se procede a realizar el análisis detallado de los resultados, de acuerdo con la recolección realizada, dentro de este capítulo se encuentra la división de las variables puestas bajo investigación, desprendidas de los objetivos del estudio. La información que se presenta a continuación se recolecta a través de la encuesta y entrevista, además de la utilización de distintas herramientas.

Análisis y recolección de datos generales

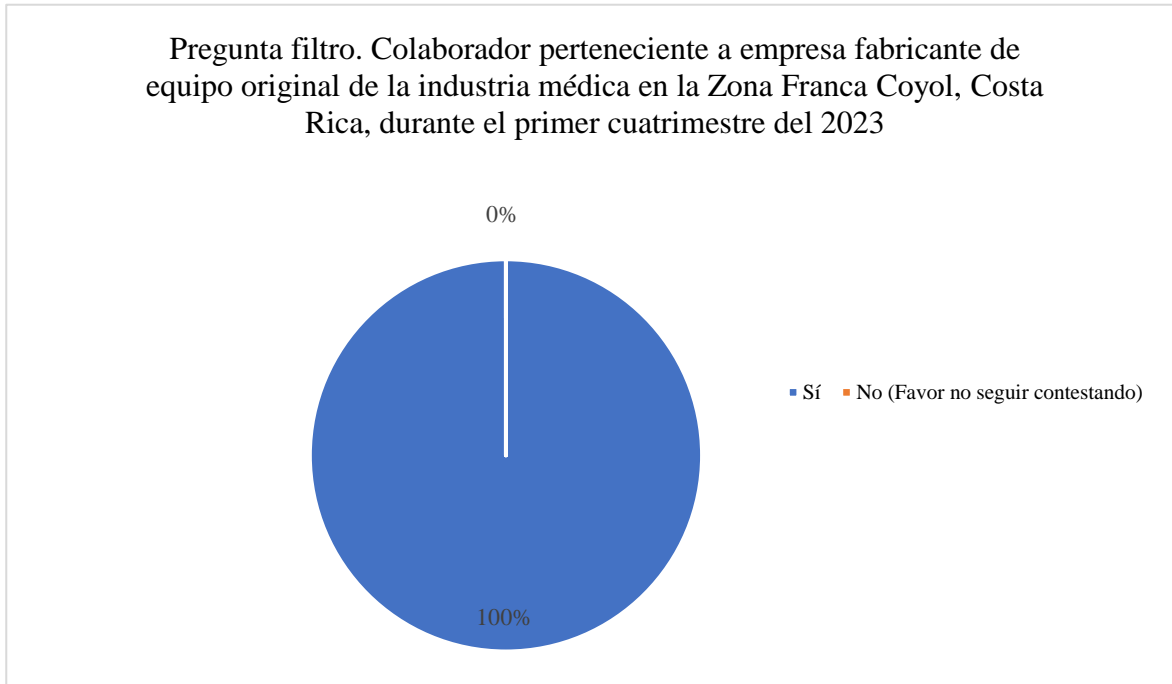
En esta primera parte, se hace referencia a datos que se toman para verificar características más certeras de la población de interés, y que estas cumplan con las características esperadas, generar mayor valor de respuestas. Dentro de esos datos generales se destaca el nivel educativo, lugar de trabajo, área de trabajo, puesto laboral, la edad y rango de experiencia en el puesto, esto con respecto a la encuesta.

Encuesta

Al realizar la escogencia de los instrumentos para la recolección de datos provenientes de las fuentes primarias, se hace uso de la encuesta, apoyándose en el cuestionario para su creación. Se aplica a manera de censo a la población interés del estudio. Dentro de este instrumento se detallan dos preguntas filtro para que los encuestados pertenecientes a la población cumplan con las características de conocimientos requeridos para contar con las capacidades de dar respuesta a los distintos ítems.

Figura 15

Pregunta filtro. Colaboradores pertenecientes a empresas fabricantes de equipo original de la industria médica en la Zona Franca Coyol.

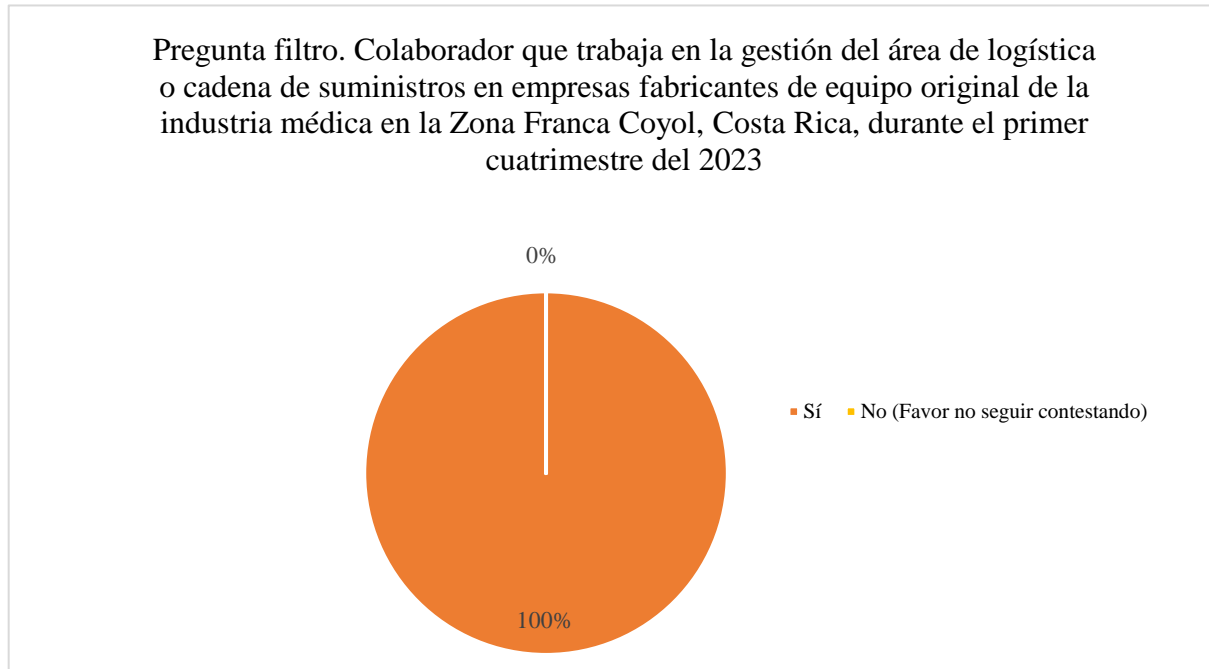


Nota. Elaboración propia, 2023.

La Figura 15 es una representación de la primera pregunta filtro de la encuesta. Se identifica que el 100% de los encuestados pertenecen a las empresas fabricantes de equipo original de la industria médica en la Zona Franca Coyol.

Figura 16

Pregunta filtro. Colaboradores que trabajan en la gestión del área de logística o cadena de suministros en empresas fabricantes de equipo original de la industria médica.



Nota. Elaboración propia, 2023.

La segunda pregunta filtro de la encuesta es identificada en la Figura 16, se observa que un 100% de los participantes de la encuesta son colaboradores pertenecientes a las áreas de gestión de la cadena de suministros y logística de las empresas fabricantes de equipo original de la industria médica en la Zona Franca Coyol.

Tabla 2*Área de trabajo*

Ítem	Reactivo	Sujeto	Puesto laboral
3	Área de trabajo	Sujeto 1	Warehouse and Logistics Manager
		Sujeto 2	Supply & Demand Sr. Specialist
		Sujeto 3	Supply Planner
		Sujeto 4	Inventory Manager
		Sujeto 5	Especialista en logística
		Sujeto 6	Buyer 1
		Sujeto 7	Sr. Supply Chain Manager
		Sujeto 8	Data Analyst
		Sujeto 9	Líder del Almacén
		Sujeto 10	Sr. Supplier Quality Engineer
		Sujeto 11	Logistics Engineer I
		Sujeto 12	Coordinador de Importaciones
		Sujeto 13	Supervisor de Logística

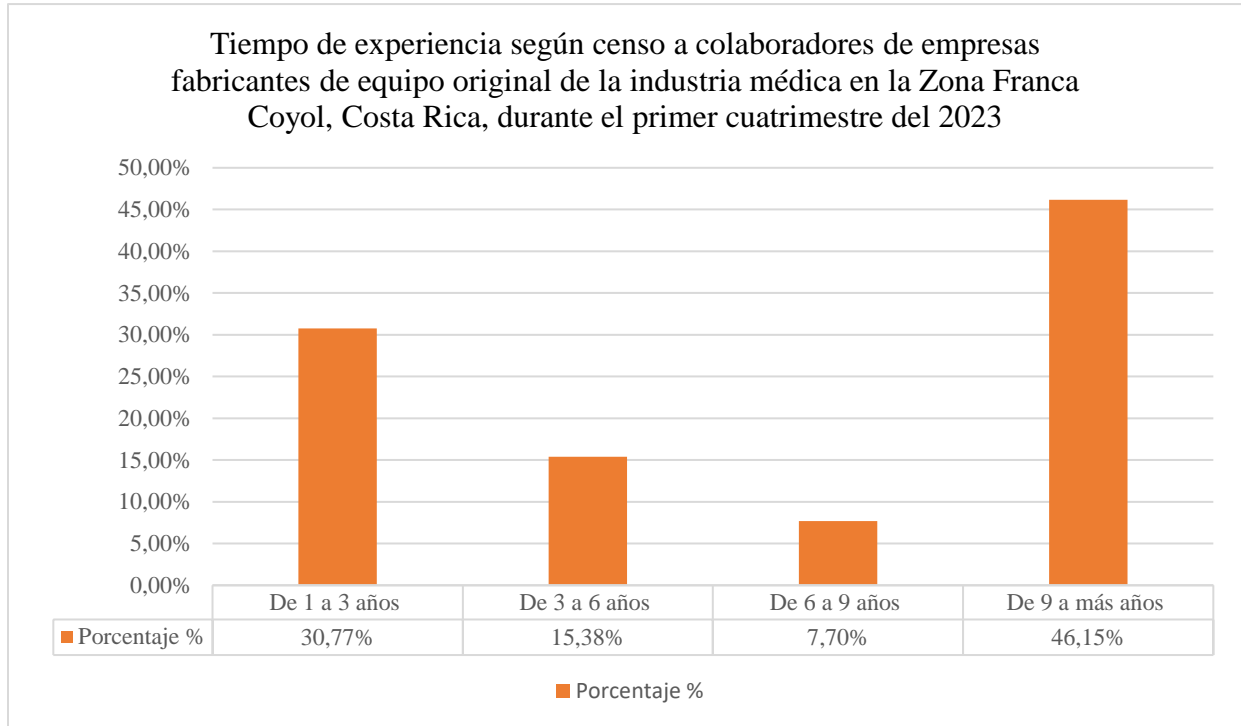
Nota. Elaboración propia, 2023.

De igual manera, se realiza la consulta de los puestos de trabajo a los participantes, para entender mejor sus responsabilidades en las áreas de cadena de suministro y logística, sus respuestas se muestran de manera tabulada en la Tabla 2.

Debidamente comprendidas las áreas de trabajo de los participantes, se procede a identificar sus años de experiencia. De acuerdo con la Figura 17, se identifica el dato mayor con un 45,16% en el rango de nueve a más años, es decir, personal con alta experiencia; seguidamente se tiene el dato de 30,77% con el rango de uno a tres años, identificándose como profesionales en nivel básico, destacando el dato de tres a seis años con un 15,38% y de 7,70 % del rango de seis a nueve años, siendo estos dos niveles intermedio – altos en cuanto a nivel de experiencia profesional.

Figura 17

Tiempo de experiencia



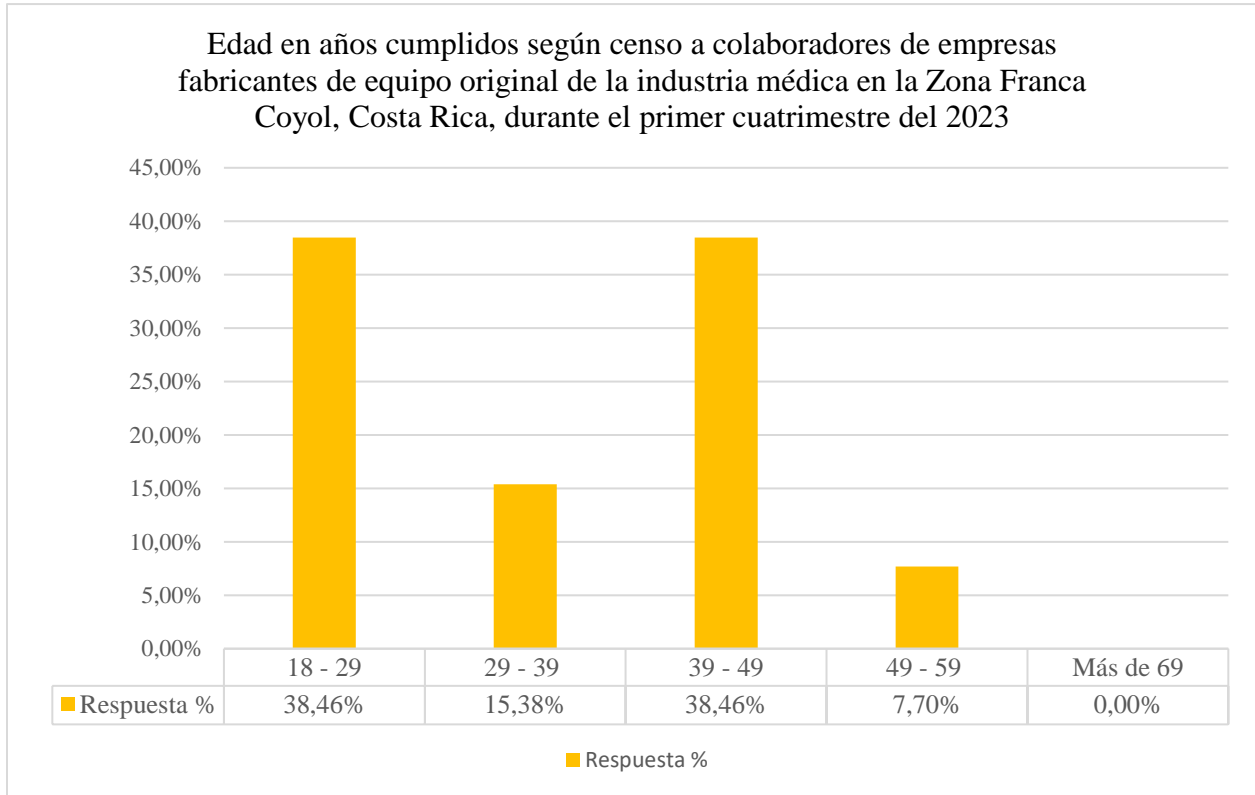
Nota. Elaboración propia, 2023.

En relación con el dato anterior de los años de experiencia y el dato que se presenta a continuación en la Figura 18 respecto a los años cumplidos de los participantes de la encuesta, se asocian a su etapa de vida laboral. Se tiene el dato más alto compartido por dos rangos de edad: un 38,46% de los 18 a los 29 años, y también, en el rango de los 39 a los 49 años, encontrando así participación de un grupo que se encuentra en sus inicios laborales y otro en una etapa más avanzada en madurez laboral.

Destacando un 15,38% en el rango de los 29 a los 39 años, siendo una etapa joven laboral, pero con un grado de experiencia mayor, asimismo, se cuenta con un 7,70% en el rango de los 49 a los 59 años, determinando una etapa madura en la vida de un profesional, y con altos niveles de conocimiento. Finalmente, se obtuvo un 0% en el rango de edad de más de 79 años.

Figura 18

Edad en años cumplidos



Nota. Elaboración propia, 2023.

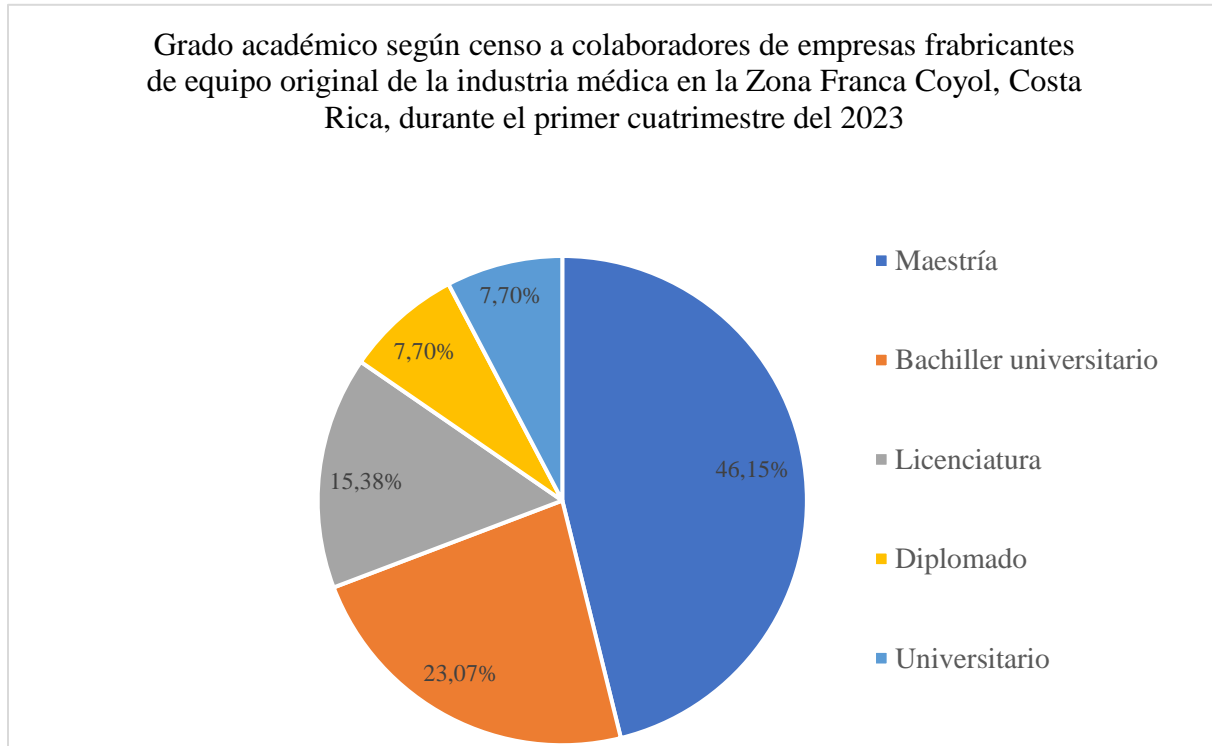
En relación con el grado académico, en la Figura 19 se destaca el porcentaje más alto de 46,15% con un nivel de maestría alcanzada por los encuestados, este dato se puede relacionar con el análisis de la Figura 19, que representa el tiempo de experiencia, con un 46,15% en personas con más de nueve años de experiencia en las áreas de logística o cadena de suministros, si se relacionaran se puede decir que además de contar con extensa experiencia, cuentan con un rango alto de formación.

Asimismo, se pueden ver los datos de 23,07% referente a participantes con el nivel de bachiller universitario, contando con la segunda posición más alta de los participantes. En tercer lugar, con un 15,38%, se ubica el grado de licenciatura, dato que se puede suponer que se relacionan con los anteriores, suponiendo que coincida con el valor del 15,38% del intervalo de edad de 29 a 39 años

y con el rango de experiencia de tres a seis años. Como cuarta y quinta posición, se tiene a diplomado y universitario con un 7,70% ambos.

Figura 19

Grado académico



Nota. Elaboración propia, 2023.

Entrevista

Respecto a la entrevista, se efectúa por medio un cuestionario con las preguntas adecuadas para consultar a un experto con conocimiento del *blockchain* en el área de logística y cadena de suministros. Se cuenta con la participación de: Leonardo Calderón, Business Analyst & Operations, colaborador de EDNIA y EOS Costa Rica.

Análisis y recolección de datos de la primera variable: *blockchain*

La primera variable pretende dar a entender cuál es la comprensión correspondiente del *blockchain* como nueva herramienta tecnológica, entendiendo a esta como tal, sus distintos tipos, los elementos que la componen y funcionamiento, haciendo uso de la herramienta documental y aporte de análisis. Se finaliza con la herramienta de análisis FODAC, para dar entendimiento a las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de esta tecnología en general.

Investigación y aportación de análisis dirigido al entendimiento del *blockchain*

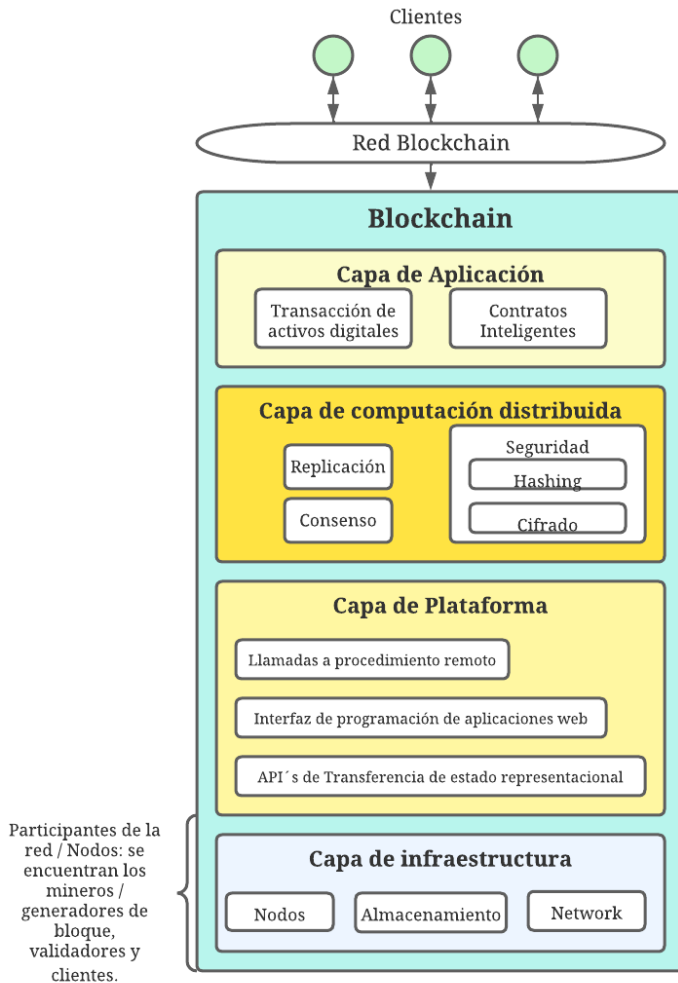
Basándose en el aporte de información existente y análisis propio del entendimiento de la tecnología *blockchain*, se procede a analizar y exponer información que se considera necesario introducir, para entender los demás datos recolectados, provenientes de los cuestionarios de la entrevista y encuesta, como procedencia documental.

Funcionamiento del *blockchain*

Se procede a analizar el tema base del estudio actual, por ello se realiza una serie de diagramas de flujo, acompañados de diagramaciones que respaldan el entendimiento del funcionamiento del *blockchain*. Antes de entender cómo se da el flujo de las transacciones, se debe entender un poco la descripción general de la cadena de bloques, donde se divide la estructura del *blockchain* en las siguientes capas: aplicación, computación distribuida, infraestructura y plataforma, como se demuestra en la Figura 20.

Figura 20

Descripción del blockchain

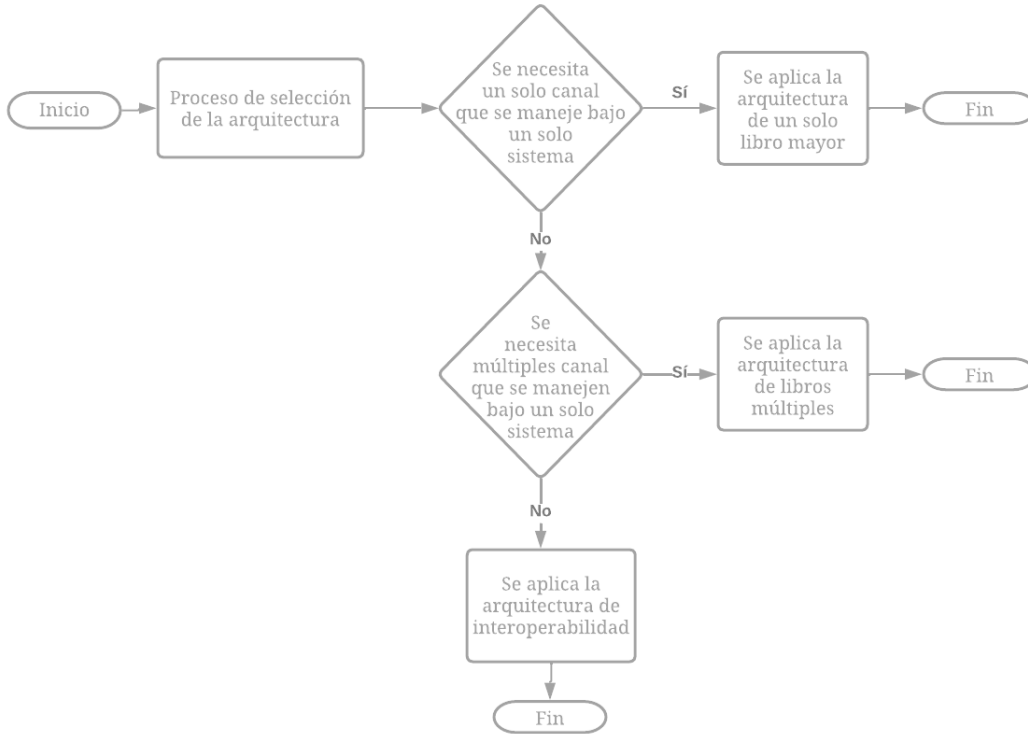


Nota. Entendimiento de las capas que forman al *Blockchain*. Adaptada de *A Review of Blockchain Architecture and Consensus Protocols: Use Cases, Challenges, and Solutions* (p. 4), por Ismail y Materwala, 2019.

La Figura 21 es un diagrama de flujo realizado para dar entendimiento a los distintos tipos de arquitectura del *blockchain* y seguir un proceso de escogencia respecto a sus características.

Figura 21

Diagrama de flujo para la escogencia de la arquitectura de blockchain según necesidad

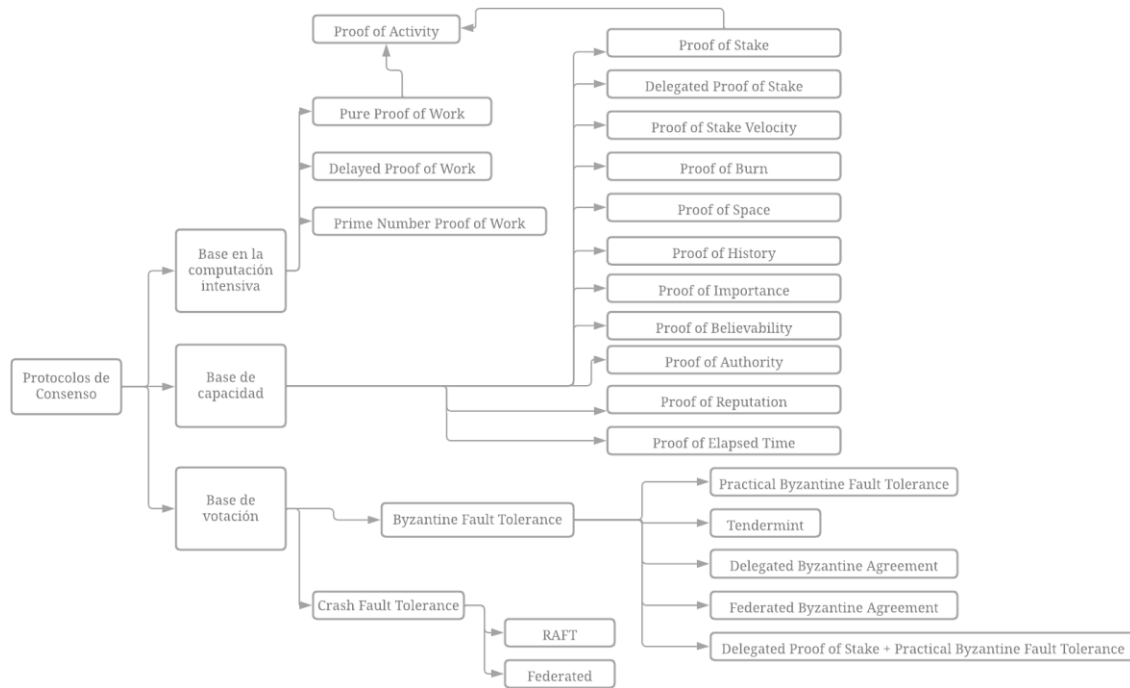


Nota. Elaboración propia, 2023.

Seguidamente se realiza una diagramación -ver Figura 22- de los distintos protocolos actuales que existen dentro del *blockchain*, encontrando tres divisiones importantes: basado en la computación intensiva, base de capacidad y base de votación.

Figura 22

Clasificación de los protocolos y sus subdivisiones

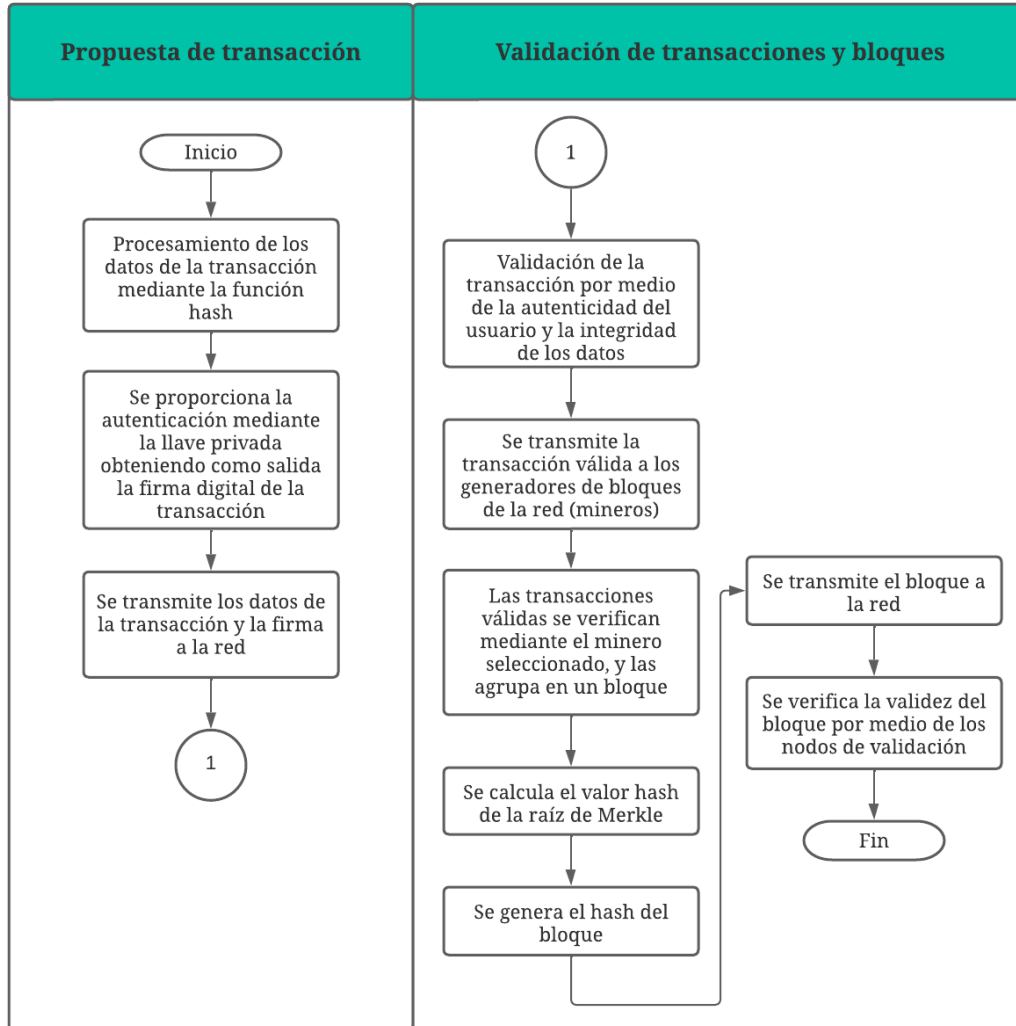


Nota. Demostración de los distintos protocolos de consenso y subdivisiones. Adaptada de *A Review of Blockchain Architecture and Consensus Protocols: Use Cases, Challenges, and Solutions* (p. 8), por Ismail y Materwala, 2019.

Teniendo identificados los factores anteriores por medio de las diagramaciones y el diagrama de flujo, se procede a entender cómo se realiza un flujo normal de una transacción en *blockchain*, por medio de la Figura 23, se visualiza la conexión de los dos procesos que permiten gestionar el proceso del flujo general de las transacciones.

Figura 23

Diagrama de procesos del flujo general de las transacciones en blockchain

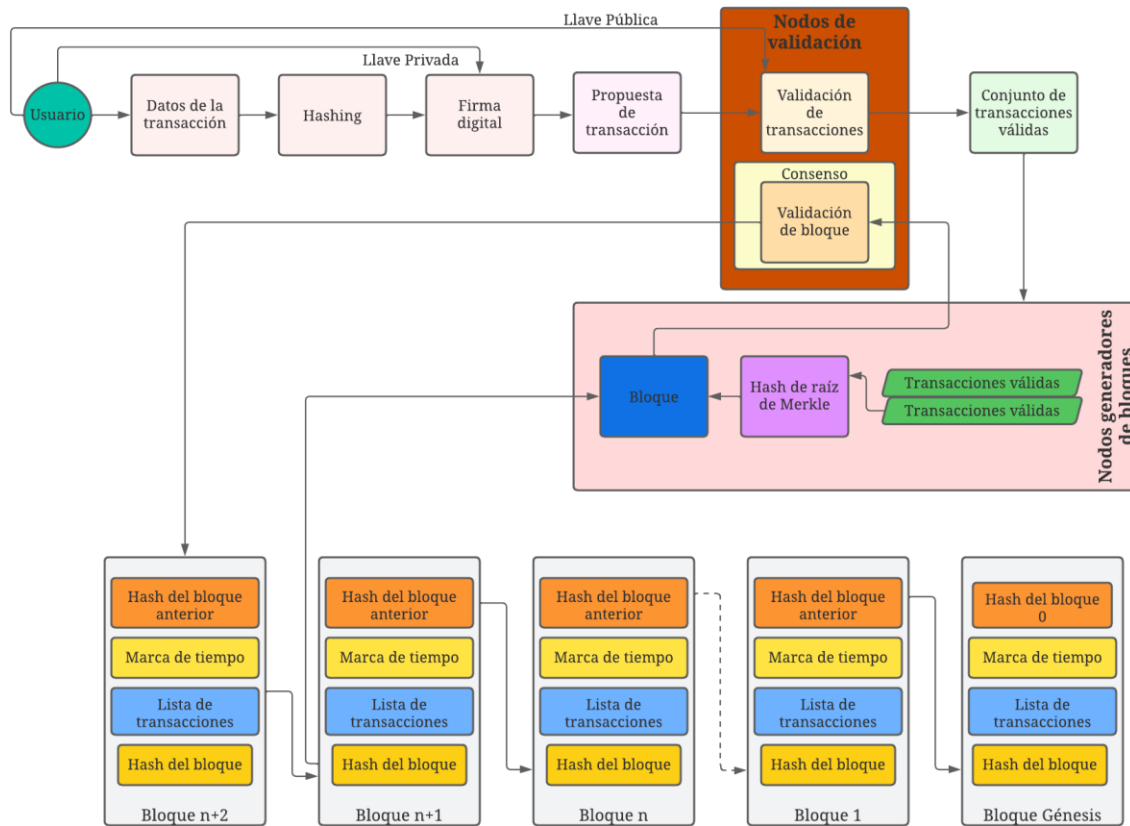


Nota. Elaboración propia, 2023.

Acompañando al diagrama de flujo, se encuentra la Figura 24, siendo un diagrama que representa la conexión de los elementos o los pasos dentro del *blockchain* para que se ejecute una transacción.

Figura 24

Diagramación del flujo general de una transacción en blockchain



Nota. Descripción del flujo general de una transacción en *blockchain*. Adaptada de *A Review of Blockchain Architecture and Consensus Protocols: Use Cases, Challenges, and Solutions* (p. 6), por Ismail y Materwala, 2019.

Funcionamiento del flujo de las transacciones de acuerdo con la arquitectura

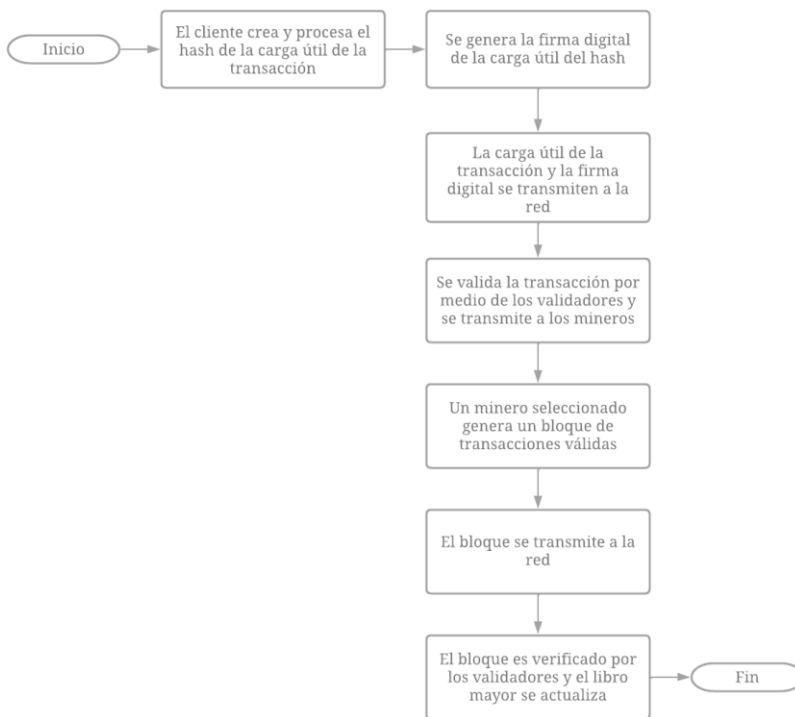
Se mencionan los distintos tipos de arquitecturas que puede tener el *blockchain* y que de acuerdo con la necesidad se debe escoger esta. Todas trabajan bajo la misma idea general del flujo de las transacciones, solo que dependiendo del tipo se agregan ciertos elementos durante la transacción.

Libro mayor único para una red pública

Para dar visualización al flujo de la transacción de cómo esta ocurre dentro de un libro mayor único en un tipo de red pública, se genera un diagrama de flujo, para determinar los procesos que se llevan a cabo, como se identifica en la Figura 25.

Figura 25

Diagrama de flujo de los pasos para la transacción en un único libro mayor para la red pública



Nota. Elaboración propia, 2023.

Libro mayor único para una red privada

En la Figura 26, por medio de un diagrama de flujo se identifica el proceso de *handshaking* de manera adicional al proceso normal de la red pública, además, la red privada tiene una autoridad que determina dar permisos de participación en la red.

Figura 26

Diagrama de flujo de los pasos para el handshaking en la red privada

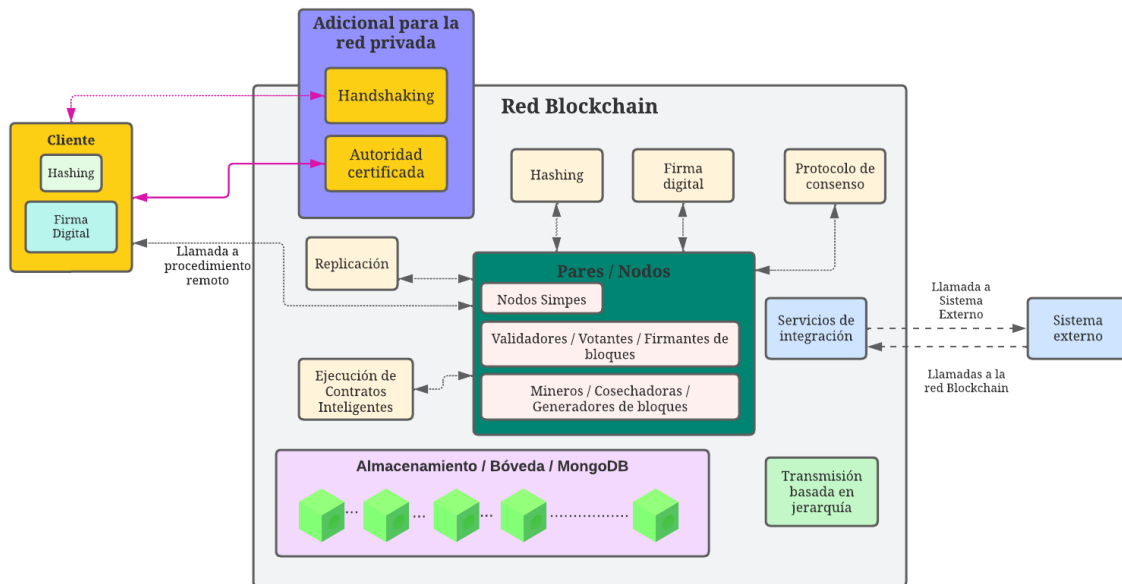


Nota. Elaboración propia, 2023.

Asimismo, la Figura 27 acompaña a los dos diagramas anteriores, ya que esta es una diagramación de los procesos explicados.

Figura 27

Diagramación del flujo de la transacción en una red blockchain pública y privada de un único libro mayor



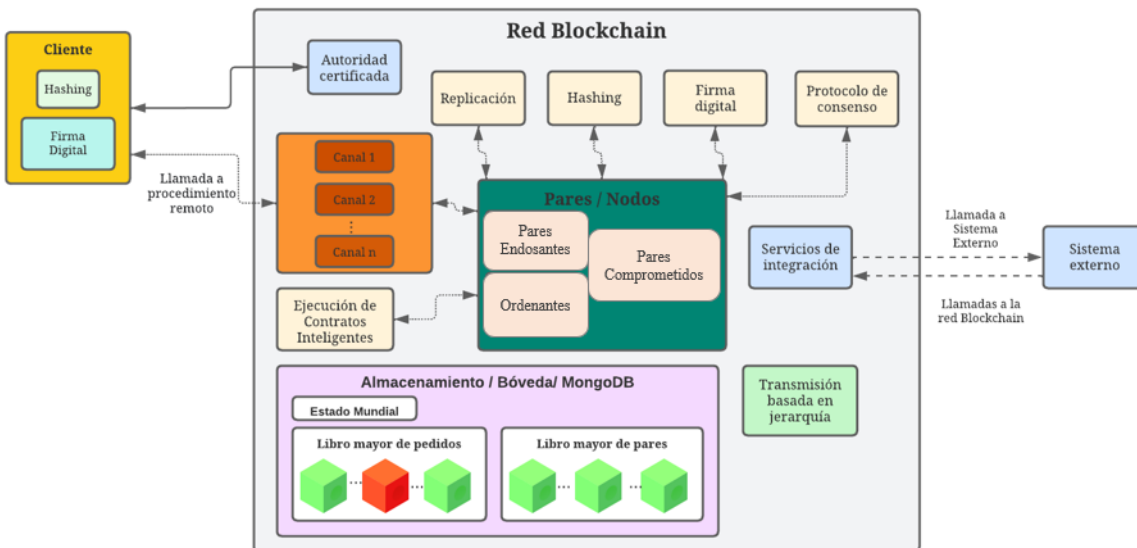
Nota. Descripción de las partes que forman el flujo de una transacción dentro de una red privada y pública de un único libro mayor. Adaptada de *A Review of Blockchain Architecture and Consensus Protocols: Use Cases, Challenges, and Solutions* (p. 10), por Ismail y Materwala, 2019.

Libros múltiples para una red privada

Para finalizar se genera una representación de cómo se genera una transacción en libros múltiples para una red privada.

Figura 28

Diagramación del flujo de la transacción en una red blockchain privada de libros múltiples



Nota. Descripción de las partes que forman el flujo de una transacción dentro de una red privada de libros múltiples. Adaptada de *A Review of Blockchain Architecture and Consensus Protocols: Use Cases, Challenges, and Solutions* (p. 13), por Ismail y Materwala, 2019.

Análisis FODAC del blockchain

Dándole continuación al punto anterior, donde se indaga y se analiza de manera concreta la temática en torno al *blockchain*, esencial de entender para su comprensión, de igual manera se debe realizar un análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades, amenaza, tanto de factores internos y externos con lo que cuenta esta tecnología, para definir lo positivo y negativo que posee. Para ello, se procede a realizar un Análisis FODAC.

Figura 29

Análisis FODAC centrado en el blockchain

Análisis FODAC	
Fortalezas	Ofrece distintos tipos de red que se adaptan a los objetivos y fines de uso de los usuarios.
	Desintermediación.
	Auditable.
	Inmutable, permite tener seguridad y transparencia
	Contratos inteligentes.
	Permite la disminución de costos.
	Trazabilidad e Inmediatez.
Oportunidades	Inversión externa
	Soporte legal
	Aumento de los consorcios de Blockchain
	Complejidad y costos
	Estándares de la operatividad de la red
Debilidades	Actualmente se encuentra en etapa de crecimiento
	No cuenta con estándares de desarrollo
	Alta demanda energética / Mejora del rendimiento
	Integración difícil entre los protocolos
	Legislación de privacidad de datos
Amenazas	Ciberataques y fraude
	Regulación por parte de gobiernos y entidades
Circunstancias	Crisis económica

Nota. Elaboración propia, 2023.

Conocimiento sobre el *blockchain*

Comprender el *blockchain* requiere el entendimiento de dónde proviene. Forma parte de la nueva revolución de la red denominada Web 3.0, además, es uno de los tipos de Tecnología de Registro Distribuido o DLT (por sus siglas en inglés de *Distributed Ledger Technology*), siendo la más usadas de estas, pero no la única.

Conocimiento sobre los tipos de *blockchain*

Debido al crecimiento al cual se enfrenta esta tecnología, evoluciona los tipos y accesos distintos que se pueden manejar dentro de la misma red, ya que capta el interés de empresas privadas y

gobiernos, por ello, se desplaza una segmentación de tipos dentro de esta, dependiendo del uso y el tipo de transacciones o información por manejar, además, de las facilidades y características que se ajusten mejor al fin de uso.

Existe una clasificación general de estas, y se basa en la necesidad de permiso o no. La red *blockchain* con necesidad de permiso es un entorno cerrado donde solo pueden participar nodos o determinados nodos, algunos de los cuales tienen más autoridad. Entre las características de este nivel, se encuentra ser un ambiente de confianza, la descentralización puede variar y relativamente las transacciones se realizan de manera más rápida. En el caso de las sin necesidad de permiso, cualquier nodo de la red puede participar sin restricción, existiendo más poder para los nodos y libertad de participación en votación o consenso. Asimismo, las redes *blockchain* privadas sin permisos son las que se conocen como federadas o de consorcio.

Elementos que componen el *blockchain*

Existe una serie de elementos por entender a nivel de tecnicismo, ya que son las bases que permiten los funcionamientos de este tipo de tecnología, los cuales se almacenan dentro de la cadena de bloques. Este tipo de elementos cambian de acuerdo con el tipo de *blockchain* que se quiera usar. Entonces, para ellos se ponen los elementos de acuerdo con cómo se comportan dentro de un tipo de *blockchain*.

Análisis y recolección de datos de la segunda variable: *blockchain* en la cadena de suministros y logística

La segunda variable presente en el análisis es la identificación de la funcionalidad del *blockchain* en la cadena de suministro y logística, de acuerdo con el experto entrevistado. De igual manera, entender los porqués de la herramienta *blockchain*, que permiten beneficiar a la cadena de suministros y logística.

Entrevista a especialista en *Blockchain* dirigida a la aplicación en cadena de suministro y logística:

Se procede a hacer uso del recurso entrevista, aplicada a un especialista en el tema de desarrollo de soluciones *blockchain* empresarial, específicamente para que brinde su aporte con información de los beneficios que genera esta tecnología dentro de la cadena de suministros y logística.

Tabla 3

Entrevista a especialista en blockchain, dirigida a la aplicación en la cadena de suministro y logística. Ítem 1

Ítem	Reactivo	Sujeto 1
1	Beneficios del <i>blockchain</i> en la cadena de suministros	Mayor transparencia. Seguridad mejorada. Eficiencia mejorada. Menor dependencia de terceros. Mayor trazabilidad. Aumento de la confianza.

Nota. Elaboración propia, 2023.

Asimismo, el experto entrevistado asocia que los beneficios que se percibe por el *blockchain* en la cadena de suministros son los mismos que pueden beneficiar a la logística.

Tabla 4

Entrevista a especialista en blockchain dirigido a la aplicación en la cadena de suministro y logística. Ítem 2

Ítem	Reactivo	Sujeto 1
2	Beneficios del <i>blockchain</i> en la logística	Son básicamente los mismos que se le dan a la cadena de suministros, lo que cambia puede ser el escenario o caso de negocios por aplicar. En esto se puede adaptar mucho la lógica detrás del <i>software</i> .

Nota. Elaboración propia, 2023.

Herramienta 5 porqués

Se hace uso de este instrumento sistemático de preguntas para así poder analizar los usos y lo que causa el *blockchain* en la cadena de suministros y logística, entendiéndolo por medio de diferentes niveles de detalle y obteniendo como resultado el beneficio por el cual implementar el *blockchain*.

Figura 30

Herramienta 5 porqués para determinar los beneficios del blockchain en la cadena de suministros y logística

Caso de estudio	W1	W2	W3	W4	W5	Resultado del Análisis
¿Por qué implementar la tecnología Blockchain dentro de la cadena de suministros y logística	Porque se genera seguridad en la procedencia de los productos	¿Por qué lo hace? Porque genera mayor precisión para la gestión de los certificados de los productos	¿Por qué genera precisión en el certificado de los productos? Porque puede reducir los riesgos de fraude	¿Por qué reduce los riesgos de fraude? Porque no permite la adulteración de la información	¿Por qué no permite la adulteración de la información? Porque la cadena es inmutable	Incluir <i>blockchain</i> para la identificación de origen del producto
	Porque mejora las operaciones comerciales	¿Por qué lo hace? Porque ofrece un intercambio seguro de información	¿Por qué permite un intercambio seguro de la información? Porque promueve un comercio seguro y digitalizado	¿Por qué lo logra? Porque la trazabilidad mediante esta tecnología favorecería una mejor planificación dentro de los procesos.	¿Por qué hay trazabilidad? Porque cualquier tipo de flujo sucedido queda adjunto a la cadena en tiempo real	Incluir <i>blockchain</i> para la optimización del comercio
	Porque permite la automatización de procesos	¿Por qué lo hace? Porque aumenta la eficiencia de las transacciones	¿Por qué genera eficiencia? Porque permite procesos más rápidos y con menores costos administrativos	¿Por qué lo logra? Porque automatiza ciertas condiciones que se auto ejecutan cuando son validadas	¿Por qué automatiza? Porque no se está a la espera de un tercero que genere retrasos en su ejecución	Hacer uso de los contatos inteligentes de <i>blockchain</i>
	Porque permite pagos comerciales	¿Por qué lo hace? Porque facilita y hace más transparente el financiamiento	¿Por qué lo facilita? Porque se pueden ejecutar contratos inteligentes que automatizan el proceso de pago de manera eficiente	¿Por qué lo automatizan? Porque se pactan condiciones inalterables	¿Por qué inalterables? Porque ninguna de las partes puede cambiar lo que acordaron cumplir	Ejercer el uso de <i>blockchain</i> para acordar pagos o relizarlos de manera eficiente y segura

Nota. Elaboración propia, 2023

Análisis y recolección de datos de la tercera variable: usos de las herramientas tecnológicas

La tercera variable presenta el análisis obtenido proveniente de la distinción de cuáles usos se dan a las herramientas de la Industria 4.0, de acuerdo con la población de interés de las trece empresas fabricantes de equipo original de la industria médica. Asimismo, indicar la relación existente entre estas herramientas y la tecnología *blockchain*, perteneciente a dicha revolución industrial.

Encuesta

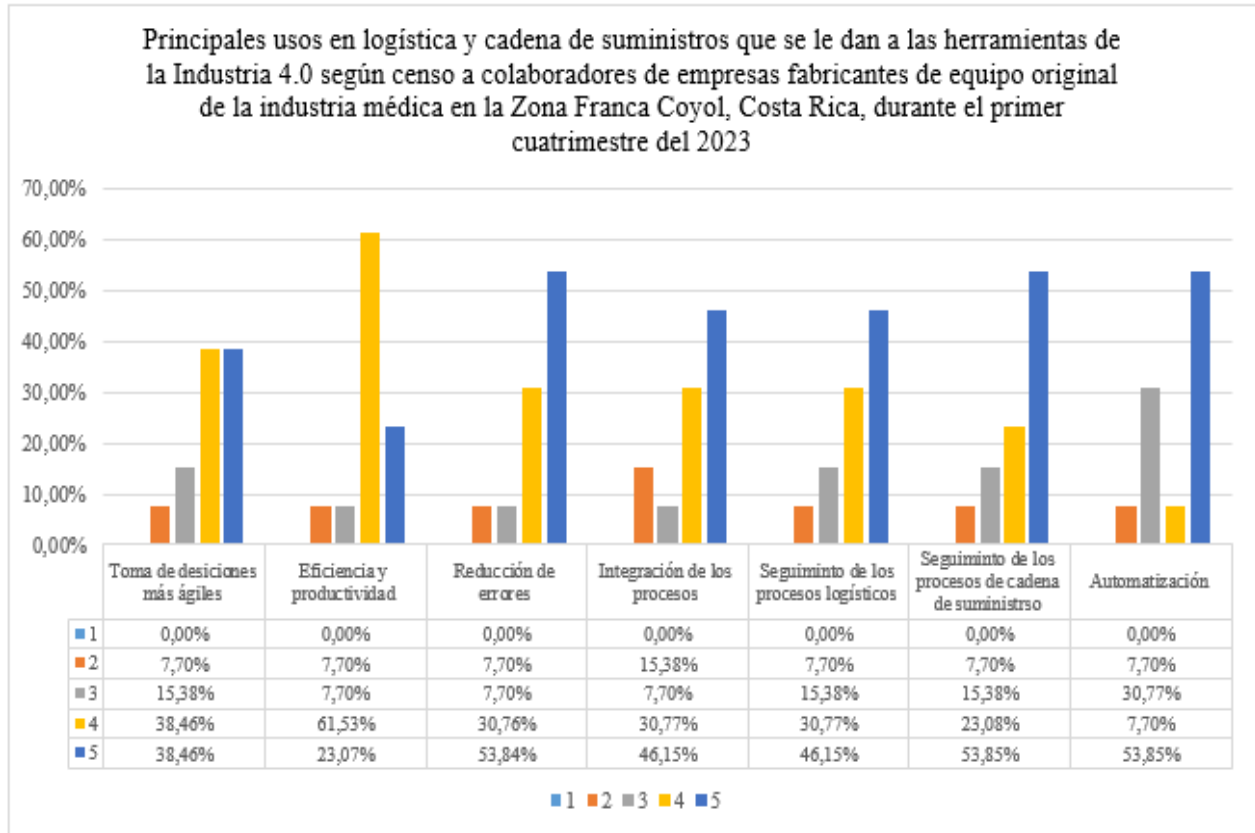
Acorde a la encuesta realizada para recolectar información proveniente de las empresas población, se contacta un colaborador de cada una, que esté involucrado en las actividades de gestión de cadena de suministros y logística. Para esta sección de análisis de datos, se genera una serie de consultas relacionadas con la utilización de herramientas pertenecientes a la Industria 4.0 y la presencia e importancia de estas en la cadena de suministros y logística.

Principales usos en la logística y cadena de suministros

A continuación, en la Figura 31 se presenta los resultados de la valorización realizada por cada uno de los trabajadores de las trece compañías, respecto a cuáles considera que son los principales usos de las herramientas de la Industria 4.0 en la logística y cadena de suministros.

Figura 31

Principales usos en logística y cadena de suministros que se da a las herramientas de la Industria 4.0



Nota. Elaboración propia, 2023.

Considerando los resultados del primer uso “Toma de decisiones más ágiles” que se presentan en la Figura 31, se puede apreciar que la mayoría de los profesionales indica un nivel 4 con 38,46% y un 38,46% para el nivel 5, siendo entre estas dos categorías cinco profesionales los que le dan alta importancia al uso de las herramientas para la toma de decisiones. Mientras que dos profesionales, representando un 15,38%, indican esta función como neutral, con la calificación de 3, y para finalizar, con un 7,70% -siendo la representación de un solo profesional- se genera una calificación de 2.

De acuerdo con los resultados del uso en “Eficiencia y productividad”, se ve como calificación más alta con un 61,53% la calificación 4 como nivel alto de uso, asimismo, la calificación 5 con un 23,07%, dejando a 11 profesionales que indican la importancia de este uso, dejando a dos con un 7,07% cada uno, donde se indica un valor neutral, y el otro un valor de 2.

Asimismo, en “Reducción de errores”, en los resultados que se muestran en la Figura 31 se observa el valor más alto con un 53,84% con el valor de 5, teniendo un 30,76% con la posición de 4, contemplando 11 profesionales que indican darle importancia a este uso, teniendo el valor 7,07% en las calificaciones de 3 y 2, indicando un valor neto, y una valoración de 2.

Según los datos de la Figura 31 se puede ver los resultados obtenidos en “Integración de procesos”, obteniendo el dato más alto de 46,15% con la valoración de 5, seguido de un 30,77% con valoración de 4, agrupando a diez profesionales que asignan una importancia de este uso, 3n donde se tiene un 7,07% en posición neutral, y un 15,38% con la valoración de 2.

Al continuar con los datos de la Figura 31 se puede ver los resultados de “Seguimiento de los procesos logísticos”, se tiene un 46,15% para la valoración de 5, y 30,77% para el valor de 4, para tener un resultado de diez encuestados de acuerdo con darle un nivel de importancia alto a este uso. De igual manera, se cuenta con un 15,38% donde consideran este uso neutral y un 7,07% que le da una valorización de 2.

De la mano con el uso pasado se tiene a “Seguimiento de los procesos de cadena de suministros”, se encuentra el valor más alto con un 53,85%, donde se califica a este uso con un 5, posterior a este con un valor de 4, se tiene al dato 23,08% teniendo a diez encuestados que le dan importancia a este, cuenta con un 15,38% que lo consideran un uso neutral y un 7,07% que valoran este uso con un 2.

Par finalizar, se tiene el uso “Automatización”, donde un 53,85% de los profesoraes encuestados brindan una calificación de 5, seguido de un 7,07% del valor 4, considerando que una parte importante de los entrevistados con 30,77% consideran este uso natral con el valor de 3, y un 7,70% que lo valoran con 2. Se encuentra una valoración importante, donde se considera este uso como intermedio, como segundo porcentaje más alto, aunque la mayoría le asigne importancia a este uso.

Adicionalmente los encuestados aportan otros usos principales de las herramientas de la Industria 4.0 en la logística y cadena de suministros: “Adaptabilidad”, “ERP System o MRP II”, “Integración Hombre-Sistema e Integración Financiera”, “Planning & Forecast” y “Reportes”, que van integrados dentro de los elementos de gestión de la cadena de suministros y logística, ya que se necesitan para el manejo y la toma de decisiones dentro de estas áreas.

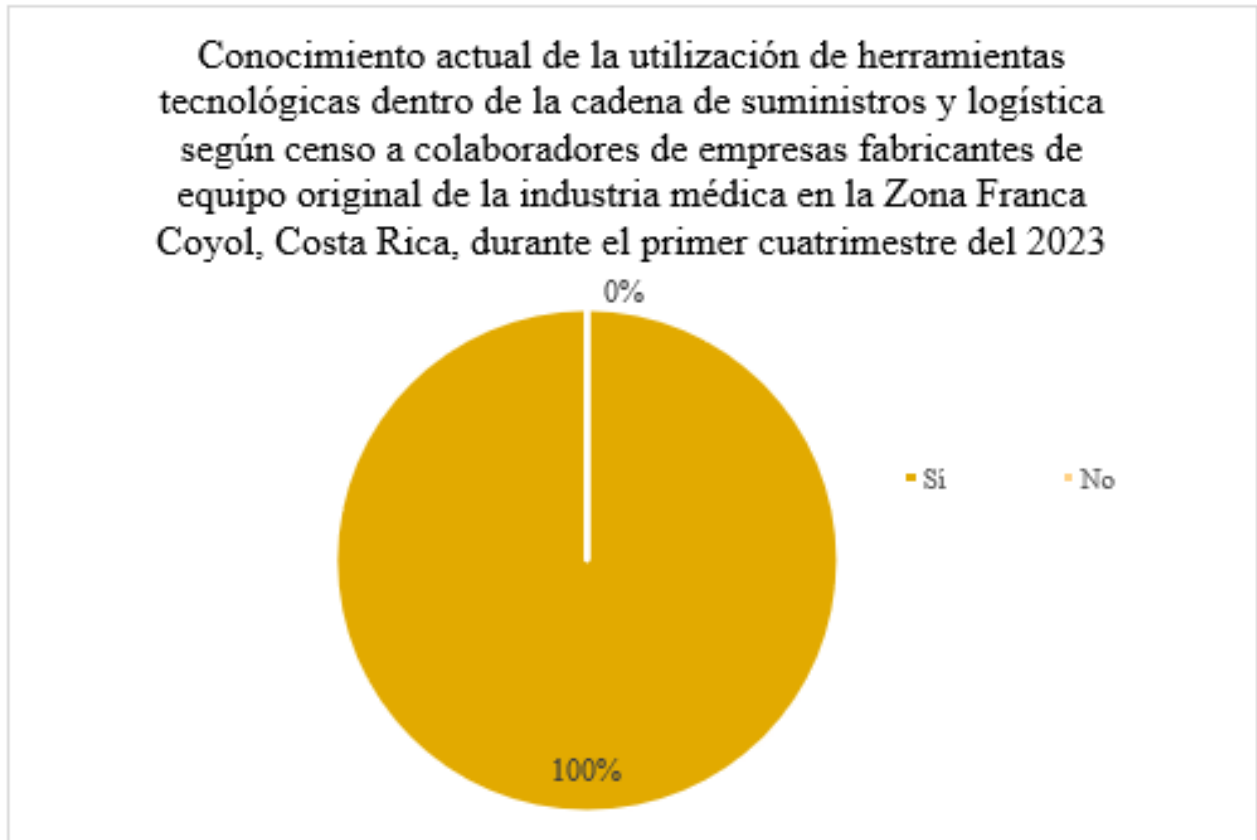
Conocimiento actual de la utilización de herramientas tecnológicas

En relación con el análisis de la calificación de los principales usos que se les dan a las herramientas de la Industria 4.0, en la Figura 32 se presenta el porcentaje de empresas que hacen uso de herramientas tecnológicas que faciliten la gestión de la cadena de suministros o la logística, permitiendo conocer el estado de avance respecto a la digitalización con que cuentan las empresas fabricantes de equipo original de la industria médica, ubicadas en Zona Franca Coyoacán.

De acuerdo con los datos graficados en la Figura 32, se puede observar que un 100% incorporan algún tipo de herramienta tecnológica que les permite gestionar parte de su cadena de suministros y logística.

Figura 32

Conocimiento actual de la utilización de herramientas tecnológicas dentro de la cadena de suministros y logística

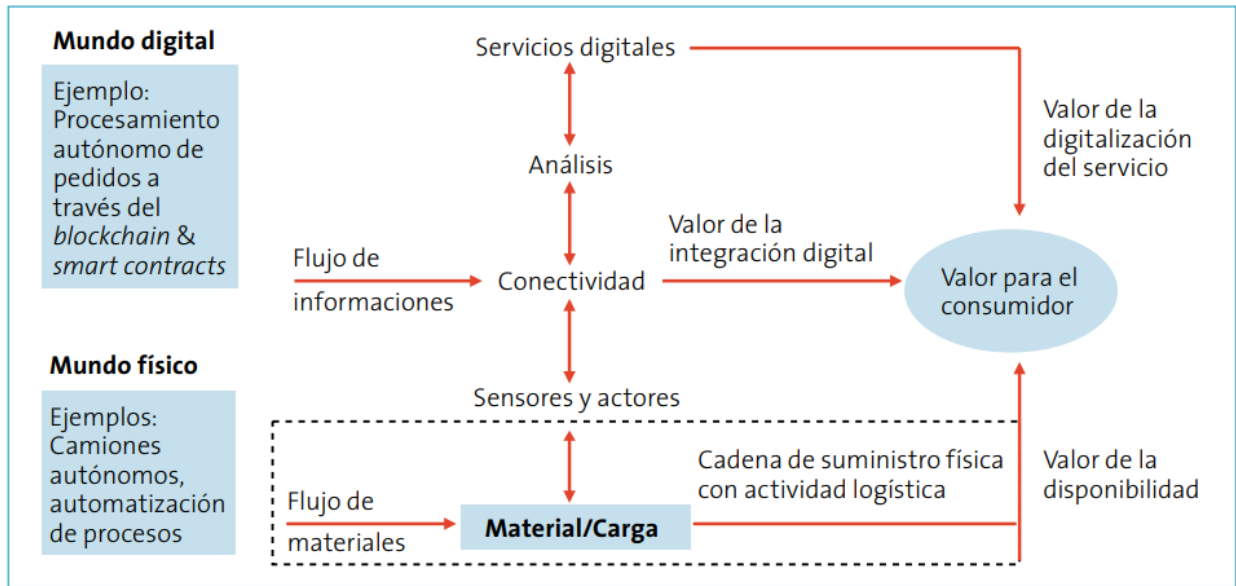


Nota. Elaboración propia, 2023.

El identificar que las empresas fabricantes de equipo original de la industria médica de la Zona Franca Coyol utilizan herramientas tecnológicas para gestionar algunos de sus procesos de cadena de suministros y logística, permite conocer que las empresas están entendiendo el nuevo modelo para el manejo de estas áreas, situación que se ejemplifica en la Figura 33, donde se ven los flujos físicos respaldados por flujos de información digitalizada, lo que permite generar valor agregado por medio de la información y facilidades que las empresas adquieren para atender de manera más eficiente a los clientes, y estos perciben un valor agregado por parte de las empresas.

Figura 33

Modelo de negocio digitalizado



Nota. Explicación de la generación de valor agregado dentro de la logística de la mano con la tecnología. Tomado de *La revolución industrial 4.0 y el advenimiento de una logística 4.0* (p. 4), por Barleta, Pérez y Sánchez, 2019 (https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45454/1/S2000009_es.pdf).

Identificación de las herramientas tecnológicas utilizadas

En relación con la sección de conocimiento actual de la utilización de herramientas tecnológicas, se procede a investigar, mediante la categorización según nivel de importancia de uso de cada una de estas tecnologías provenientes de la cuarta revolución industrial en la cadena de suministros y logística dentro de las empresas puestas bajo estudio. Lo anterior, para identificar la relevancia de aportación que es percibida por los trabajadores de estas áreas, respecto al uso de estas tecnologías.

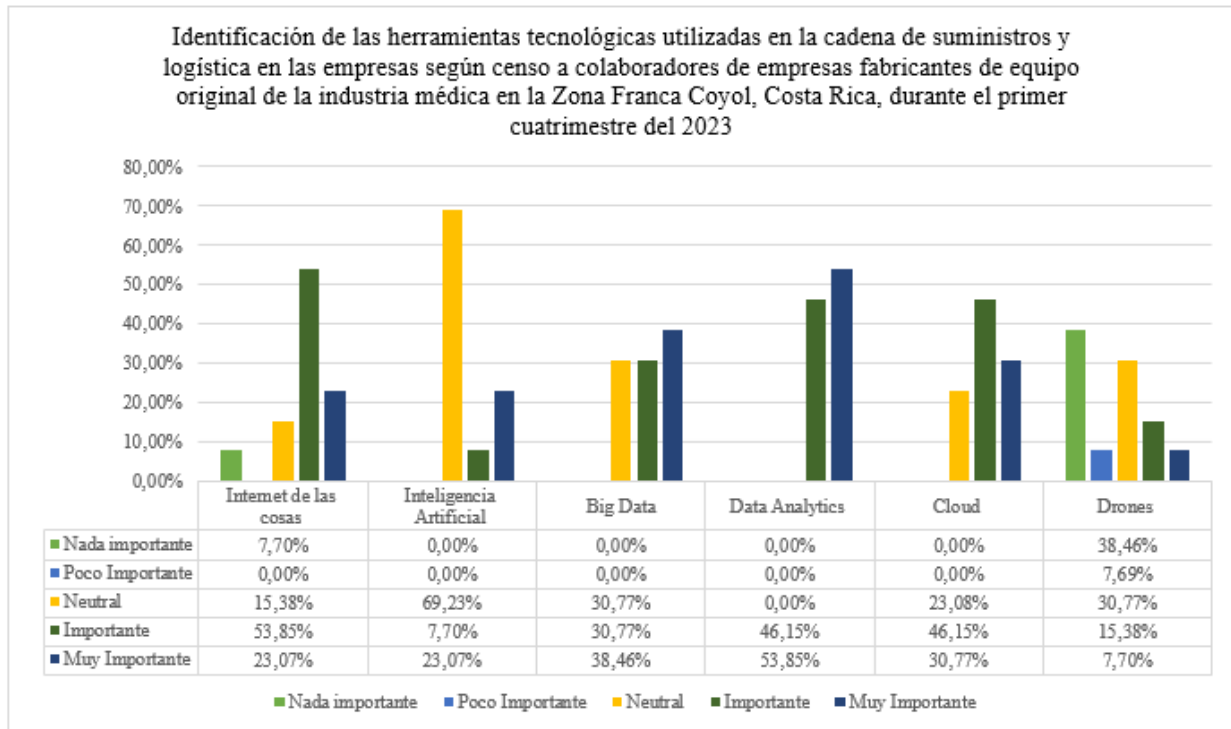
En la Figura 34 se puede observar la traficación de las respuestas captadas. Como primer dato, destaca la gran importancia que todos los profesionales le asignan al *Data Analytics*, un 53,85% indica ser muy importante y el otro 46,15% lo considera importante, siendo la herramienta tecnológica marcada con mayor peso para la población de interés.

De acuerdo con los datos de la Figura 34, la segunda herramienta tecnológica mejor calificada es el *Cloud*, donde recibe mayor calificación de muy importante e importante, acumulando un 76,92% entre la unión de estos niveles de importancia (30,77% pertenecientes a muy importante y un 46,15% a importante), teniendo así un 23,08% con el grado de neutral.

Se puede indicar una concordancia entre el porcentaje de 46,15% en el grado de importante que se obtiene en *Data Analytics* y *Cloud*, suponiendo que los mismos entrevistados las consideran importantes.

Figura 34

Identificación de las herramientas tecnológicas utilizadas en la cadena de suministros y logística en las empresas



Nota. Elaboración propia, 2023.

Continuando con el análisis, se tiene al *Big Data* con un acumulado de importancia alta del 69,23% (38,46% perteneciente a muy importante y 30,77% a importante), donde un 30,77% se encuentra

en una posición de importancia neutral. En la Figura 34 se puede ver que el nivel de importancia más alto que se le da a la Inteligencia Artificial es de un 69,23%, en la posición de neutral, comprendiéndose que tal vez su aportación es secundaria o de refuerzo hacia las áreas de estas empresas. Se tiene un 23,07% en la posición de muy importante y un 7,07% en importante, lo que indica que así como en algunas empresas su uso puede ser secundario, en otras, se considera una tecnología necesaria por el grado de aporte que reciben en la parte de gestión de la cadena de suministros y logística.

Seguidamente, presenciando los datos de la Figura 34 se puede determinar que el Internet de las Cosas tiene un posicionamiento importante; se obtiene el dato acumulado del nivel de importancia de un 76,92% (23,07% perteneciente a muy importante y 52,85% a importante), asimismo, se obtiene un 15,38% en la posición neutral y un 7,07% en nada importante, encontrando una categorización más dispersa en el nivel de importancia. Estos datos indican que más de la mitad de las empresas verdaderamente hacen uso o reciben aportación importante de esta tecnología, mientras que otros consideran una aportación neutral y un caso en específico indica no importancia.

Para dar fin al análisis de la importancia de uso de los instrumentos tecnológicos, se tienen los drones, donde particularmente se puede ver más dispersión de respuestas según nivel de importancia, destacando que el dato más alto, de 38,46%, pertenece a nada importante, dando a entender que la aplicación de esta tecnología prácticamente no es muy utilizada, acompañado de este dato se adjunta el 7,69% perteneciente a poco importante.

Teniendo un 30,77% bajo la consideración neutral, lo que quiere decir que existe la posibilidad de que actualmente tengan a su disposición, pero estos elementos no generan tanto impacto en el manejo de la logística y cadena de suministro como otros. Considerando un 15,38% que lo califica de importante y un 7,70% que lo determina como muy importante; debido a estas respuestas, se puede analizar que los profesionales que son parte de estos porcentajes entienden que, para su cadena de suministros y logística, los drones representan una herramienta tecnológica importante.

Cuadro de relación entre el *blockchain* y las herramientas de la Industria 4.0

Se hace uso de la herramienta del cuadro, para establecer la relación de puntos importantes que existen entre la unión del *blockchain* y ciertas herramientas relevantes que trae consigo la cuarta revolución industrial y la tecnología que trae con ella, que genera cambios importantes en el manejo de la industria. Se entiende así que el *blockchain* es otra más de las tecnologías que surgen de la innovación de esta era, y tiene conexiones con las demás tecnologías pertenecientes del movimiento de la digitalización.

Figura 35

Cuadro de relación entre el blockchain y las herramientas de la Industria 4.0

Blockchain y su relación con las herramientas de la Industria 4.0	Relación
Big Data	Blockchain funciona como el catalizador para la calidad de datos dentro del Big Data, permitiendo mayor seguridad de la fuente de datos y el usuario final.
Internet de las Cosas (IoT)	La relación de la IoT con blockchain, su combinación surge de la capacidad con que cuenta el Blockchain para recolectar la información de los dispositivos IoT, asimismo, contar con la capacidad de coordinar un número grande de dispositivos interconectados, alcanzando mayor transparencia gestión.
Data Analytics	Proceso y almacenamientos de datos, es lo que Blockchain le brinda al Data Analytics.
Inteligencia Artificial (IA)	Al unir la Inteligencia Artificial con el Blockchain se logra un procesamiento inteligente, bases de datos diversificadas, protegidas y con confianza en la toma de decisiones del IA.
Cloud Computing	Cloud y blockchain se fusionan mediante el “blockchain as a service”, en donde proveedores de servicios de cloud (por ejemplo, AWS, Azure y IBM) integran la cadena de bloques dentro de la nube.
Drones	Los drones mediante sensores de IoT (Inteligencia de las cosas) pueden cargar información directamente a Blockchain, llevando el registro de actividades de este y permitiendo mejorar el funcionamiento de la cadena de suministros, ya que estos son utilizados como medio de transporte de última milla.

Nota. Elaboración propia, 2023.

Análisis y recolección de datos de la cuarta variable: elementos de la cadena de suministro y logística

En la cuarta variable se presenta el análisis de los elementos entendidos como dificultades o retos dentro de la cadena de suministro y logística, que identifican tener las empresas de la población interés, mediante la consulta a los profesionales encuestados. Asimismo, conocer si el *blockchain* está siendo utilizado dentro de la cadena de suministros o logística de estas compañías, como motivo del reconocimiento del impacto beneficioso de esta tecnología para ayudar a los retos que hoy en día enfrentan en sus cadenas logísticas y de suministros globales.

Encuesta

Se procede a hacer uso de la herramienta encuesta para recolectar información procedente de profesionales que laboran en las empresas población, y que trabajan directamente en el área de logística o cadena de suministros, pretendiéndose definir, mediante datos, cuáles son los elementos que considera la industria médica seleccionada que deberían trabajar más, e identificar si el *blockchain* ya está siendo una opción para cubrir estos elementos.

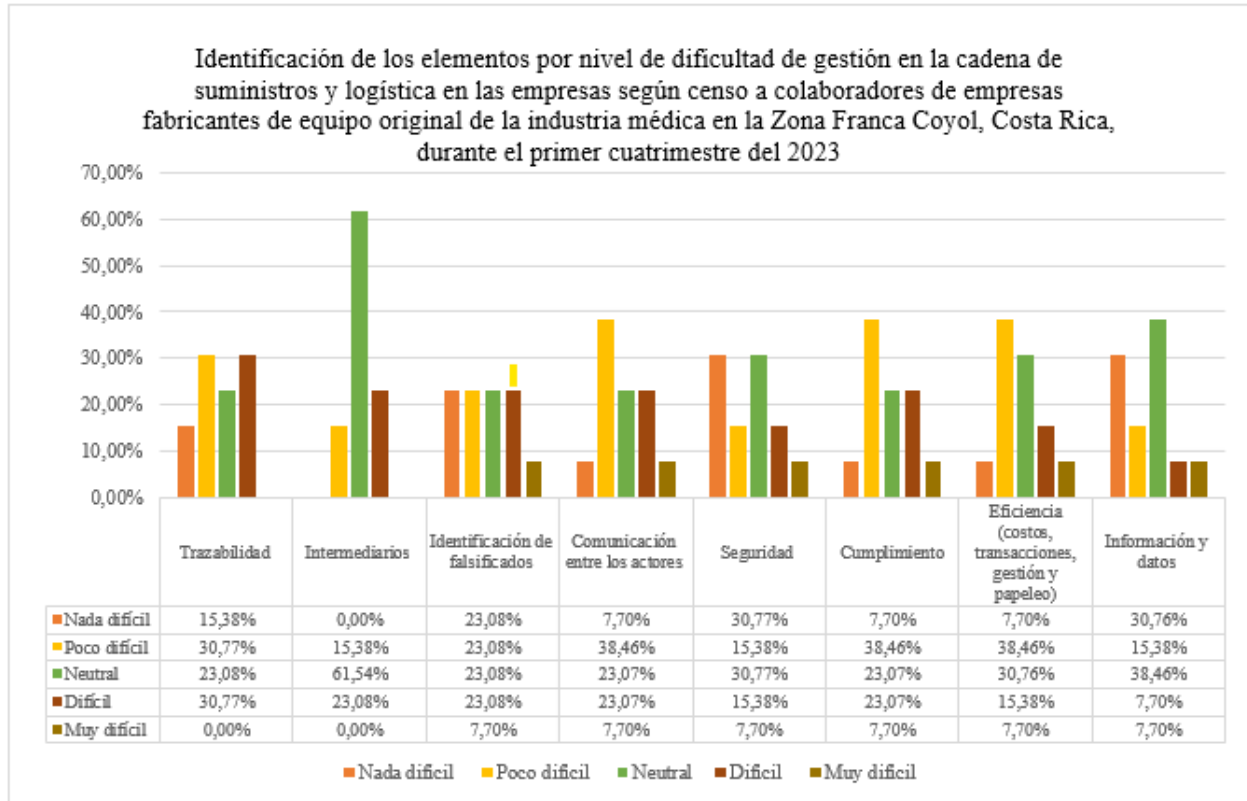
Identificación de los elementos por nivel de dificultad de gestión

En la siguiente gráfica, la Figura 36 es la representación de las respuestas indicadas por los distintos profesionales consultados en la encuesta, donde se les pide categorizar -según nivel de dificultad- cuáles elementos consideran que se le dificulta más a la empresa, de acuerdo con su gestión en la cadena de suministros y logística.

Como se menciona en análisis anteriores, la perspectiva de las respuestas de cada profesional es distinta, debido a que laboran para compañías diferentes, las cuales poseen gestiones distintas, mayor implementación de tecnologías, cadenas de suministro y logística que se comportan de manera diferente, de ahí la importancia de evaluar cada respuesta, ya que las circunstancias de una empresa a otra pueden cambiar.

Figura 36

Identificación de los elementos por nivel de dificultad de gestión en la cadena de suministros y logística en las empresas



Nota. Elaboración propia, 2023.

Como primer elemento en la Figura 36, se tiene la “Trazabilidad”, se identifica que un 15,38% categoriza esta tarea como nada difícil, asimismo, un 30,77% la determina como poco difícil de controlar. Se entiende estos porcentajes mediante el hecho de que estos profesionales captan que la trazabilidad en sus empresas es satisfactoria, aunque puede que no sea una trazabilidad de principio a fin, o estos sí pueden contar con una trazabilidad completa, ya que combinan distintas tecnologías y recursos para lograrla.

Asimismo, se tiene que un 23,08% considera un nivel de dificultad neutral, identificando que no consideran que sea una tarea tan difícil de llevar a cabo, ni que sea algo sencillo, lo que puede poner a pensar que estos profesionales pertenecen a una empresa donde existen las oportunidades

de una trazabilidad buena, pero al mismo tiempo detectan ciertos inconvenientes en el manejo de esta tarea. Un 30,77% considera que alcanzar la tarea de trazabilidad es algo difícil, tal vez por no contar con el seguimiento de los productos durante ciertas partes del proceso, o porque no se cuenta con tanta capacidad tecnológica, asimismo, puede que sea una de las tareas que mayor trabajo requiera para ellos.

El segundo elemento que se pone bajo estudio de dificultad son los “Intermediarios”, obteniendo el dato de 15,38% en la categoría de poco difícil, esto puede indicar que la relación o la gestión de los intermediarios es buena, o un manejo de muy pocos de ellos, donde se tiene lazos de confianza ya conformados. Resalta el dato más relevante, debido a que más de la mitad de los profesionales indican una dificultad neutral con un 61,58%, coincidiendo en que la relación con los intermediarios no es tan complicada, pero existen situaciones y traspasos de responsabilidades, donde estos pueden quedar mal o bien debido a ciertas circunstancias. Asimismo, se observa que un 23,08% de los encuestados la califican como difícil, esto se puede dar debido a la utilización de muchos intermediarios. Finalmente, cabe indicar que ninguno de los encuestados lo determina como un elemento muy difícil.

Prosiguiendo con el elemento de “Identificación de falsificados”, se obtiene un 23,08% en las categorías de nada difícil y poco difícil, este resultado se puede deber a que tal vez las empresas cuentan con sistemas de identificación que generen que este elemento no lo consideren complicado de manejar. Un 23,08% pertenece a neutral y a difícil, entendiendo que a pesar de que las compañías tengan mecanismos para identificarlos, es algo que igualmente creen que es posible que suceda. Un 7,70% lo califica como muy difícil, debido a que puede ser que no cuenten con sistemas tan rigurosos para identificar este tipo de elemento, o que se considera que el tipo de industria es una de las que se ve más afectada por este elemento.

Siguiendo con “Comunicación entre los actores”, se tiene un valor de 7,07% con la clasificación de nada difícil, y un 38,46% de poco difícil, datos que indican que las empresas que hacen parte de estos porcentajes consideran no tener dificultad entre la comunicación de los actores, esto puede indicar que tiene establecidos canales de comunicación que permiten una relación conjunta, o simplemente se encuentran satisfechos con el manejo que tienen actualmente, o no cuentan con tantos actores.

Asimismo, se comparte el mismo valor porcentual de 23,08% entre los calores de neutral y difícil, dando a entender que las empresas consideran que existen algunas dificultades a la hora de poner en contacto a los actores en conjunto, y que no es una tarea tan fácil, la cual requiere cierto nivel de trabajo. Se encuentra que un 7,70% lo considera muy difícil, puede ser que las empresas tengan muchos actores que deben estar interconectados, y mantener esa comunicación entre los actores se vuelve una tarea compleja.

En el quinto elemento, “Seguridad”, un 30,77% se ubica en la calificación de nada difícil y un 15,38% lo valoriza como poco difícil, estos resultados implican que las empresas tienen buenos elementos y sistemas que elevan el servicio de seguridad que se le puede dar a los productos a lo largo de la cadena logística y de suministros.

Por otro lado, se encuentra el dato de 30,77% en el nivel neutral de calificación y un 15,38% en la calificación difícil, se puede analizar que este grupo de empresas consideran que la seguridad es un riesgo que puede ocurrir en las cadenas globales, a pesar de que se cuente con sistemas para garantizarla. Por otro lado, un 7,70% muestra la categorización de muy difícil, este dato puede indicar que la empresa, aun teniendo ayuda en la gestión de la seguridad, sufre o considera muy alto el riesgo de seguridad.

Como sexto elemento se tiene el “Cumplimiento”, un 7,70% lo encuentra nada difícil y un 38,46%, poco difícil. Analizando estos dos datos, se puede entender que estas empresas pueden tener altos cumplimientos por parte de sus proveedores o de algún otro tipo de actor, por lo que consideran que está acción no se dificulta para ellos. En las calificaciones de neutral y difícil, se comparte el mismo valor, un 23,07% en cada una, comprendiendo que estas empresas consideran que, a pesar de los buenos manejos, el riesgo a un incumplimiento es algo muy posible de ocurrir.

Asimismo, se obtiene el dato de 7,70% que señala ser muy difícil, de acuerdo con este dato, una de las empresas considera que el cumplimiento es una de las dificultades mayores, ya que pueden intervenir diversos factores que causen el incumplimiento de los actores, ya sea por faltantes en el pedido debido al mal manejo del inventario, incumplimiento de entrega por factores de tráfico por el método de transporte, atrasos en papeles y documentos, entre otros.

En cuanto a la “Eficiencia”, de acuerdo con los datos captados, se observa un 7,70% que la califica como nada difícil, y un 38,46% que la denota poco difícil. Al analizar estos dos datos, se puede asumir que las empresas reflexionan tener un buen manejo de costos, transacciones, de la gestión y el papeleo, considerando que la manera y las herramientas que utilizan marcan un trabajo satisfactorio y el esperado. Teniendo en cuenta que un 30,76% la califica como neutral y un 15,38% como difícil, esto puede significar que estas empresas estiman que existen altos y bajos en el manejo de la eficiencia, que pueden ser afectados por factores de tiempo, atrasos, malos registros, entre otros, que causen que se eleven los costos, el papeleo no esté a tiempo, y otras acciones que generen la afectación de la eficiencia de la cadena. Se obtiene un 7,70% que considera este elemento como difícil, esto puede significar que se obtiene más eficacia que eficiencia.

Se procede a realizar el análisis del último elemento, la “Información y datos”. Es el elemento donde las empresas más concuerdan tener un buen manejo, para un 30,76% es nada difícil, acompañado de un 15,38% que lo considera poco difícil. Estos dos datos pueden significar que el nivel de la digitalización de la información y la captación de datos es alto. Asimismo, se cuenta con el dato de 38,46% que lo califican como neutral, ya que puede ser que estas empresas manejen buena recolección de datos, pero igualmente consideren que hay pérdida o la no captación de algunos de estos.

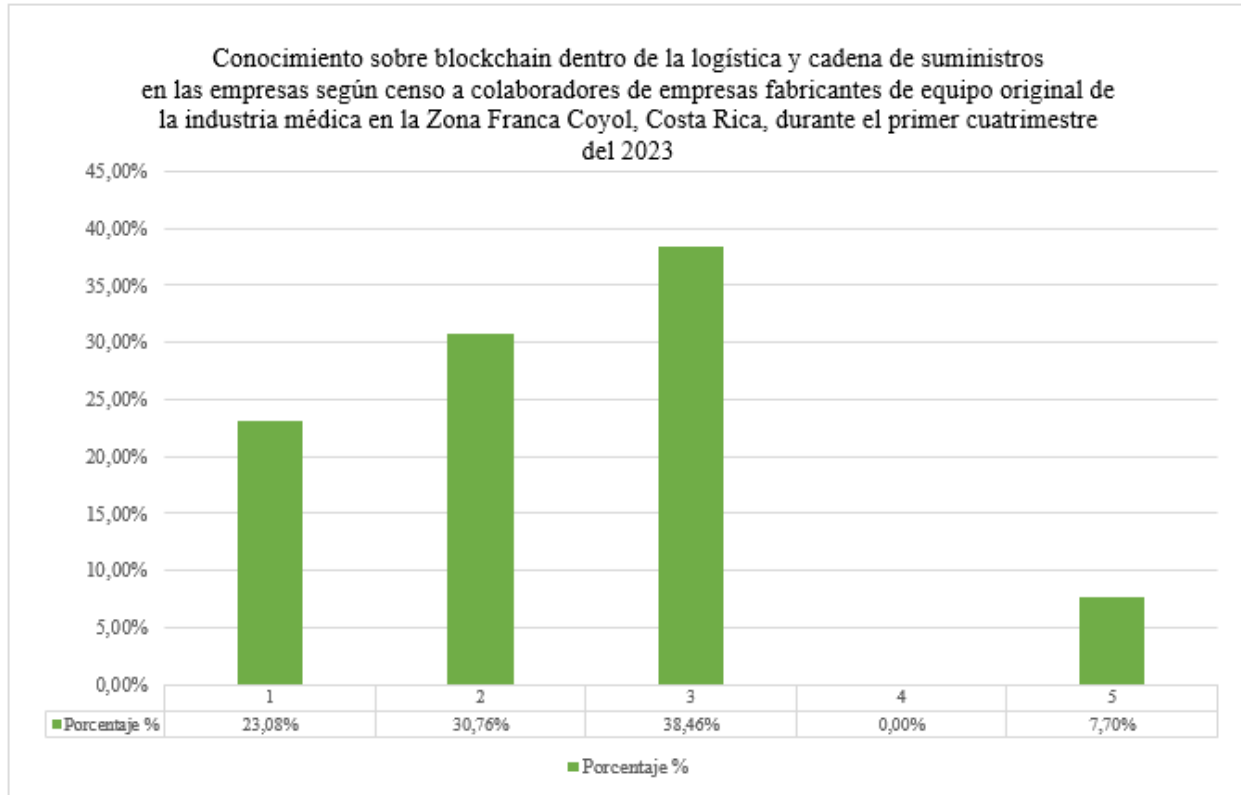
Se finaliza con el dato que comparten las calificaciones de difícil y muy difícil, siendo un 7,70% en cada una, esto puede significar que las empresas consideran que existe un déficit en la captación de todos los datos o de información a lo largo de todos los procesos de la cadena de suministros y logística, asimismo, que tal vez no se logre un análisis de todos.

Conocimiento sobre *blockchain* dentro de la logística y cadena de suministros

Para identificar el nivel de conocimiento con el que cuentan los profesionales de cada empresa respecto a la utilización del *blockchain* dentro de la logística y suministros, se realiza la pregunta específica, generando un primer acercamiento al censo sobre qué tan informados se encuentran los profesionales sobre este tema.

Figura 37

Conocimiento sobre blockchain dentro de la logística y cadena de suministros



Nota. Elaboración propia, 2023.

Detallando la Figura 37, se pueden observar las respuestas dadas por cada encuestado respecto a su nivel de conocimiento respecto al uso del *blockchain* como herramienta en la logística y cadena de suministros. La mayoría se encuentra entre la calificación de 1 y 2, obteniendo un 23,08% que indica conocer muy poco y un 30,76% que dicen que lo conocen poco, para tener un total de siete encuestados pertenecientes a estos dos valores. El primer dato indica que tres participantes identifican no saber del tema, lo que implica que no tengan ni idea de qué es *blockchain*, asimismo, el segundo dato puede representar que los cuatro encuestados pertenecientes hayan escuchado del tema, pero que no tengan ningún tipo de conocimiento.

Ahora bien, el otro dato con el que se cuenta es un 38,46% que indican estar en una posición neutral de conocimiento, esto significa, que saben del tema y de sus beneficios, pero no manejan más allá de esa información.

El dato más relevante es un 7,70% que indica tener un conocimiento muy alto, esto se puede traducir a que maneja cierto nivel de entendimiento del *blockchain* más avanzado, un poco de cómo funciona o cuáles son sus características. Estos dos porcentajes, representan a seis de los encuestados. Se muestra también que nadie cuenta con un nivel 4, que es conocimiento alto.

Filtro. Aplicación del *blockchain* en las empresas

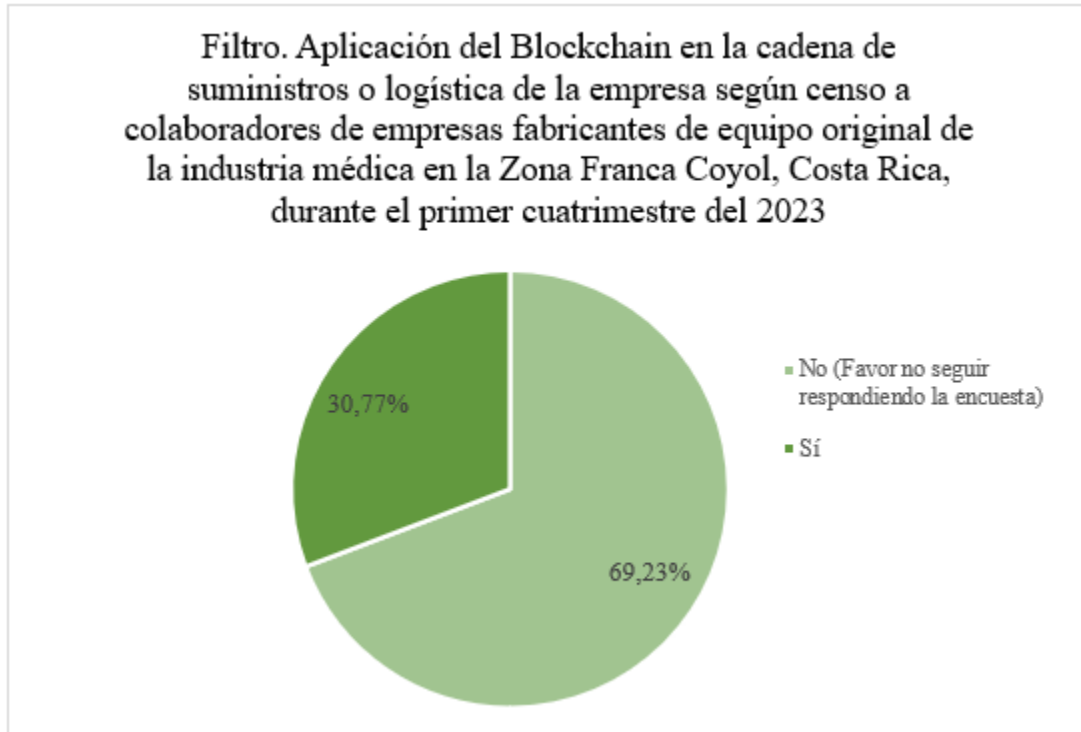
Esta consulta realizada por medio de la encuesta es una de las principales de la investigación, ya que revela el dato situacional de la presencia y adaptación de la tecnología *blockchain* dentro de los fabricantes de equipo original de la industria médica localizada en Zona Franca Coyol.

Al observar la Figura 38, la consulta realizada se hizo a manera de filtro entre las empresas que están aplicando *blockchain* y las que no lo están haciendo. De las trece empresas totales se obtiene que 69,23% -nueve empresas- no hacen uso o no están en proceso de introducir el *blockchain* en estas áreas, asimismo, un 30,77% -cuatro empresas- indican que sí están haciendo uso o introduciendo esta tecnología dentro de su cadena de suministros y logística.

Se indica la utilización del *blockchain* en las cadenas de suministro y logística como una ventaja competitiva, es una realidad dentro de la población de interés seleccionada.

Figura 38

Filtro. Aplicación del blockchain en las empresas



Nota. Elaboración propia, 2023.

Beneficios del *blockchain* hacia la logística y cadena de suministros de la empresa

Teniendo identificados los elementos por nivel de dificultad de gestión y, asimismo, conociendo el dato del uso de *blockchain* en la cadena de suministros y logística, se procede a analizar por qué motivo las empresas optan por hacer uso del *blockchain* y si es para liderar con las dificultades actuales que se presentan en las cadenas globales.

Analizando la información generada por los encuestados, quienes actualmente trabajan en las empresas que están haciendo uso del *blockchain*, estos exponen el beneficio o la razón por la cual hacen uso de esta tecnología, como se presenta en la Tabla 5.

Recordando las características mencionadas de esta tecnología y cómo funciona, la empresa puede hacer uso de distintos canales para mantener comunicación, transacciones, contratos, manejo de

ventas, proveedores, clientes, agentes logísticos, seguimiento del producto, papeleos de los transportes con diferentes partes interés, lo que permite gestionar la cadena de suministros y logística en forma globalizada

Tabla 5

Beneficios del blockchain hacia la logística y cadena de suministros de las empresas seleccionadas. Ítem 13

Ítem	Reactivo	Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 3	Sujeto 4
13	Beneficios del <i>blockchain</i> hacia la logística y cadena de suministros de la empresa	Eficientizar recursos de la cadena de suministro.	Aún no, está en proceso.	Ofrece a la atención médica un sistema descentralizado de terceros y automatizado para transferir datos de forma libre y segura.	Agilización y trazabilidad.

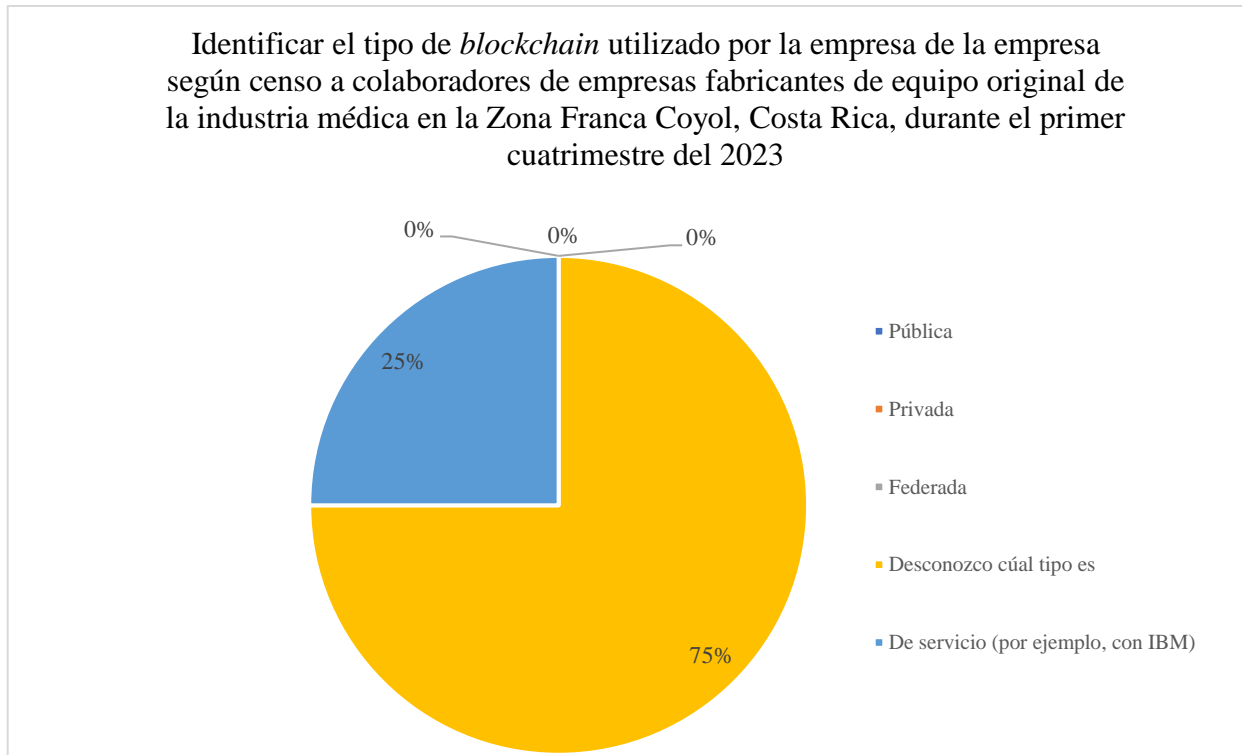
Nota. Elaboración propia, 2023.

Identificar el tipo de *blockchain* utilizado

En relación con las preguntas anteriores, se pretende indagar más sobre el uso del *blockchain* por estas empresas. Por ello, se les consulta a los participantes que indican que en su empresa sí hacen uso del *blockchain*, de qué tipo es, como se analiza en la primera variable.

Figura 39

Identificar el tipo de blockchain utilizado por la empresa



Nota. Elaboración propia, 2023.

De los cuatro profesionales que quedan participando dentro de la encuesta, luego de la pregunta filtro del uso del *blockchain* en la cadena de suministros y logística, un 75% (tres encuestados) señalan desconocer qué tipo de *blockchain* hace uso la empresa, asimismo, un 25% indica saber que la empresa hace uso de *blockchain* como servicio, siendo el dato más relevante. De esta situación, se puede determinar que el mismo profesional que señala tener un alto conocimiento en *blockchain* puede ser el mismo que indica saber qué tipo de *blockchain* se usa en la empresa, y que los tres que no saben identificar el tipo, pertenecen al grupo que indica tener un conocimiento neutral.

Captar conocimiento de las dificultades de la aplicación del *blockchain*

Blockchain es una prometedora tecnología para el área de logística y la cadena de suministros cuando se implementa de manera efectiva, pero este proceso de implementación cuenta con ciertas dificultades, que son normales cuando se lleva a cabo un sistema por primera vez en algún lugar. Para ello, en la Tabla 7 se recolectan las respuestas dadas por los encuestados.

Tabla 6

Captar conocimiento de las dificultades de la aplicación del blockchain dentro de la empresa.
Ítem 15

Ítem	Reactivo	Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 3	Sujeto 4
15	Captar conocimiento de las dificultades de la aplicación del <i>blockchain</i>	Adaptabilidad a la naturaleza del negocio.	Falta de información al respecto.	Capacitación, desarrollo y comunicación.	Los procesos de implementación conllevan mucha prueba y error, muchas dudas durante el proceso de aprendizaje de estos, por lo que en cada implementación lo más difícil es crear esa nueva cultura de utilización de este.

Nota. Elaboración propia, 2023.

Entrevista a especialista en *Blockchain*, dirigida a la aplicación en cadena de suministro y logística:

Se realiza una entrevista al especialista en el tema *blockchain*, para que este transfiera sus conocimientos respecto a cuáles usos actuales de esta tecnología benefician a los fabricantes de equipos originales de la industria médica ubicada en la Zona Franca Coyol, Costa Rica. Esto va de la mano con el estudio de la cuarta variable, ya que el *blockchain* puede aportarse como solución a los retos de la cadena de suministro y logística.

Tabla 7

Entrevista a especialista en blockchain dirigido a la aplicación en la cadena de suministro y logística. Ítem 3

Ítem	Reactivo	Sujeto 1
3	Usos que las empresas seleccionadas le podrían dar al <i>blockchain</i>	Con respecto a este caso, el <i>software blockchain</i> puede generar trazabilidad, certificación de origen, automatización de procesos de operativa, entre otros, que logren gestionar mejor desde la producción hasta el empaquetado y venta de esos artículos médicos.

Nota. Elaboración propia, 2023.

Para dar mayor énfasis en la explicación de la Tabla 7, se usa la ejemplificación de la Figura 40 de una transacción común que sucede en las cadenas de suministros, involucrando un minorista que adquiere producto de un proveedor y una entidad bancaria que aporta el capital de trabajo que el proveedor necesita, por medio de cómo se manejan estos procesos en el *blockchain*.

Figura 40

Ejemplificación de los sistemas de registro convencionales contra el sistema blockchain



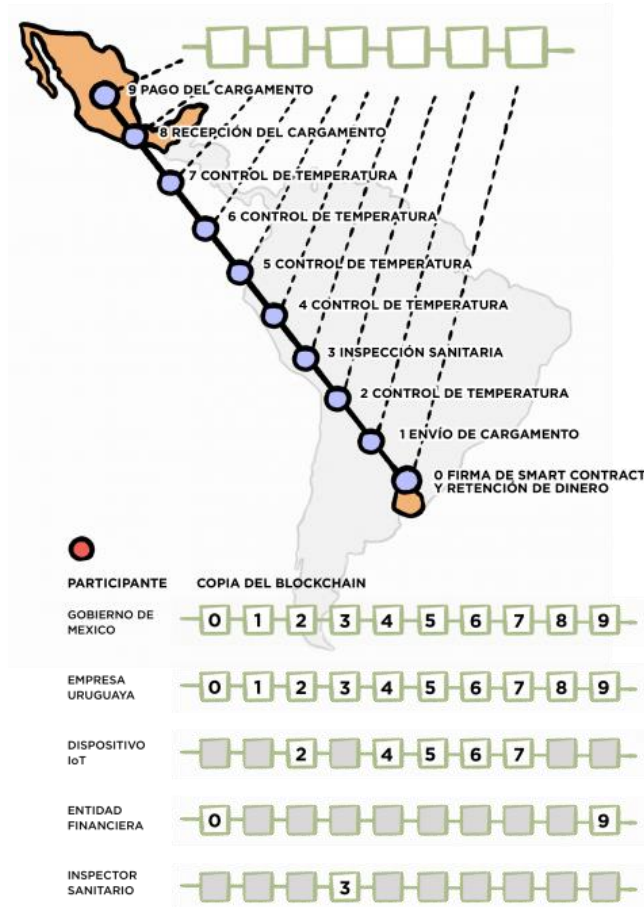
Nota. Identificación de las diferencias entre una cadena de suministro con sistemas de gestión convencionales contra una con *blockchain*. Tomado de *Building a Transparent Supply Chain*, por Gaur y Gaiha, 2020.

Asimismo, relacionado con la Tabla 7 y la Figura 40, se obtiene la ejemplificación del trámite de una cadena de suministros y logística por medio de *blockchain* y cómo se van comportando las

transacciones y la generación de los bloques dentro de la cadena, lo cual se representa en la Figura 41.

Figura 41

Ejemplificación de la cadena de bloques en exportación desde Uruguay hasta México



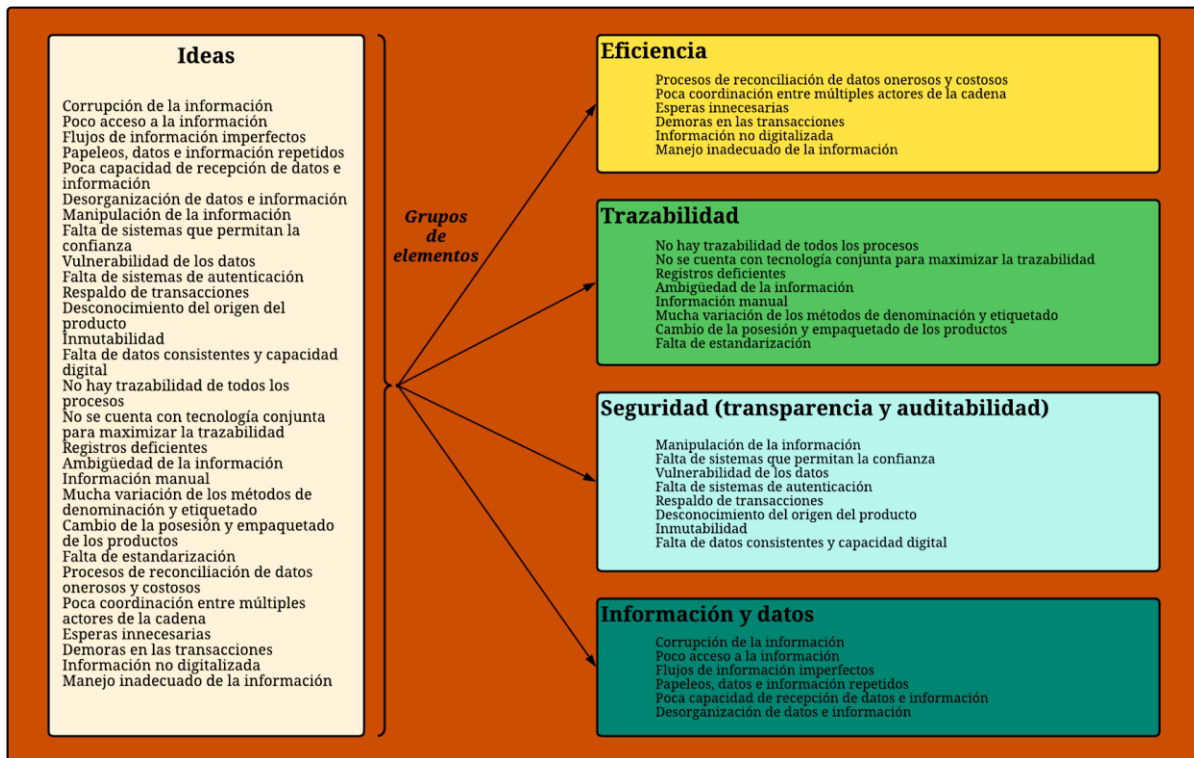
Nota. Detalle de los bloques que se van añadiendo al *blockchain*, siendo el reflejo de los procesos de la cadena de suministros y logística. Tomado de *Blockchain: cómo desarrollar confianza en entornos complejos para generar valor de impacto social* (p. 40), por Allende y Colina, 2018.

Diagrama de afinidad

Se realiza la construcción de un diagrama de afinidad, para indicar un conjunto de ideas sobre las posibles causas por las que surgen retos o dificultades durante las tareas de la cadena de suministros y logística. De esta lista, salen grupos de elementos o retos definitivos, a los que se les atribuye una serie de ideas o razones por las cuales suceden. De las ideas planteadas, se identifican cuatro elementos: eficiencia, trazabilidad, seguridad (trasparencia y auditabilidad) e información y datos.

Figura 42

Diagrama de afinidad para la identificación de la causa de los elementos



Nota. Elaboración propia, 2023.

Análisis y recolección de datos de la quinta variable: oportunidades para implementar *blockchain*

La quinta variable expone los resultados obtenidos, que permiten evaluar las oportunidades para implementar *blockchain* en las áreas de cadena de suministro y logística, brindando un plano situacional actual del tema dentro de Costa Rica.

Entrevista a especialista en *Blockchain* dirigido a la aplicación en cadena de suministro y logística:

Se procede a entrevistar a un especialista en el tema de *blockchain* a fin de que este transfiriera su conocimiento respecto a la quinta variable de estudio, la cual se enfoca en las oportunidades para implementar el *blockchain* realizando un enfoque a la población interés y a nivel situacional de Costa Rica, tratando de los beneficios de uso, servicio, consideraciones y regulaciones de esta tecnología respecto a la orientación de la logística y cadena de suministro.

Tabla 8

Pasos iniciales para considerar aplicar blockchain. Ítem 4

Ítem	Reactivo	Sujeto 1
4	Pasos iniciales para considerar aplicar <i>blockchain</i>	Definitivamente, primero tener un caso de aplicación identificado, posterior a eso, consultar a un grupo de expertos en el tema para valorar las soluciones donde el <i>blockchain</i> pueda colaborar o en todo gestionar esa actividad. Adicionalmente, debe existir presupuesto, ya que

son soluciones que no siempre son baratas.

Nota. Elaboración propia, 2023.

De igual manera, se hace estudio de los servicios disponibles del *blockchain*, entendiendo que no son estándares y que las empresas en Costa Rica pueden acceder a soluciones de cadena de suministro.

Tabla 9

Conocer disponibilidad de servicios de blockchain en la cadena de suministros y logística para las empresas. Ítem 5

Ítem	Reactivo	Sujeto 1
5	Conocer disponibilidad de servicio	Actualmente no existen “servicios específicos” por seleccionar y comprar. Cuando una empresa desea adquirir una solución para su problema y que sea con <i>blockchain</i> , se ofrece un seguimiento al caso de negocios que va a tener como resultado una prueba de concepto o bien un MVP donde se resuelva, en un escenario micro, ese mismo problema. Es como una solución a la medida más que un servicio estándar por comprar.

Nota. Elaboración propia, 2023.

Se hace la consulta al experto, respecto al conocimiento de un dato de acuerdo con la identificación de empresas que actualmente en Costa Rica están haciendo uso de la solución *blockchain* en su cadena de suministros o logística.

Tabla 10

Conocimiento de la aplicación del blockchain en Costa Rica en la cadena de suministros y logística para las empresas. Ítem 6

Ítem	Reactivo	Sujeto 1
6	Conocimiento de la aplicación del <i>blockchain</i> en Costa Rica	Es un dato difícil de estimar, no lo tenemos precisamente, pero es una tecnología que cada vez es más conocida y solicitada.

Nota. Elaboración propia, 2023.

Se realiza el análisis por medio de la consulta de regulación actual sobre el *blockchain*.

Tabla 11

Regulaciones existentes del blockchain en Costa Rica en la cadena de suministros y logística. Ítem 7

Ítem	Reactivo	Sujeto 1
7	Regulaciones existentes del <i>blockchain</i> en Costa Rica	No, no tenemos conocimiento de regulaciones específicas sobre el uso del <i>blockchain</i> para estas áreas. Se percibe como <i>software</i> y ya.

Nota. Elaboración propia, 2023.

También, se analiza la opinión respecto a la reglamentación del *blockchain*.

Tabla 12

Opinión sobre la reglamentación del blockchain en Costa Rica en la cadena de suministros y logística. Ítem 8

Ítem	Reactivo	Sujeto 1
8	Opinión sobre reglamentación	En mi opinión, viendo el <i>blockchain</i> como <i>software</i> , no debería haber regulación alguna. No se necesita, puede ser más un tropiezo que una garantía si se prevé algo. Sin embargo, dentro de esta área existen muchas aplicaciones que ha sido lo más conocido, con el tema de criptomonedas, que en ese aspecto (no de <i>software</i>) sí podrían existir regulaciones, amigables y que den seguridad jurídica, que puedan proteger a las personas, pero no interrumpir la actividad económica.

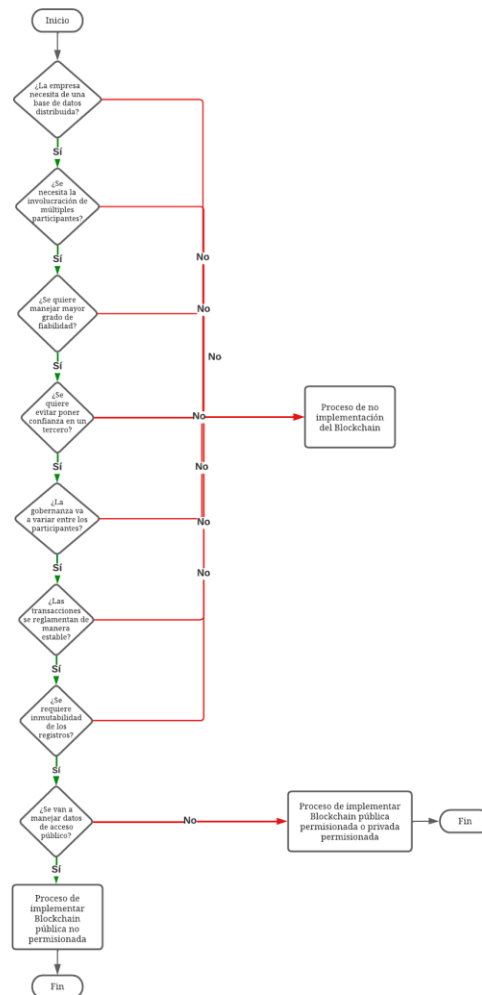
Nota. Elaboración propia, 2023.

Diagrama del proceso para la consideración de la implementación *blockchain*

Se procede a indicar una serie de decisiones dentro del proceso de la implementación de *blockchain*, que guía una serie de preguntas, para indicar si se debe implementar esta tecnología o no. Para ello, se diagrama estas consideraciones para hacer este proceso más comprensible y con guía visual.

Figura 43

Diagrama del proceso para la consideración de la implementación del blockchain



Nota. Elaboración propia, 2023.

Alfa de Cronbach

Para finalizar el capítulo de análisis y recolección de datos, en esta sección se pretende determinar la validación de los datos obtenidos en el proceso de la encuesta, respecto a las preguntas que se califican como de escala de Likert y tipo Likert, a través de la siguiente fórmula:

$$\alpha = [\text{Ítem} / (\text{Ítem} - 1)] * [1 - (\sum \sigma^2 N / \sigma^2 \sum \text{Ítems})]$$

Donde:

$\alpha =$ Alfa de Cronbach

Ítems = Cantidad de ítems

$\sum \sigma^2 N =$ Sumatoria de la varianza de los sujetos

$\sigma^2 \sum \text{Ítems} =$ Varianza de la sumatoria de los ítems

- Censo: 13 profesionales
- Ítems:
 - 7 (siete ítems)
 - 9 (cinco ítems)
 - 10 (ocho ítems)
 - 11

Figura 44

Alfa de Cronbach

Ítems	22
n	13

Primera parte	1,05
Segunda parte	0,73
Alfa de Cronbach	0,77

Nota. Elaboración propia, 2023.

Se realiza la prueba contemplando el censo determinado de trece empresas, donde se consulta a trece profesionales pertenecientes a cada una de estas empresas, a través de un cuestionario conformado de 15 ítems, cuatro de los cuales pertenecen a la clasificación de tipo Likert y escala de Likert, algunos se dividen en más de cinco dentro de la misma pregunta, por ello, se tienen 22 ítems puestos bajo la prueba. Al incorporar los datos correspondientes de cada uno de estos ítems se realiza el cálculo correspondiente, obteniendo un valor de 0.77, lo que significa una validez aceptable. El procedimiento del cálculo se puede observar en el Anexo VI.

Capítulo V

Interpretación y discusión de resultados

Capítulo V. Interpretación y discusión de resultados

En el presente capítulo se procede a interpretar y discutir más a fondo los datos recolectados, que se encuentran correctamente tabulados y analizados en el capítulo IV, por lo que se genera un análisis adecuado a cada uno de ellos. Se hace uso del análisis documental para complementar los datos del estudio y las variables. En general, se procede a indicar qué significan los datos encontrados y su importancia para el estudio.

Interpretación y discusión de los resultados generales

Encuesta

Pregunta filtro. Colaboradores pertenecientes a empresas fabricantes de equipo original de la industria médica en la Zona Franca Coyol, Costa Rica, durante el primer cuatrimestre del 2023

De acuerdo con la encuesta aplicada se limita a que participaran en ella solo 13 personas que son colaboradores que pertenecen a empresas de la industria médica, ubicada específicamente dentro de la Zona Franca Coyol y que la empresa cumpla con la característica de ser fabricante de equipo original, según lo establecido como población de interés y censo por realizar a las 13 empresas que cumplen con estas características a través de su colaborador encuestado.

Siguiendo este proceso, se determina otra pregunta filtro, delimitar a los participantes e identificar que los 13 participantes de cada empresa sean colaboradores específicamente en las áreas de cadena de suministros o logística en las respectivas empresas, ya que el énfasis del estudio está dirigido al estudio del *blockchain* en dichas áreas de las empresas establecidas como población.

Pregunta filtro. Colaboradores que trabajan en la gestión del área de logística o cadena de suministros en empresas fabricantes de equipo original de la industria médica, en la Zona Franca Coyol, Costa Rica, durante el primer cuatrimestre del 2023

Este dato es de gran importancia por el hecho de que solo colaboradores pertenecientes a estos departamentos de las empresas puestas bajo censo pueden brindar las respuestas solicitadas con

información de primera mano, siendo los involucrados dentro de la toma de decisiones de estos procesos.

Seguidamente, dentro de la encuesta se pretende conocer los puestos de los participantes de cada empresa bajo censo, con el fin de identificar cuál de estas áreas acumula mayores profesionales participantes dentro de la encuesta.

Área de trabajo según censo a colaboradores de empresas fabricantes de equipo original de la industria médica en la Zona Franca Coyol, Costa Rica, durante el primer cuatrimestre del 2023

Se interpreta una mayor participación de colaboradores dirigidos a puestos de logística, destacando ocho, y cinco en el área de cadena de suministros, al final se acoplan estas dos áreas en conjunto para realizar el trabajo completo de la cadena de suministros. Con esto, se pretende entender distintos aportes y puntos de vista, además, rangos laborales con mayor peso, teniendo así, un conjunto de colaboradores con las características necesarias para aportar la información requerida.

En relación con la consulta de los puestos, surge una pregunta general dirigida a los años de experiencia de los consultados pertenecientes a las empresas población, con el interés de entender la experiencia específica en las áreas de logística o cadena de suministros que tienen los participantes, para definir el aporte de acuerdo con el conocimiento en tiempo de experiencia que tienen adquirido.

Tiempo de experiencia según censo a colaboradores de empresas fabricantes de equipo original de la industria médica en la Zona Franca Coyol, Costa Rica, durante el primer cuatrimestre del 2023

Se puede determinar el dato más alto perteneciente al rango de nueve años a más, representando a seis de los 13 encuestados, siendo un dato que demuestra una participación de personas con un rango de experiencia alto respecto a las áreas de cadena de suministros y logística, aportando criterio basado en una experiencia amplia en el tema. Asimismo, se cuenta con el rango de seis a nueve años, contando con otro rango de experiencia y aporte alto.

El segundo valor más alto lo representa el rango de uno a tres años, siendo un intervalo de experiencia inicial, donde se tiene cercanía más reciente a su formación. Para el intervalo de tres a seis años, se toman como valores de años de experiencia avanzada, para finalizar con diferentes puntos de vista de acuerdo con la experiencia.

Edad en años cumplidos según censo a colaboradores de empresas fabricantes de equipo original de la industria médica en la Zona Franca Coyol, Costa Rica, durante el primer cuatrimestre del 2023

Se destaca otra de las preguntas generales, relacionada con la edad de los participantes encuestados, con la finalidad de determinar su etapa de vida profesional, y el aporte que pueden generar. Lo anterior, teniendo en cuenta que todos los profesionales se deben encontrar en una constante actualización con la influencia de nuevas tendencias y tecnologías disruptivas que logran cambios en el manejo o apoyo de las actividades de las empresas.

Se puede observar dos tendencias altas en rangos de edad, la primera es el rango de edad de los 18 a los 29 años, lo que se traduce a cinco participantes, destacando que estos se encuentran en una etapa inicial de su vida profesional, con una experiencia no tan alta, pero siendo una generación más tecnológica.

El otro rango, con el mismo valor porcentual, es de los 39 a los 49 años, siendo una etapa profesional más madura, con experiencia más marcada, considerándose adultos aún jóvenes que pueden marcar una tendencia a saber igualmente sobre tecnología. Se cuenta con un rango de los 29 a los 39 años, con dos participantes, siguiendo las mismas características del rango de los 39 a los 49 años.

Para finalizar, se cuenta con los dos rangos con mayor madurez profesional: de los 49 a los 59 años, con un solo participante de los 30 totales, y el rango de más de 69 años, donde no se cuenta con encuestados. Normalmente estos rangos de edad no despiertan tanto interés por la tecnología.

Grado académico según censo a colaboradores de empresas fabricantes de equipo original de la industria médica en la Zona Franca Coyol, Costa Rica, durante el primer cuatrimestre del 2023

Para finalizar, se establece una última indagación general con el enfoque al grado académico, que fortalece las anteriores, ya que esta se realiza para disponer de un respaldo de los entendimientos con los que cuentan los encuestados y cuyos conocimientos provienen de formación previa.

En relación con el grado académico, se puede identificar que casi todos los encuestados tienen un grado alcanzado en Maestría, Bachillerato universitario o Licenciatura, que van en relación con los puestos que tienen a cargo respecto a la cadena de suministros o logística. Al tomar en cuenta este resultado, se identifica que los sujetos entrevistados cuentan con estudios y habilidades sobre el área de estudio, lo cual da a entender, como punto final, que los participantes cuentan con formación que respalda la confiabilidad de sus respuestas.

Interpretación de resultados de la primera variable: *blockchain*

En relación con los puntos mencionados, al contemplar los elementos que conforman el *blockchain*, antes de entender cómo se da el flujo de las transacciones se debe entender un poco la descripción general de la cadena de bloques, donde la estructura *blockchain* se divide en las siguientes capas: aplicación, computación distribuida, infraestructura y plataforma.

Interpretación del funcionamiento del *blockchain*

En relación con el capítulo IV, se determinan una serie de representaciones de acuerdo con el funcionamiento del *blockchain*. Se inicia por una descripción general de la cadena de bloques, donde se divide la estructura *blockchain* en las capas de aplicación, computación distribuida, infraestructura y plataforma.

De acuerdo con la Figura 20, se puede señalar que existe una capa de infraestructura, la cual está compuesta por el *hardware* que se necesita para poder ejecutar la cadena de bloques, donde se tiene el almacenamiento, instalaciones web y los nodos.

Una red de cadena de bloques típica tiene tres tipos diferentes de nodos: simple (también conocido como nodo ligero), completo y minero. Un nodo simple en la red solo puede enviar y recibir transacciones y no almacena una copia del libro mayor, ni valida una transacción, mientras que un nodo completo sí lo hace. Un nodo de minería (también conocido como generador de bloques) es un nodo completo con capacidad de minería, es decir, el proceso de generar un nuevo bloque. El componente de almacenamiento almacena el libro mayor de los registros de transacciones, (Ismail y Materwala, 2019, p. 4)

Asimismo, la capa de plataforma facilita los tres elementos que se pueden ver en la Figura 20, en conjunto permiten que se dé la comunicación entre las partes participantes. Luego se tiene la capa informática distribuida, esta permite el acceso a los datos, donde la inmutabilidad de los datos hace que no se pueden modificar los registros de las transacciones ya actualizadas en el libro mayor, la red utiliza un protocolo de consenso correspondiente para manejar el orden de los bloques, la actualización del libro y el establecimiento del próximo minero por realizar la siguiente generación del bloque, asimismo, esta capa se encarga de la autenticidad y criptografía por medio del *hashing*.

Para finalizar, se tiene la capa de aplicación, la que permite a los clientes ingresar a una aplicación desarrollada sobre red de cadena de bloques, de igual forma, lógica comercial, para llevar a cabo las transacciones.

Entendida la descripción de la cadena de bloques, se puede dar paso a analizar su marco general organizativo, dado que con esto, al pasar de los años, se da o existe un incremento de plataformas, haciendo uso de protocolos de consenso para expandir el desarrollo de aplicaciones en diferentes dominios.

Una de las partes importantes de determinar es la arquitectura que se necesita dentro de un *blockchain*. Las arquitecturas de las plataformas evolucionan en términos de bloques de construcción. Se tiene la arquitectura basada en un solo libro mayor (*Single-ledger based*), donde puede ser de tipo privada o pública, las transacciones y el registro de bloques puede ser visto por todos los que compongan esta red.

Cuando se habla de la arquitectura de libros múltiples (*Multi-ledger based*), se basa en varios registros, donde se permite hacer transacciones privadas a solo ciertos participantes de la red, por

ello, divide la red en canales para realizar transacciones privadas entre los participantes del canal. Asimismo, se tiene la arquitectura basada en la interoperabilidad (*Interoperability based*), permitiendo la interoperabilidad entre las redes de cadena de cadenas de bloques públicas y privadas, esta arquitectura permite la capacidad de admitir formas y estructuras de contratos inteligentes distintas, lenguajes de programación diferentes y la comunicación de los protocolos.

La Figura 21 representa las decisiones que se necesitan tomar en cuenta a la hora de seleccionar la arquitectura necesaria, que dependen de las necesidades que se le quiera dar a la cadena de bloques, donde también se debe considerar la clasificación de los protocolos de consenso: potencia informática, capacidades no informáticas y los algoritmos de votación.

Las transacciones se consideran válidas cuando se llega a un consenso entre los participantes por medio de algoritmos de consensos. Se tienen los protocolos de consenso que funcionan a base de computación intensiva, consumiendo mucha energía.

Existen los protocolos de consenso que se basan en la capacidad, donde se selecciona a un minero de acuerdo con la capacidad no informática, valorando factores de capacidades que tiene un minero dentro de la red (se basa en un dominio de riqueza, quién aporta más o tiene mayor peso dentro de la red). Cuando se habla de los protocolos basados en la votación, se crea una votación para elegir al minero que va a generar el bloque, eliminando los problemas de los protocolos anteriores: el alto consumo energético y el dominio de la riqueza. Normalmente los *blockchain* empresariales usan los protocolos de consenso de votación. En la Figura 22 se puede visualizar los distintos protocolos que provienen de los tres tipos principales.

Teniendo en cuenta las explicaciones anteriores, se puede explicar el proceso de cómo ocurre el flujo general de las transacciones en el *blockchain*, dividiéndose en dos partes: la propuesta de transacción que la realiza el usuario y la validación de transacciones y bloques. En la Figura 23 se puede entender el orden de los procesos.

El proceso de la propuesta de transacción inicia en el momento en que un usuario procesa los datos de la transacción mediante la función *hash*, para darle verificación a la integridad de estos, a partir de ello, los datos que vienen cifrados se cifran por medio de la llave privada del usuario, para

probar la autenticidad de este y la salida cifrada de esto se conoce como la firma digital de esa transacción, luego esos datos pertenecientes a la transacción y la firma se transfieren a la red.

Concluido esto, se inicia el proceso de validación de transacción y datos, el cual inicia con la validación por parte de cada nodo completo de la red sobre la transacción, donde hacen lo siguiente: “la autenticación del usuario mediante el descifrado de la firma digital utilizando la clave pública del usuario que propone, y la integridad de los datos mediante el hash de los datos de la transacción y comparándolos con la firma descifrada” (Ismail y Materwala, 2019, p.6).

La transacción ya validada, se pasa a los generadores de bloques (mineros de la red), de acuerdo con el tipo de consenso, se selecciona un minero, el cual verifica las transacciones validadas y las conjunta en un bloque de manera que su tamaño no exceda el predeterminado. El minero luego procede a calcular el valor *hash* de la raíz Merkle, esta misma es un resumen *hash* de todas las transacciones, generando eficiencia en la verificación de una transacción en un bloque.

Si se quiere verificar que una transacción queda incluida o no en un bloque, un nodo solo necesita de los valores del *hash* de la ruta de Merkle que vincula la transacción con la raíz de Merkle, así mismo, un nodo puede verificar la transacción de la siguiente manera, según Ismail y Materwala (2019):

En consecuencia, un nodo que no mantiene la copia completa del libro mayor puede verificar una transacción solicitando la ruta sin necesidad de recibir el bloque completo, lo que reduce la sobrecarga de comunicación. Para verificar una transacción en un bloque, que consta de n transacciones, un nodo requiere solo $\log_2 n$ valores hash usando la raíz Merkle en comparación con n valores hash si no se usa la raíz Merkle. (p. 6)

Luego de que el minero calcula el valor *hash* de la raíz de Merkle, se genera el *hash* del bloque, el minero transfiere el bloque a la red. Para finalizar, los nodos de validación revisan lo siguiente: el *hash* del bloque, el *hash* del bloque anterior, que la marca de tiempo del bloque sea mayor que la anterior, el tamaño y los valores de altura del bloque, y, por último, validar las transacciones totales en el bloque. Así, cada nodo de validación añade el bloque válido a su propia copia del libro mayor.

En la Figura 24 se puede ver una diagramación más completa del proceso para generar una transacción en el *blockchain*, donde se visualizan las entradas y salidas, además de la demarcación más clara de las partes del proceso.

Funcionamiento del flujo de las transacciones de acuerdo con la arquitectura

Con anterioridad, se mencionan los distintos tipos de arquitecturas del *blockchain* y de acuerdo con el uso que se le quiera dar a esta tecnología, se debe contemplar cuál es mejor utilizar, donde cada una de ellas respeta las características de descentralización, inmutabilidad y eliminación de terceros.

Libro mayor único para una red pública

El usuario que quiera realizar la transacción hace uso de Llamada a procedimiento remoto (*Remote procedure call*, en inglés) para enlazarse a la cadena de bloques y a un servicio de integración para conectarse a un sistema externo. Se hace uso de un sistema externo si la validación de los datos depende de este (por ejemplo, precio de las acciones del mercado). Cada uno de los participantes de la red se presentan por pares (*peers*, por su nombre en inglés) o como nodos, donde estos pueden ser completos, simples o mineros. En la Figura 25 se presenta el flujo de los pasos para la transacción.

Una arquitectura como esta es usada por *Ethereum*, además, se le puede dar muchas funciones con diferentes énfasis de uso como las finanzas, comercio de energía, entre otros. Solo se debe de considerar si la información por manejar se adapta al tipo de cadena de bloques pública o no.

Libro mayor único para una red privada

Esta arquitectura sigue el mismo funcionamiento, solo que cuenta con la implementación de componentes que hacen promover la seguridad y control de acceso dentro de ella. Se cuenta con dos elementos, denominados autoridad de certificación y *handshaking* (mecanismo de negociación).

Por un lado, la autoridad de certificación es la encargada de definir el acceso de quiénes pueden participar dentro de la red y hace autenticación de estos. Por otro lado, el mecanismo de

negociación genera la autenticidad de los nodos que participan en una transacción, permitiendo la conexión entre estos. Además, se establece un mecanismo de control de acceso que indica las funciones de los roles de cada participante de manera actualizada, definiendo también las consultas del libro mayor. El proceso de *handshaking* es representado en la Figura 26.

Considerando la inclusión de los procesos de privacidad que integran la red privada, el flujo de la transacción se da de igual manera que en la red pública, solo bajo estos pasos adicionales de seguridad y privacidad. Por ejemplo, la plataforma *Hyperledger Fabric* usa este tipo de arquitectura. Igualmente, existe la infraestructura híbrida, que hace combinación de la privada con la pública para realizar transacciones, un ejemplo de esta es la plataforma *Quorum*.

En la Figura 27 se visualiza, mediante las flechas de color morado, el intercambio de procesos de la certificación de autoridad y el *handshaking*, que ocurre antes de pasar la transacción dentro de la red y los flujos que ocurren de la misma manera que con la red pública.

Libros múltiples para una red privada

La arquitectura privada de este tipo utiliza una colección, por motivos de evitar un consumo de energía y de la unidad de proceso central, se realiza la creación de una colección dentro de un canal. Este tipo de arquitecturas utilizan canales para realizar transacciones en un subgrupo determinado, teniendo solo a los involucrados necesarios siendo partícipes de la transacción. Dentro de ella, existen dos pares distintos, unos que dan respaldo o apoyo y otros que comprometen. Se cuenta con el componente de estado mundial, además del libro mayor, donde el estado mundial describe la actualidad de este.

1. Un cliente crea la carga útil de la transacción que contiene un canal específico que se utilizará para esa transacción. La carga útil se codifica para generar un ID de transacción que se utilizará para referencias futuras.
 2. Los datos de la transacción se firman digitalmente y se transmiten a la red. La carga útil de la transacción transmitida se denomina propuesta de transacción.
 3. La carga útil de la transacción es validada por los endosantes. Cada endosante ejecuta el código de cadena asociado a una transacción válida.
- (Ismail y Materwala, 2019, p. 12)

Estos primeros tres pasos son los que permiten que se genere la transacción en los libros múltiples para una red privada, donde se puede identificar que se escoge uno de los canales para generar la transacción, se hace uso de la firma digital para hacer envío de la transacción, para luego obtener la respuesta de validación.

4. Cada endosante firma digitalmente la transacción y envía una respuesta de propuesta al cliente. 5. El cliente espera hasta que se recibe un número predefinido de respuestas a la propuesta. El cliente agrega todas las respuestas y las envía con la transacción al ordenante. 6. El ordenante genera un bloque de transacciones (válidas y no válidas) recibidas de los diferentes clientes y actualiza su libro mayor. Transmite el bloque a los pares en la red. (Ismail y Materwala, 2019, p. 12)

Mediante los pasos se puede identificar de nuevo el uso de las firmas digitales por parte de los demás participantes para dar su aprobación, recordando que en la *blockchain* privada se determina una cierta cantidad de participantes que deben dar el visto bueno de la transacción para que esta se ejecute, y cuando se reciben todas las respuestas, el ordenador genera el bloque.

7. Cada par en la red verifica la validez de la transacción en el bloque. Un par crea un bloque, llamado vblock, de transacciones válidas (es decir, una transacción que tiene un umbral de firmas de los endosantes). Las transacciones no válidas se registran en un archivo para referencia futura, pero no se incluyen en el bloque. 8. El cliente es notificado de la ejecución exitosa de la transacción. (Ismail y Materwala, 2019, p. 12)

En los últimos dos pasos, cada par puede verificar la transacción, y el que la ejecuta recibe la notificación de la transacción exitosa.

Estos pasos son representados mediante la diagramación de la Figura 28, donde se puede observar los elementos mencionados. Esta arquitectura es introducida por la plataforma *Hyperledger Fabric*, pensando en que una organización necesita de distintos canales dentro de una misma red, para procesar transacciones que solo involucran a ciertos participantes de esta.

En la Figura 28 se pueden ver los pares endosantes (*Endorsing Peers* en inglés), los que declaran la aprobación o apoyo de la transacción, asimismo, se tienen los pares comprometidos (*Committing Peers* en inglés). Para esta arquitectura, los pares son los validadores y los mineros son ordenantes.

Análisis FODAC del *blockchain*

Interpretación de las fortalezas del *blockchain*

Dentro del mismo *blockchain* se puede encontrar distintos protocolos y tipos. Se tiene cadenas de bloque de tipo privado o público, *blockchain* empresariales o de monedas, y se desplaza a más opciones. La gran apertura de aplicación que tiene el *blockchain* lleva a personas e industrias que se dedican a distintos tipos de negocio a implementar su uso. Por ejemplo, la naviera Maersk se asocia con IBM para lanzar la primera plataforma de envío *blockchain* que da el seguimiento del envío de carga, “TradeLens es la plataforma de blockchain implementada que se utilizará para rastrear los envíos a medida que se mueven de un puerto a otro” (Rodríguez, 2018, párr.10), siendo este, uno de los muchos usos que se le da al *blockchain*.

Por ser *blockchain* una red descentralizada o bajo el término desintermediación, a través de su utilización se elimina la interferencia de terceros, solo las partes interesadas son parte de la transacción y permite más fluidez entre las partes. Lo anterior, va de la mano con la auditabilidad, ya que la información o transacción que se da dentro de los bloques es fácilmente visible y no puede ser alterada, lo que genera confianza y reducción de fraudes. Por ello, se dice que es inmutable, los datos registrados luego de una transacción no pueden ser cambiados ni eliminados sin ser una manipulación autorizada.

Otro de los fuertes del *blockchain* es lo que se conoce como contratos inteligentes, lo cual se almacena en la cadena de bloques que contiene términos y condiciones específicas, y se ejecuta automáticamente cuando estas ocurren, generándose velocidad, precisión y seguridad con ellos. La disminución de costos va muy relacionada también con los contratos inteligentes, debido a que estos cancelan la necesidad de que un tercero esté manejando la transacción y, que surjan extensión, retrasos y tarifas asociados por tener a este intermediario. Asimismo, ocurre con documentos aduaneros, entre más cuestiones donde el *blockchain* permite un ahorro monetario.

Debido a que la cadena de bloques es un libro de registros, es posible dar trazabilidad a cada bloque ejecutado, el cual puede contener información de un producto, el tránsito que realiza una mercancía, los dueños que tienen un NFT, entre otras opciones. Permite visualizar completamente una situación de interés. De la mano con ello, viene el tema de la inmediatez, esta tecnología trabaja rápidamente, que una transacción o actualización realizada puede ser visualizada en corto tiempo por los integrantes de la cadena, asimismo, el hecho de no tener intermediarios hace que las transacciones se realicen de manera inmediata.

Interpretación de las debilidades del *blockchain*

Actualmente, la tecnología de cadena de bloques se está deseando incorporar en casi todos los sectores, por ejemplo, el sector de la salud o la cadena de suministro, entre otros, por el hecho de poder aprovechar su innovación. El desarrollo de *blockchain* es algo un poco reciente, y cada vez se tiene más conocimiento de esta tecnología, van resultando nuevas funciones de uso y así mismo cosas por mejorar dentro de ella, por eso aún se considera que es un proyecto con mucho potencial, pero necesita ser más conocido y trabajado.

Asimismo, dejando de lado los proyectos de las criptomonedas, se establece que existen casos de usos del *blockchain* altamente maduros, pero son muy pocos casos. Como se mencionó, está continuamente en desarrollo. Existen distintos tipos de entidades trabajando dentro del *blockchain* con sus propias versiones de cómo manejarlo, lo cual no facilita el hecho de la creación de estándares, como otras tecnologías sí lo tienen.

No es una tecnología que se adapta para que todo el mundo la use igual, eso puede simplificar las cosas, pero por la alta competencia se dificulta que los mayores conocedores compartan su forma de trabajar en ella, además, del crecimiento exponencial que está teniendo, lo que lleva a sufrir riesgos relacionados con la interoperabilidad.

Dentro de cómo se lleva el manejo de la red, existen mejoras internas que se deben realizar. Cuando la cadena de bloques realiza el traspaso de información, todos los nodos que pertenecen a una red específica reciben una copia de cada transacción, lo que genera mayor consumo de energía y tiempo. Entendiendo que la base de datos de la cadena de bloques va en crecimiento, hace que cada vez que un bloque se valida y se añade a la cadena, necesite un requerimiento aún mayor. Por

esta razón, los desarrolladores se dan cuenta del costo energético que se requiere y deciden usar algoritmos de consenso que resuelvan el cálculo complejo del *hash*, para ser más amigables con el consumo de energía.

También está la mejora del rendimiento, debido a que los desarrolladores han contado con poco tiempo para la mejora de la transacción, y la velocidad que se trasmite la información de un bloque a otro. Por ello se busca el aprovechar desarrolladores que comprendan el sistema, para lograr optimizar las plataformas. Por ejemplo, “IBM creó una plataforma con tecnología blockchain que logró generar 3500 transacciones en sólo un segundo” (Guijosa, 2018, párr. 5). Debido al gran auge que tiene esta tecnología, se llega a etapas de congestión, por lo que la tasa de transacciones puede llegar a bajar.

Otra de las mejoras que se debe tener es la integración de protocolos, ya que cada protocolo tiene su manera de trabajar y de realizar sus acciones. Por ello, si un usuario desea compartir información desde el protocolo *Hyperledger Fabric* hasta el protocolo *Quorum*, necesita una capa de integración que administre estos dos sistemas empresariales distintos.

Actualmente, en *blockchain* no hay una legislación de privacidad de los datos, no hay existencia de un reglamento de protección de datos como los que tienen algunas entidades y país. El enfoque en este caso no va dirigido a declarar la entidad de cada quién ante la red, pero dependiendo de las actividades realizadas, por ejemplo, en el caso de la industria, conocer al cliente.

En relación con los riesgos legales y de seguridad, al entender una de las características del *blockchain*, que es ser una red descentralizada, hace difícil el manejar estos temas. La privacidad de los datos está descentralizada y distribuida, toda la información que se transacciona queda en el *blockchain* registrada, sea de tipo privada o no tan privada, recordando que los datos son inmutables en el *blockchain*. Por ello, existen normas legales en las que se establecen, pero estas no ejercen en todo el mundo, pero básicamente no son normas establecidas específicamente por la comunidad *blockchain*. La aplicación de jurisdicciones también es un tema complicado, que se llega a acaparar un poco por el uso de los contratos inteligentes. Por la parte de la seguridad, *blockchain* ofrece claves y un sistema seguro, pero cada quien debe gestionar cómo proteger sus transacciones y cómo manejarlas.

Interpretación de las oportunidades del *blockchain*

La revolución tecnológica que significa el *blockchain* genera un cambio en las transferencias, la parte financiera, mercado y manejo de compañías. Por ello, de acuerdo con los puntos anteriormente marcados, para que se logre el potencial que quiere alcanzar, debe encontrar la forma de mejorar -a través de distintas entidades, usuarios y empresas- cinco factores esenciales que puedan llegar a establecer el *blockchain* como un proyecto totalmente desarrollado en todas sus partes.

La inversión externa es una oportunidad con la que cuenta el *blockchain*, debido a que se puede encontrar inversionistas interesados en poner su dinero en proyectos *blockchain* o en empresas que brindan servicios de esta tecnología, y estos aprovechar las inversiones por medio de las posibilidades de aumentar la investigación y desarrollo de las soluciones *blockchain*, permitiendo así, el auge de esta tecnología y avanzar más rápido en su conocimiento.

El poder generar soporte legal es una situación complicada por el hecho de ser una red descentralizada. El establecer una legislación común que se adapte a aspectos que se quieran prevenir o limitar es necesario para crear confiabilidad, además, de la solución de problemas, igualmente respetándose el hecho de la descentralización. Ciertas compañías quieren adentrarse al mundo del *blockchain*, a pesar de la automatización que esto les puede traer. En algunos lugares de Estados Unidos, se establecen legislaciones sobre esta tecnología.

Cuando se habla del aumento de los consorcios de *blockchain*, estas relaciones se dan entre entidades que tienen el mismo fin o trabajan bajo en mismo objetivo y desarrollan infraestructura y estándares para usar en sus aplicaciones. A partir de esto, se puede hablar del punto de la disminución de la complejidad y lograr menores costos.

Lo anterior, dado que implementar soluciones *blockchain* es costoso y complejo, pero debido a que empresas de gran nivel como los son Google o Amazon desarrollan y ofrecen servicios de manera práctica en lo que es cadena de bloque, se tiene una oferta de precios mucho más económica para una entidad, que empezar ellos mismos desde cero. “Amazon, Microsoft, Google, Oracle, entre muchos otros, ya ofrecen servicios en la nube con tecnología blockchain” (Guijosa, 2018, párr. 7).

Es necesario destinar tiempo a la creación de estándares, ya que es una tecnología utilizada a nivel mundial. Actualmente, existen distintos proyectos funcionando dentro de la cadena de bloques con medidas de privacidad adaptada a su necesidad, lenguajes de codificación distintos, protocolos, medidas de seguridad, entre otras cosas, por lo que se debe llegar a un acuerdo entre los usuarios para facilitar su adaptación y desarrollo.

Interpretación de las amenazas del *blockchain*

La cadena de bloque, al igual que otras tecnologías, no se libera de la posibilidad de sufrir algún tipo de ataque cibernético o fraude, siendo estos factores externos que no se pueden controlar, pero sí prevenir, esto a pesar de que se considera difícil de *hackear* por su naturaleza descentralizada y cifrado criptográfico. De acuerdo con el tipo de *blockchain* seleccionado para usar, los datos de las transferencias se pueden encontrar más o menos expuestos.

Básicamente, se puede dar robo de contraseñas, encontrar vulnerabilidad en el código o un *hackeo* directo al *hardware* utilizado. “Los hackers y los estafadores amenazan los blockchains de cuatro formas principales: phishing, enrutamiento, Sybil y ataques del 51 %” (International Business Machines Corporation, s.f., párr. 12). De ahí, la importancia de gestionar el tipo de información que se transfiere en los bloques, gestión de claves, identidades, seguridad de contratos inteligentes, entre otras medidas por tomar en cuenta según al tipo de información y uso que se le da a la cadena de bloques.

El hecho de los riesgos legales, de seguridad y de solución de problemas que tiene el *blockchain* causa que entidades y gobiernos presenten preocupaciones en regir leyes entre las transacciones, y presentar regulaciones sobre el *blockchain*. La cadena de bloque se ve amenazada por el posible hecho de que los gobiernos y entidades quieran arrebatar la característica más esencial de esta, que es el ser una red descentralizada. En cierto punto el que quieran tener participación y llegar a acuerdos de poner leyes generales sobre el *blockchain*, sin interferir en la descentralización, se ve de manera correcta. Pero si su interferencia es para limitar la tecnología, gobernarla y hasta tener participación monetaria sobre las transacciones que se dan, no es una participación correcta.

Interpretación de las circunstancias del *blockchain*

Uno de los factores del entorno que se desconoce que vaya a suceder es una crisis económica, que puede llegar a afectar el uso del *blockchain*. Esto debido a que los ingresos de las empresas caen por motivos del escenario económico que se esté atravesando, lo que genera que tengan menos oportunidades de invertir en soluciones *blockchain*, o no tener medios para darle mantenimiento si es que cuentan con soluciones actuales. Asimismo, se afectarían las demás soluciones *blockchain*, no solo las empresariales, debido a que el intercambio y el mercado de monedas también bajarían sus transacciones, y también existe la posibilidad de quiebra de las empresas que las manejan.

Interpretación del conocimiento sobre el *blockchain*

Cuando se habla del *blockchain*, se tiene que imaginar una cadena de bloques descentralizada que va generando una base de datos compartida entre distintos participantes con acceso a ella, donde cada uno de ellos puede rastrear las transacciones realizadas. “Es como un gran libro de contabilidad inmodificable y compartido que van escribiendo una gran cantidad de ordenadores de forma simultánea” (Sáez, 2022, párr. 5). La red *blockchain* se efectúa en miles de ordenadores distribuidos alrededor del mundo y no en un sitio único, diferenciándola de una red centralizada.

En el momento en que alguno de los miembros de la red realice una transacción, esta origina datos asociados que son almacenados en uno de los bloques, cuando está completo de información, el bloque se une a la cadena de bloques existente. El tipo de información que llega a contener dicha red depende del propósito de uso que se le da. Por ejemplo, puede tratarse de una red que almacene trazabilidad de productos, registros médicos o datos logísticos, entre otros.

Interpretación del conocimiento sobre los tipos de *blockchain*

Interpretación del tipo de red *blockchain* pública

Este tipo de red permite generar el acceso a cualquier usuario que quiera ingresar en ella. Cada participante tiene los mismos derechos sobre el uso de la red, por lo que cumple la naturaleza totalmente descentralizada, donde existe un acceso de todos en la red, asimismo, ofrece mucha

transparencia. Por ello, todos los usuarios pueden observar o dar seguimiento de los registros de transacciones dados, obteniéndose así una transparencia total. Ethereum y Bitcoin son ejemplos de cadenas de bloque públicas.

Se puede hacer parte de estas redes al descargar la aplicación correspondiente y conectarse de manera automática a través de un determinado número de participantes o nodos. “Una vez que el usuario se hace con la copia actualizada de toda la cadena, tiene los mismos derechos y deberes que el resto de los participantes a la hora de proponer y validar transacciones” (Allende y Colina, 2018, p. 23). Las transacciones en este caso se validan por medio de protocolos de consensos. Igualmente, hay redes públicas permissionadas, restringiendo quiénes participan y en cuáles transacciones, por lo que se necesita una invitación para unirse.

Interpretación del tipo *blockchain* privado

El acceso a este tipo de red depende de una sola entidad central, esta organización autoriza a quienes pueden ser parte de esta red. “Puede que no parezca una red descentralizada adecuada, pero los valores centrales siguen ahí. Si tiene la autorización adecuada, puede acceder a estas redes. Pero habrá una autoridad gobernante para cuidar la tecnología blockchain empresarial” (Rodríguez, 2019, párr. 18). La diferencia, entre una red *blockchain* privada y una federada es que en la privada una sola entidad está a cargo de mantener la cadena, dar permisos de participación, proponer transacciones y aceptar los bloques, mientras que en la federada, la red está a cargo de un conjunto de entidades.

Dentro de las características que resalta esta red está el hecho de dar empoderamiento organizacional, dar mayor nivel de confianza, el acceso a la información varía de un nodo a otro y con una potencia eficiente, mayor a la pública. Es importante resaltar que los mismos *softwares* que son utilizados para las cadenas de bloques federadas, son también utilizados para *blockchain* privadas. A este tipo de *blockchain* se le llama también privada permissionada, ya que se ocupa permiso para ser partícipe.

Interpretación del tipo *blockchain* consorcio

Actualmente las redes de *blockchain* de consorcio o federadas son las más demandadas para la construcción de soluciones compartidas para distintas clases de entidades, como lo son empresas de distintas industrias, gobiernos, o asociaciones distintas. Este tipo de solución de *blockchain* empresarial está más cerca de las *blockchains* privadas, asimismo, presenta características de ahorro en costos, autoridad distribuida, una regulación de red y autoridad distribuida.

Claramente este tipo de cadena de bloques no tiene la apertura a la participación del público, en este caso, se cuenta con una cantidad determinada de participantes (compañías, organizaciones o entidades), los cuales se encargan de administrar la red en unión conjunta y mantienen las copias sincronizadas de los registros.

Para lograr el acceso a este tipo, normalmente es por medio de una interfaz web que los administradores colocan en ofrecimiento del usuario medio, en lugar de compartirles una copia de la cadena, como lo es en el caso de las públicas. En definitiva, la cadena de bloque federada es una opción primordial para compañías, ya que se necesita la realización de muchas transacciones, bajo un nivel alto de confianza, considerando que, a la hora de tomar la decisión de implementar este tipo de solución, es importante definir su manejo, así como el hecho de quiénes forman parte de ella, su administración y la información por manejar.

Entre los *softwares* más comunes de código abierto que se utilizan en las cadenas *blockchain* federadas se encuentran Hyperledger y Corda, entre otras, los cuales permiten descargar la aplicación de *blockchain* y ejecutar la programación de la cadena a gusto personal, estableciendo quién puede participar y bajo qué reglas se regulan las transacciones dentro de ella.

Un ejemplo de ello es la empresa IBM y su colaboración con minoristas globales (Driscoll's, Unilever, McLane Company, entre otras) para formar una plataforma dirigida al consorcio de ventas al por menor, proyecto que están realizando por la plataforma *Hyperledger Fabric* para usarla como base de su *blockchain*. El objetivo que persiguen con este proyecto de red es el poder ofrecer un mayor valor a los clientes, debido a que cada año hay personas que sufren por la contaminación en los productos alimenticios minoristas.

Interpretación del tipo *blockchain* como servicio (*Blockchain as a Service – BaaS*)

Este tipo de *blockchain* está considerado dentro de la privada y federada, ya que es impulsada por las anteriores. Existen empresas que son proveedoras o vendedora de servicios *blockchain* para compañías que requieran adquirir esta tecnología. Se les ofrece a las compañías la posibilidad de crear sus propios canales *blockchain*, sin que las compañías tengan que dedicar tiempo ellas mismas a desarrollarlas por sí solas. “Algunas grandes compañías ofrecen servicios de *blockchain* en la nube. Algunos ejemplos son IBM especializada en Hyperledger Fabric, Amazon colaborando con Digital Currency Group, o Microsoft ofreciendo servicios de R3, Hyperledger Fabric o Quorum, entre otras” (Allende y Colina, 2018, p. 25).

Por un lado, uno de los proveedores BaaS para empresas es la reconocida empresa IBM. En la actualidad, solo están ofreciendo soluciones *Hyperledger Fabric*, ya que colaboran en este proyecto. De acuerdo con la demanda que tenga una entidad, IBM crea los servicios que necesite, a través de su plataforma, a la entidad que esté adquiriendo el servicio se le hace mucho más sencilla la gobernanza, desarrollo y operación con la plataforma.

Por otro lado, uno de los vendedores que proporcionan BaaS es Alibaba, la cual se ve que tentativamente puede llegar a convertirse en la mejor solución de cadena de bloques empresarial disponible, por medio de Alibaba Cloud. Asimismo, Microsoft ofrece estos servicios por medio de Microsoft Azure, como una solución de cadena de bloque empresarial; si una empresa desea desarrollar un nuevo proyecto, Azure brinda las herramientas necesarias para su desarrollo.

Interpretación de los elementos que componen el *blockchain*

Interpretación del elemento Permisiones / *Permissioned*:

Este elemento, dentro de un *blockchain*, hace que se genere una gran diferencia entre sus elementos y componentes, ya que va de la mano con el tipo de *blockchain* que se decide utilizar. Por el hecho de que un *blockchain* sea con permiso o sin él, crea la entrada de varios elementos en los que se diferencian en su forma de uso. En un *blockchain* de tipo público, como lo es *Bitcoin* o *Ethereum*, los usuarios se autentican por medio de una billetera virtual para poder hacer transacciones, mientras que la privada como lo es *Hyperledger*, “existe un proveedor de servicios de membresía

que se encarga de generar certificados para autenticación de los miembros de la red” (Giraldo, Moreno y Rodríguez, 2021, p. 3).

Asimismo, existe una serie de elementos que componen un *blockchain* con permisos. Uno de ellos son los canales de consorcio, cuando se habla de consorcio, es referirse a la unión de organizaciones que forman parte de la red que gestiona desde una a varias cadenas *blockchain*. Con la facilidad de los canales, se puede dividir la participación de las organizaciones necesarias que participen en una transacción o no.

Además, los canales dividen los flujos de mensajes, lo que significa que los clientes solo ven los mensajes y las transacciones asociadas de los canales a los que están conectados y no conocen otros canales. De esta manera, el acceso a las transacciones está restringido solo a las partes involucradas, con la consecuencia de que solo se debe alcanzar el consenso a nivel de transacción y no a nivel de libro mayor como con Ethereum. (Sandner y Valenta, 2017, p. 5).

En el caso de *Bitcoin* y *Ethereum*, todas las transacciones son visibles al nivel global por todos los participantes, las privadas solo involucran a las partes involucradas.

Interpretación del elemento Transacción:

Puede ser cualquier tipo de contenido que dentro de su estructura cuenta con direcciones, entradas, salidas y código incluido que figuran en la transferencia que sigue el tipo de protocolo o algoritmo determinado, donde se usa el valor de las transacciones previas, cumpliendo que la entrada de una transacción se enlaza con la salida de una antecesora.

Dicho sea esto, una transacción puede ser un criptoactivo, datos empresariales, registros, entre otros, por ello, se debe escoger el tipo correcto de *blockchain* de acuerdo con el tipo de transacción que se quiera realizar, permitiendo que su uso se extienda no solo a la transacción de la industria cripto, sino también a industrias como: energía, gas, industrial, farmacéutica, médica, entre otras.

Interpretación del elemento Contrato Inteligente (*Smart Contract*):

Son herramientas programadas dentro del *blockchain*, que activan automáticamente una transacción cuando se cumplen condiciones previamente establecidas, siendo un medio de seguridad para ejecutar acuerdos entre participantes. Por ejemplo, hacer un contrato de compraventa, donde se aclaran pautas y se hace cumplir, cuando se dan todas las condiciones pactadas.

Interpretación del elemento Consenso:

Cuando se habla de consenso, se refiere al algoritmo o protocolo que se establece usar dentro de una red *blockchain* para que se realice el registro con el estado a estar supuestamente correcto usado, por lo que algoritmo de consenso indica la verdad que todos los nodos deben seguir. Debido a que se debe tener un consenso sobre el orden por seguir de todas las transacciones y lo que debe ser usado por los usuarios. Por ejemplo, *Bitcoin* y *Ethereum* utilizan *Proof of Work* (PoW), este no es el único algoritmo de consenso, también existen los siguientes: *Proof of Authority* (PoA), *Proof of Stakes* (PoS) y *ProgPoW*.

De diferente manera, *Corda* y *Hyperledger Fabric* funcionan de manera autorizada y no hace uso de la minería basada en PoW u otro tipo de derivada de esta, teniendo un control de acceso más detallado, y solo las partes que participan entre sí tienen que llegar a un consenso entre ellas. Esto quiere decir que la comunidad *Bitcoin*, todos los usuarios que hacen intercambios de monedas tienen que estar bajo en mismo consenso, mientras, que las organizaciones que usan *Hyperledger Fabric* proceden a definir el consenso a usar entre ellas.

Asimismo, de ello se desprende una política de consenso, que indica la regla en cómo se sabe cuál bloque es el siguiente de unirse a la cadena y sobre el orden de las transacciones en cada bloque y, cuántas o cuáles organizaciones se requieren para avalar una transacción en el caso de *Hyperledger* y soluciones similares. Respecto a plataformas como *Ethereum*, se especifica el porcentaje de nodos que se necesitan para aprobar un bloque.

Interpretación del elemento de Criptografía

Es un elemento que cumple la función de proteger la información por medio de los recursos de algoritmos codificados, el *hash*, y también las firmas. La criptografía trae consigo permitir la confidencialidad, ya que es necesario que la información esté a disposición de solo los usuarios interesados. Asimismo, hay que asegurar que la información no sufra manipulación, la confirmación de la autenticidad y el no repudio.

Criptografía simétrica y asimétrica

Por un lado, el cifrado de tipo simétrico se basa en que todos los destinatarios que van a recibir el mensaje tengan el acceso a una llave compartida. Este cifrado recibe el nombre de llave privada, donde se usa una misma llave para cifrar y descifrar.

La desventaja que tienen es que para descifrar el mensaje la llave la debe saber tanto el emisor como el receptor, lo que lleva a preguntarse cómo transmitir la llave de forma segura para que solo la tenga el destinatario. (Gómez, 2018, p. 26)

Por otro lado, el cifrado asimétrico también recibe el nombre de llave pública. Para este caso, se hace uso de una doble clave, siendo una de tipo privada y la otra pública, mientras que una sirve para el cifrado, la otra realiza el descifrado, no importa el orden con que se usen, lo que importa es que se cumpla la propiedad, que a pesar de conocer la llave pública, no sea posible descifrar la privada.

A partir de la preocupación de las claves simétricas, se utiliza el término cifrado híbrido, por el hecho de que se hace el intercambio de claves por medio de la criptografía asimétrica, donde se usa la llave pública para codificar la llave privada.

Hash

La función *hash* sirve para evitar acciones fraudulentas y brindar autenticidad, se encarga de resumir la identidad de cierta información digital, siendo un número único que no se repite, donde cada *hash* posterior tiene vínculo con el anterior, generando la coherencia entre todos los bloques. El *hash* lo que hace es que, dentro del algoritmo *hashing*, toma el número bits que tenga un archivo,

realiza cálculos sobre este para asignarle un número único. Los datos denominados entrada son los originales y estos luego de transformarse al final reciben el nombre de *hash*. Existe la diferencia entre los algoritmos *hashing* debido solo a la manera en la que se procesa la información.

Hash de raíz de árbol de Merkle: todas las transacciones en el bloque se procesan individualmente mediante el uso de un algoritmo hash. A continuación, los valores hash se combinan por pares y se procesan de nuevo hasta que se obtiene un solo valor hash. Este valor se conoce como el valor hash de la raíz del árbol de Merkle. Hash de bloque: es el identificador único de un bloque en particular y se obtiene al codificar dos veces el encabezado del bloque. Hash del bloque anterior: Es el hash del bloque que precede al bloque actual en la cadena. El bloque anterior se conoce como el padre del bloque actual. El uso del valor hash de bloque anterior en un encabezado de bloque es para garantizar la inmutabilidad del libro mayor de blockchain. (Ismail y Materwala, 2019, p. 5)

Es importante identificar que el *hash* tiene una serie de fases, en que es proveniente de la raíz de árbol de Merkle, para luego asignar el *hash* del bloque, repitiendo el mismo proceso siempre en que se crea un nuevo bloque, incluyendo proceso del cálculo y cambio del *hash*, donde cada bloque tiene que ir considerando el *hash* del bloque anterior.

Interpretación del elemento Firma Digital

Es otra de las partes de la criptografía que conforma la cadena de suministros, siendo un tipo de llave pública, donde “cada bloque contiene un conjunto de transacciones representativas de transmisiones de valor, y cada transmisión consta de dos cosas, una firma digital sobre la transmisión anterior y una llave pública del nuevo propietario al que se pretende transferir el derecho/valor” (Gómez, 2018, p. 32).

El proceso del uso de la firma puede verse como un cifrado del archivo mediante la llave privada. Debido a ello, el representante que firma hace uso de la llave privada que tiene para hacer la firma. Esta cumple con la característica de ser única, puede adjuntarse y verificarse con la llave pública del representante que firma.

Interpretación del elemento Bloque

Es una unión de transacciones que contiene los datos o información que se desea transmitir, la unión de los bloques es lo que crea la cadena. Todos los bloques deben contener una información base: la versión del bloque y el *hash* del bloque anterior, el *hash* raíz del árbol de Merkle y la fecha de creación del bloque. El bloque consiste en dos partes, su encabezado y el bloque de datos. En el encabezado se mantienen todos los metadatos del bloque, y su otra parte contiene el conjunto de transacciones válidas.

El *hash* es un elemento que tienen todos los bloques, mientras que el *nonce* (número que se usa una sola vez), dependiendo el tipo de tecnología, no es parte del bloque, por ejemplo, *Hyperledger* no lo usa. El primer bloque del libro mayor recibe el nombre de Bloque Génesis.

Interpretación del elemento Nodo

Dependiendo del tipo de opción que se utilice a lo largo de las distintas soluciones *blockchain* el papel de este puede llegar a variar un poco. Los nodos son la parte del *hardware* que compone la red interconectada que participa en la gestión del *blockchain*. El nodo valida la transacción que contiene el bloque y hace que este se una a la cadena.

En el caso que se use una solución como *Hyperledger*, los nodos se ejecutan en *docker*, “es una herramienta que facilita la ejecución de aplicaciones en Linux” (Giraldo, Moreno y Rodríguez, 2021, p. 9). Las funciones de los nodos se dan de tres maneras: en forma de par confirmador permitiendo añadir el bloque al libro, un par avalador encargado de avalar la transacción y un nodo de tipo ordenador con la función de armar los bloques y establecer el orden. El nodo aval proviene de la política establecida sobre este, correspondiendo a la cantidad de cuántas o cuáles organizaciones se necesitan para avalar la transacción que se esté dando.

Interpretación del elemento Gobernanza

La gobernanza es el medio por el cual se decide cómo se van a llevar a cabo los protocolos dentro de la solución *blockchain*. En el caso de *Ethereum*, es llevada por los desarrolladores de esta, lo que involucra a sus operadores, desarrolladores, mineros y usuarios de aplicación. En el caso de

Hyperledger Fabric o R3 *Corda*, son operadas bajo la gobernanza de las organizaciones fundadoras.

Interpretación de resultados de la segunda variable: *blockchain* en la cadena de suministros y logística

Entrevista a especialista en *blockchain* dirigida a la aplicación en cadena de suministros y logística:

Interpretación de los beneficios del *blockchain* en la cadena de suministros. Ítem 1

Es importante analizar los beneficios que menciona el entrevistado, ya que son relevantes para el manejo de los complejos desafíos a los que se enfrentan las cadenas de suministros globales de hoy, donde el *blockchain* como tecnología de contabilidad distribuida viene a aportar su funcionamiento en este ámbito. De igual manera, se debe entender que, si se quiere hacer uso del *blockchain*, no es solo implementarlo en la empresa que lo desea, sino también en los demás participantes involucrados, debido a que, si se quieren recibir estos beneficios que indica el entrevistado, se debe hacer un trabajo y participación de toda la cadena.

Considerando los beneficios de transparencia, seguridad y confianza, son los pilares por los cuáles el *blockchain* se empieza a considerar para el uso de la cadena de suministros y la logística, de acuerdo con el propósito de involucrar a los participantes en un ecosistema de validación de confianza e identidad, para lograr fomentar la confianza necesaria entre todos los participantes de la cadena, siendo estos socios, compradores, vendedores, proveedores o competidores. Todo con el motivo de mejorar estos lazos de relaciones.

Al mismo tiempo, se puede usar aunque los motivos de confianza no sean tanto un problema, ya que los beneficios de eficiencia, trazabilidad, entre otros, son llevados de mejor manera por este medio, ya que se vuelve un medio de información, registro y transacciones entre los participantes, favoreciendo el intercambio existente de cualquier tipo de documentación, contratos, retraso y demás, entre partes de confianza y otras no tan confiables.

Es importante también comprender que estas soluciones en cadena de suministro se esperan que lleguen a una etapa de maduración en el año 2026, cuando se espera que el avance en esta área esté establecido.

Como lo indica un número creciente de proyectos piloto exitosos, la tecnología blockchain puede mejorar la gestión de las transacciones de la cadena de suministro al proporcionar visibilidad y confiabilidad de la información de la transacción entre las partes participantes. La certeza, la transparencia, las pruebas de manipulación y la confianza que proporciona blockchain pueden ayudar a que los datos transaccionales sean más fáciles de compartir y pueden proporcionar una plataforma para promover prácticas más responsables entre los participantes de la cadena de suministro a través de una mayor transparencia, lo que facilita la rendición de cuentas de las partes. (Leong, Viskin y Stewart, 2018, p. 3)

Muchos estudios justifican los beneficios procedentes de la tecnología *blockchain*, destacando la relevancia de integración de la cadena completa, este uno de los aspectos que actualmente las empresas saben que es clave para la gestión de la cadena de suministros. Para alcanzar el éxito en la economía digital, se debe manejar la integración de los factores trabajadores, negocio, tecnología y procesos, no solo dentro de la empresa, sino también entre empresas participantes, permitiendo la cooperación entre empresas y logrando así la colaboración con socios comerciales, clientes y proveedores.

Interpretación de los beneficios del *blockchain* en logística. Ítem 2

En relación con el ítem 1, el ítem 2 se enfoca en los beneficios de la logística, el entrevistado determina que los beneficios a los que se pueden acceder son prácticamente los mismos, ya que se debe recordar que la logística y la cadena de suministros trabajan en conjunto y que los posibles beneficios que existan en una o en otra, terminan beneficiando el trabajo de ambas. Se debe considerar el escenario o caso de aplicación, e igualmente, el respaldo de las acciones que se generan actualmente en un *software* logístico y llevarlo al *blockchain*.

Uno de los mayores atributos que se le da al *blockchain* en temas logísticos es la trazabilidad, determinándolo como el mayor beneficio que se le brinda a esta área. Si se hace énfasis en las actividades logísticas y debido a las características de esta tecnología, se puede hacer más sencilla

y segura la gestión documental para la identificación y validez de la carga, eliminando el papeleo, que causa retrasos. Mediante el uso del *blockchain* en logística, el intercambio de datos entre los actores logísticos se hace de manera confiable y permite decidir oportunamente, para llevar de manera más rápida el tránsito de los productos por los almacenes y puertos aduaneros.

Asimismo, los contratos inteligentes hacen que el cumplimiento y verificación en tiempo real ayuden a los trámites de exportación e importación, haciendo estos procesos más eficientes. Se marca una auditoría más sencilla de la información, de igual manera, la escalabilidad que se ofrece permite ser una solución eficiente para el manejo del aumento de la demanda y las entregas de manera rápida de los pedidos.

De acuerdo con el informe de Winnesota (2018), los costos administrativos y de procesamiento aumentan en el 2018 hasta un 20% los costos generales de transporte, por la dependencia de las transacciones en papel. Asimismo, se resalta un estudio realizado por las compañías Maersk e IBM del rastreo de un contenedor de flores desde Mombasa, Kenia, hasta Rotterdam, descubriendo que un simple envío de flores refrigeradas pasa por treinta entidades diferentes, requiere más de doscientas comunicaciones separadas, por lo que cualquier aprobación retrasada, formulario o documentación perdida de tránsito, puede hacer que el contenedor quede detenido en el puerto. Se recalca así que el uso del *blockchain* puede llegar a facilitar esta situación.

Como se menciona en el análisis del ítem pasado, para lograr todo este beneficio se necesita de un trabajo en conjunto de todos aquellos que conforman la red logística o de suministros, favoreciendo la cooperación entre distintos actores dispersos, donde es más sencillo el poder unirse a una red de *blockchain* ya creada.

(...) la aparición de desarrollos e iniciativas vinculadas a blockchain especialmente orientadas al sector logístico como son CargoX, Tradelens, CargoSmart, dexFreight, Cadena y otros, que buscan generar soluciones digitales para la gestión de la documentación de la carga, la trazabilidad de los certificados de origen de los productos, facilitar los intercambios financieros, aprovechar las ventajas del Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés), la automatización de contratos, entre otras múltiples

aplicaciones que están siendo desarrolladas y que verán la luz próximamente. (Díaz, Valdés y Pérez 2021, p. 8)

Las iniciativas anteriormente mencionadas, entre otras existentes en el ámbito logístico, pretenden que su funcionamiento llegue a ser totalmente eficiente y plataformas maduras para que muchas empresas puedan empezar hacer uso de estas, muchas ya están en marcha, aunque hacen falta más avances y desarrollo para completar el funcionamiento de las soluciones.

Herramienta 5 porqués:

Interpretación de la herramienta 5 porqués relacionada con los beneficios del *blockchain* dentro de la logística y cadena de suministros

En la Figura 30 se puede observar el uso de la estrategia de los cinco porqués, donde se realiza la pregunta: “¿Por qué?” y las respuestas de cada uno van generando un nuevo por qué. Se utiliza esta herramienta con el propósito de entender las razones por las cuales la tecnología *blockchain*, ayuda a beneficiar la cadena de suministros y logística. Como uno de estos resultados del análisis se obtiene que incluir el *blockchain* permite el beneficio de identificar de manera más certera el origen del producto, debido a las características que presta esta tecnología. De igual manera, incluir el *blockchain* para la optimización del comercio, asimismo, hacer uso de los contratos inteligentes y ejercer el uso del *blockchain* para acordar pagos o realizarlos de manera segura y eficiente.

Interpretación de resultados de la tercera variable: usos de las herramientas tecnológicas

Encuesta:

Interpretación de los principales usos en la logística y cadena de suministros.

De acuerdo con la buena puntuación que le dan las empresas encuestadas a la “Toma de decisiones más ágiles”, se dice que las herramientas de la Industria 4.0 permiten la toma de decisiones ágil, debido a la captación de información en tiempo real. Esto va a depender mucho de la capacidad de digitalización y tratamiento de la información que posee la empresa, además, las decisiones no

las toman estas herramientas por sí mismas, son un mecanismo para lograr una mejor toma de decisiones acompañada del conocimiento de profesionales en el tema, por ello, dependiendo de la experiencia propia de cada profesional, así califica el grado de la importancia sobre este uso.

“Eficiencia y productividad” es otro de los usos que se les asignan a las herramientas de la cuarta revolución industrial, calificada por los profesionales de las empresas censo, con importancia hacia la cadena de suministros y logística.

Implementadas con éxito, estas soluciones ofrecen retornos irresistibles. En una amplia gama de sectores, no es raro ver reducciones del 30 al 50 por ciento en el tiempo de inactividad de la máquina, aumentos del 10 al 30 por ciento en el rendimiento, mejoras del 15 al 30 por ciento en la productividad laboral y pronósticos 85 por ciento más precisos. (Gregolinska, Khanam, Lefort, y Parthasarathy, 2022, párr. 7)

Por ello, se le da importancia al uso de la productividad y eficiencia, ya que se hace uso de los recursos existentes, entendiendo que todas las acciones de fabricación, información y demás, colaboran al buen funcionamiento de la cadena de suministros y la parte logística, donde cada profesional percibe la importancia de este uso de acuerdo con su experiencia.

Debido a la tecnología que brinda la Industria 4.0 en la disminución de errores, se puede evitar causas de errores humanos comunes, por medio de la implementación de robots que verifiquen información, códigos, almacenamiento, entre otros. De ahí la tan buena calificación de uso en “Reducción de errores” que se le atribuye a la Industria 4.0 y el impacto en las áreas de logística y cadena de suministros.

La mayoría de los entrevistados consideran que la “Integración de procesos” tiene una importancia en la cadena de suministros y logística, tres de ellos consideran que no es un uso tan importante. Para lograr el ajuste estratégico, para el desempeño de la cadena de suministros se necesita integración de los procesos, es cierto que se necesitan estrategias coordinadas entre los departamentos, pero las herramientas de la cuarta revolución industrial ayudan a que suceda.

Las tecnologías actuales de la Industria 4.0 brindan usos de seguimiento de la cadena de suministros y de la logística, por medio de diapositivas o sensores inteligentes, además de la

captación de distintos datos que permiten dar trazabilidad a los procesos. Por eso los encuestados señalan una alta calificación en los usos de “Seguimiento de los procesos logísticos” y “Seguimiento de los procesos de cadena de suministros”.

La cooperación entre los agentes de la cadena de suministro y una mejor visibilidad y trazabilidad de toda la cadena logística posibilita una gestión en tiempo real de los flujos de carga, un mejor uso de las infraestructuras, así como los recursos humanos y tecnológicos disponibles. Así también la posibilidad de disponer de grandes volúmenes de información en tiempo real, favorecer el proceso de toma de decisiones basado en evidencia, incrementando con ello la eficiencia operacional, mejoras en los costos asociados y servicios y la productividad de la economía. (Barleta, Pérez y Sánchez, 2019, p. 3)

Esta cita indica el impacto de la gestión en la cadena de suministros y logística debidos a la Industria 4.0. Por ello, se puede respaldar los datos obtenidos de la encuesta respecto a las respuestas de los dos usos mencionados con anterioridad. Se puede decir que prioriza o se ve casi de la misma manera la calificación de estos dos usos por parte de los profesionales.

Se encuentra que al uso de “Automatización”, los encuestados le dan un grado de importancia, pero no tanto respecto a los demás usos.

La automatización afecta a todos los sectores de una cadena. Comienza con el suministro de las líneas de producción mediante el uso de robots para alimentar las máquinas con piezas, continúa controlando las máquinas de procesamiento y cambiando su ritmo de acuerdo con los pedidos y finaliza con el empaque. (Synox, s.f., párr. 3)

Para finalizar el análisis de los datos de las respuestas dadas a la valorización de los principales usos de las herramientas de la Industria 4.0 en la logística y cadena de suministros, se puede entender que la mayoría de los profesionales encuestados, concuerdan en que influyen importantemente en el manejo de estas áreas, teniendo, diferentes criterios por motivos de experiencia o cómo cada uno evalúa que verdaderamente estos usos impactan a estas.

Interpretación de conocimiento actual de la utilización de herramientas tecnológicas

El dato encontrado por medio de la encuesta permite detallar la preocupación de estas compañías por la innovación y la digitalización de sus actividades, donde destinan inversión, tiempo y capacitación para adaptar la aplicación de tecnologías que beneficien, demostrando interés por estar actualizados en las nuevas tendencias tecnológicas que se estén incorporando en la industria. Se encuentra que todas hacen uso de herramientas tecnológicas para ayudar a la gestión de sus cadenas de suministro y logística.

La digitalización y la innovación tecnológica están transformando profundamente la logística del nuevo siglo. Los cambios acontecidos en los sistemas de producción y distribución de mercadería, demandan una estrecha sincronización de actores y procesos logísticos en tiempo real. Por ello el sistema logístico del futuro apunta a la interconectividad de la información, la optimización del tiempo y los recursos, con una fuerte inversión y desarrollo en innovación para mantener su competitividad. La gestión e intercambio de datos entre los participantes de la cadena logística, está siendo una fuente importante de innovación y de acercar las necesidades de los clientes al diseño de los servicios de valor agregado (Pérez y Sánchez, 2019, p. 9).

Se tiene claro que no solo la logística se ve beneficiada por estos cambios, sino toda la cadena de suministros. Es importante que la innovación digital y de tecnologías sea global, ya que todos los participantes que componen una cadena de suministros o logística deben compartir las mismas capacidades, para brindar una mejor interconectividad, mejorando la utilización de recursos de las áreas y optimización de las actividades. Asimismo, entender que es un cambio de actualización que no se puede frenar y se debe estar al tanto de las nuevas tecnologías por implementar.

De igual manera, existen motivos por los cuales las empresas, no pueden o no tienen la capacidad para implementarlas; estos motivos se generan por temas de inversión, tamaño de la empresa, poco respaldo de los gobiernos, entre otra serie de factores.

La revolución industrial 4.0 y el advenimiento de una logística 4.0

Este documento, realizado para la Comisión Económica para América Latina y el Caribe bajo el nombre de Boletín FAL 375 número 7 para el año 2019, expone las oportunidades y los desafíos que tienen América Latina y el Caribe, de acuerdo con el surgimiento de la logística 4.0, por medio de la incorporación de ciertas tecnologías disruptivas, provenientes de la llamada Revolución Industrial 4.0.

Realizando un análisis de uno de los primeros puntos que tratan, está el surgimiento de la logística 4.0, tema explicado en el marco teórico. Básicamente, la aplicación de la tecnología se tiene que ver como un hilo conector que alimenta a la cadena de suministros y a su logística, la cual es cada vez más competitiva, extensa y competitiva; por ello, la aplicación conjunta de la tecnología permite seguridad, eficiencia y brinda valor agregado a los servicios, dándose el posicionamiento como diferenciador competitivo.

Actualmente, en medio de la llamada cuarta revolución industrial, el modelo de negocios asociado al comercio exterior da un nuevo giro, poniendo el énfasis en la calidad de los servicios, donde la gestión de información es un continuo y donde las fronteras tanto entre actores como entre países son cada vez más difusas, permitiendo una gestión en tiempo real de las cadenas de suministro. (Barleta, Pérez y Sánchez, 2019, p. 3)

Tecnologías como la Inteligencia Artificial, *Blockchain*, *Big Data* e Internet de las cosas, cuando se unen entre sí, crean cambios significativos al sector empresarial. Traen con ellas, la capacidad de optimizar recursos, tiempo, trazabilidad de la cadena, integridad de los datos y de igual manera se generan nuevos servicios y modelos de negocio. Surgen los modelos de negocios digitalizados, donde converge lo que sucede en el mundo digital y el mundo físico, la unión de las funciones de ambos y la coordinación que se realiza permite un funcionamiento aún mucho más actualizado a las situaciones que se están dando, permitiendo una mejor toma de decisiones por medio de información que se percibe en tiempo real.

En la Figura 33 se puede analizar que la información proveniente del mundo digital y la posibilidad de servicio funciona para la planificación estratégica, además de la trazabilidad de toda la cadena,

permitiendo una gestión en tiempo real de los flujos de carga, asimismo, de la información y generando valor para el consumidor.

Dentro del boletín existe otra sección importante de analizar en este segmento: las bases tecnológicas que cimentan la logística 4.0. Son tecnologías con capacidades disruptivas que afectan la nueva gestión de la logística, y, asimismo, la cadena de suministros, pues aunque su enfoque sea la logística, estos cambios también la afectan. Se indican los cambios positivos que traen -anteriormente mencionados- de igual manera, indicando desafíos, vinculados al conocimiento, capacitación constante y la innovación como fuente de la competitividad.

Por medio de esta sección, los autores empiezan a detallar las herramientas tecnológicas más influyentes e impactantes para la gestión de la logística. Se menciona en primera instancia la automatización y la robótica, esta tecnología permite realizar procesos de carácter repetitivo y de manera automática. “En el ámbito logístico, la automatización y la robotización están presentes particularmente en los puertos donde han aumentado fuertemente el rendimiento con una alta eficiencia y productividad” (Barleta, Pérez y Sánchez, 2019, p. 6).

Como segundo instrumento indican el *blockchain*, tecnología de cadena de bloques, que mediante encriptación y otros elementos permite canales para el intercambio de información contratos (*Smart contracts*), almacenaje de información y transacciones en tiempo real, apoyando la gestión de la cadena logística y de suministros. Como tercera, se evalúa el Internet de las cosas, apoyando la toma de decisiones de manera actualizada de la cadena.

La internet de las cosas (IoT) en América Latina, se estima que tenga una tasa de crecimiento anual de 27% entre el 2014 y 2024, pasando de 14,6 millones de dispositivos conectados a cerca de 160 millones a nivel regional al término del periodo, de acuerdo con estimaciones de Machina Research. (Barleta, Pérez y Sánchez, 2019, p. 9)

La cuarta tecnología expuesta es el Internet industrial de las cosas, lo cual consiste en aplicar la IoT en la industria, para generar trazabilidad y toma de decisiones. El *Big Data* es expuesto como la quinta herramienta, permitiendo captar un gran volumen de información proveniente de las actividades que se desarrollan, asimismo, se habla del *Cloud*, servidores externos para el almacenaje de información. Se habla de la Impresión 3D, “la inversión privada en esta tecnología

está enfocada en los Estados Unidos, con un 39% del mercado mundial, seguido por Asia y el Pacífico con 29% y Europa con 28%” (Barleta, Pérez y Sánchez, 2019, p. 8), siendo una de las tecnologías que aún no se encuentra en un auge tan fuerte como las demás, pero esta permite crear objetos bajo suposición, ayudando a la parte de suministros y creación de productos de manera más sencilla.

Enmarcar las aportaciones de la Inteligencia Artificial, por sus capacidades de autoaprendizaje, “(...) permite ajustar de manera flexible y en corto plazo el volumen de inventario y optimizar la distribución de los productos con el fin de reducir los costos y tiempos de despachos” (Barleta, Pérez y Sánchez, 2019, p. 8), siendo estos aportes de su funcionamiento en la logística.

Para finalizar, terminan mencionando la Realidad aumentada, “es una aplicación que mediante el uso de dispositivos visuales permite combinar la realidad existente en un entorno logística con información en 3D y datos informáticos relevantes que se despliegan sobre la misma visualización con el fin de mejorar la toma de decisiones” (Barleta, Pérez y Sánchez, 2019, p. 8), cuyo principal uso es actualmente en la gestión de los almacenes, en la ayuda de empaquetados, calidad, entre otros, que al ser respaldados por esta tecnología, realiza un ahorros de costos, tiempo y fallas.

El análisis de este documento permite respaldar el análisis, y la respuesta dada por los encuestados, ya que se demuestra el estado de la importancia el avance del manejo de la cadena logística, asimismo, el impacto que se da a las redes de suministro mediante estas tecnologías, y el por qué las empresas deciden invertir en su implementación, así como aportar datos relacionados con la actual utilización de herramientas tecnológicas dentro de la cadena de suministros y logística.

Interpretación de la identificación de las herramientas tecnológicas utilizadas

De acuerdo con el análisis de los resultados, *Data Analytics* se toma como la herramienta más utilizada por las empresas población en la logística y cadena de suministros. “La encuesta de Deloitte indica que el 47 % de las empresas esperan un ROI del 11 al 20 % para las inversiones en análisis de la cadena de suministro” (Zavgorodniy, 2020, párr. 1). Esto debido a que la cadena de suministro y logística genera una amplia cantidad de datos, y al darse el análisis de estos, toma sentido en el descubrimiento de patrones e información del funcionamiento, logrando reducción

de costos, mejora de márgenes, comprensión de riesgos, precisión de planificación, para así generar un ajuste y previsiones futuras.

Se identifica al *Cloud* como la segunda herramienta con mayor importancia, asimismo, calificándose una unión de uso entre *Cloud* y *Data Analytics* por parte de las empresas encuestadas, situación que se justifica debido a que la solución de la nube permite acceder a información de distintos actores o participantes, asimismo, ser un canal de almacenamiento y captación de datos, para luego proceder a ser analizados.

En la Nube se pueden realizar diversos procesos de la cadena de suministros, optimizando las tareas que la conforman. Para tener un mejor panorama, cabe mencionar que alrededor del 75 % de las organizaciones realizan tres o más procesos en la Nube. (MasContainer, 2022, párr. 4)

Entendiendo el dato y lo recolectado por los entrevistados, se puede comprender que el *Cloud* es una tecnología importante dentro este segmento de empresas seleccionadas.

La implementación del *Big Data* en las empresas es una pieza clave de la digitalización, ya que ayuda en la planificación, aprovisionamiento, procesos logísticos, entre otros aportes brindados por esta tecnología.

IBM afirma que solo el 20% de los datos de la cadena de suministro están estructurados y se analizan fácilmente. La IA puede ayudar a lidiar con el 80% restante mediante el análisis, el procesamiento y la creación de patrones a partir de datos de la cadena de suministro estructurados y no estructurados para proporcionar resúmenes en tiempo real. De esta manera, las empresas podrán aprovechar toda la información que poseen, administrar su cadena de suministro, utilizar métricas reales y hacer predicciones más precisas. (Zavgorodniy, 2020, párr. 9)

Ciertamente, las empresas a veces carecen de capacidad para gestionar y procesar la cantidad tan grande de datos, por esta razón, se llega a apoyar en otras herramientas como la Inteligencia Artificial (IA), señalando así el nivel de importancia que dieron los profesionales a esta herramienta.

De acuerdo con la Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo (CINDE), el Internet de las cosas recibe el cuarto lugar de las megatendencias más relevantes para las empresas del sector de las ciencias de la vida en Costa Rica, asimismo, se espera que esta tecnología tenga un impacto económico desde los \$ 4000 millones y \$11 000 millones de dólares para el año 2025. Se identifica por medio del estudio actual que las empresas optan por integrar elementos de Inteligencia de las cosas para ayudar en la gestión de su cadena de suministros y logística.

En este caso, se puede analizar y valorar nuevamente que dependiendo de la situación de la empresa y su manejo respecto a las tecnologías, estas presentan diferencias en la importancia que una u otra herramienta tiene o, si está presente o no. Es cierto que compañías hacen uso de instrumentos tecnológicos como: códigos de barras, sensores ambientales, identificación por radio frecuencia, GPS, entre otros, permitiendo la trazabilidad de la cadena de suministros y logística, pero de la mano con Internet de las cosas se potencia la visualización y trazabilidad completa de la cadena.

Los drones son parte de la robótica que se le atribuye a la cuarta revolución industrial, básicamente, ayudan a hacer procesos más eficientes, a estos se les atribuye la funcionalidad de transporte de última milla. A pesar de esto, las empresas encuestadas en su mayoría indican un nivel bajo respecto al uso de drones dentro de su logística y cadena de suministros, además, estos drones dependen mucho del clima para realizar su vuelo.

Cuadro de relación entre el *blockchain* y las herramientas de la Industria 4.0

Interpretación del cuadro de relación entre el *blockchain* y las herramientas de la Industria 4.0

Las tecnologías presentadas en la etapa de la cuarta revolución industrial pretenden alcanzar la digitalización de los distintos procesos, y cuando estas se entrelazan, generan una serie de cambios disruptivos, con el fin de generar un mayor incremento de beneficios al implementar sus formas de uso. En la Figura 35 se presenta un resumen existente entre el *blockchain* y las herramientas de la Industria 4.0, siendo el *blockchain* parte de esta familia, y mostrando ventajas en la fusión de uso con estas.

Analizando la relación entre el *blockchain* y *Big Data*, la primera herramienta permite gestionar con eficiencia un gran volumen de datos, mientras que la segunda se encarga de analizarlos. Al utilizar el *blockchain* como canal de captación de los datos se consigue trazabilidad y transparencia de la gestión de los datos, mejorando la calidad de estos y previniendo su fraude.

El vincular el uso del *blockchain* de la mano con el Internet de las Cosas, donde la tecnología de registro distribuido puede usarse para recolectar la información del funcionamiento de los dispositivos IoT, permite la sistematización de procesos y hasta de revisiones como las auditorías, teniendo esta unión, funciones en diferentes áreas, como la cadena de suministros o logística.

El tratar de simplificar los procesos de gestión y almacenamiento de datos es hacer énfasis en la relación existente entre *blockchain* y *Data Analytics*. Debido a que el *blockchain* funciona como medio para procesar y almacenar datos en tiempo real, permite lidiar con el problema de la verificación de información, cantidad de contenido o datos sucios, donde se dificulta obtener datos bajo información fidedigna.

La tecnología *blockchain* se puede utilizar junto a la Inteligencia Artificial. De acuerdo con la información anteriormente presentada, se sabe que la cadena de bloques necesita de algoritmos, la IA puede ofrecer dentro de esta, un algoritmo basado en el aprendizaje automático, para ejecutar de manera más eficiente e inteligente los algoritmos de protocolo dentro de *blockchain*, dándole una capacidad de procesamiento inteligente.

Asimismo, el unir estos dos elementos permite aumentar la seguridad de los datos, debido a que la cadena de bloques realiza un registro de las actividades realizadas en ella, se pueden hacer auditorías que respalden las conclusiones de las decisiones dadas por la IA.

El *Cloud* permite potenciar la forma de uso *blockchain* y es un medio por el cual se están brindando soluciones *blockchain*, empresas como Amazon e IBM son proveedores de lo denominado *blockchain as a service*. De igual manera, los drones tienen su propia vinculación con *blockchain*, ya que este sirve como canal receptor de la información proveniente en tiempo real de estos instrumentos voladores, como su mayor función se le atribuye ser medios de transporte de última milla.

Interpretación de la cuarta variable: elementos de la cadena de suministro y logística

Encuesta

Interpretación de los elementos por nivel de dificultad de gestión

Por medio de la recolección y análisis de datos se identificó que las empresas señalan tener dificultades o que están pendientes de considerar los riesgos existentes dentro de la cadena de suministros y logística, en los siguientes ocho elementos: trazabilidad, intermediarios, identificación de falsificados, comunicación entre los actores, seguridad, cumplimiento, eficiencia (costos, transacciones, gestión y papeleo) e información y datos.

En relación con los datos, se puede inferir que siempre en la cadena de suministros y logística existen complicaciones de distintos factores, que nunca son imposibles de mejorar o llevar a cabo, y que se pueden conducir a un punto en que se controlen y se lleven a cabo de manera satisfactoria. El hecho de poder manejar un buen control sobre estos genera competitividad, y un factor muy importante para lograrlo es la tecnología.

Interpretación del conocimiento sobre el *blockchain* dentro de la logística y cadena de suministros

Respecto a los porcentajes obtenidos sobre el conocimiento del *blockchain* por parte de los encuestados, queda claro que es una terminología bastante nueva en relación con el uso de esta tecnología en la cadena de suministros y logística, o solo la tecnología en sí es desconocida por los participantes de la encuesta.

Se puede intuir que la persona que indica tener un conocimiento muy alto sobre el tema es porque actualmente está trabajando con esta tecnología. Igualmente, los que indican tener un conocimiento neutral pueden pertenecer a una empresa que actualmente lo esté implementado, y que tienen cierta cercanía a la tecnología.

Interpretación Filtro. Aplicación del *blockchain* en las empresas

Por medio de la pregunta filtro realizada dentro de la encuesta, se pudo determinar uno de los datos con mayor peso del estudio, el cual es el hecho de que tres empresas actuales de la población seleccionada están haciendo uso del *blockchain* y una de ellas se encuentra en proceso de implementación.

De acuerdo con un estudio realizado por la empresa Gartner (2017), se identifica un posible pronóstico del valor comercial del *blockchain* en todo el mundo, dividiendo el avance en tres fases. La primera fase va del año 2018 al 2021, con un desarrollo extraordinario, donde siguen pocos éxitos de alto perfil, situación que sucede según el estudio, estableciéndose proyectos importantes para el mundo *blockchain*. Ahora bien, la segunda fase va del año 2022 al 2026, haciéndose énfasis en una inversión enfocada fuerte y la aparición de más modelos exitosos, y finalizando con la tercera fase, que va desde el año 2027 hasta el año 2030, obteniéndose un gran valor agregado a nivel global.

Actualmente, se vive la segunda fase planteada por el estudio, y de acuerdo con la consulta realizada se puede ver que cuatro de trece empresas están destinando inversión sobre esta tecnología, asimismo, este tipo de inversiones hacen crecer nuevos proyectos o soluciones *blockchain*, lo que las hace mejorar. Esto permite que al llegar la tercera fase, se llegue a un nivel de maduración y valor agregado para las empresas que deciden invertir. “El valor comercial agregado de blockchain crecerá a un poco más de \$ 176 mil millones para 2025, y luego superará los \$ 3,1 billones para 2030” (Gartner, 2017, párr. 1).

Para finalizar con el análisis, si se toma en cuenta la información de la Figura 37 se puede observar que existen cinco profesionales que indican tener un conocimiento neutral sobre el *blockchain* en la cadena de suministros y logística, y, asimismo, un profesional que indica tener un alto conocimiento; si se asocian estas respuestas, se puede considerar que el que indica tener un alto conocimiento y los tres de los que indican tener un conocimiento neutral pertenecen a las cuatro empresas que están aplicando o se encuentran en proceso de incorporar *blockchain*.

Interpretación de los beneficios del *blockchain* hacia la logística y cadena de suministros de la empresa

En los datos expuestos en la Tabla 5, se puede identificar las respuestas dadas por los participantes de las cuatro empresas que actualmente mencionan que usan o están implementando *blockchain*, estableciendo cuál es el beneficio que quieren obtener de esta tecnología dentro de sus cadenas de suministro y logística.

De acuerdo con la información generada del Sujeto 1, indica que utilizan el *blockchain* para lograr un uso más eficiente de los recursos de la cadena de suministros, con la implementación del *blockchain*, la empresa se puede ahorrar dinero por tener certeza del movimiento de los productos y por medio de la operacionalización ágil, asimismo, al digitalizar se disminuyen procesos manuales de verificación, se consolidan datos entre los actores, evitando reprocesos.

De igual forma, el manejo de papeleo se puede llevar de manera digital, evitando atrasos de papeles, pérdidas de estos, coordinación de transportes, lo que permite a la empresa ahorrarse dinero y eficientizar sus recursos.

El Sujeto 2 indica que la empresa se encuentra en procesos de implementación, lo que significa que encuentra un potencial beneficioso en el *blockchain* para su cadena de suministros y logística. Uno de los beneficios que puede recibir esta empresa es la automatización del proceso de compra y las operaciones optimizadas.

Este primer beneficio se logra por medio de los contratos inteligentes que ejecutan términos y acuerdos sin la necesidad de interferencia de un ser humano, ya que el *blockchain* es escalable y distribuido, puede llegar a agilizar y respaldar la comunicación y asociación global, ejecutando autorización de pagos o autorizaciones de envío. Asimismo, como el *blockchain* almacena información, la cual está disponible en tiempo real para las partes interesadas, la cadena se actualiza con entradas humanas o dispositivos que indiquen datos de temperatura de la carga, la ubicación de esta, entre otra información más, donde los participantes encuentran la información en un solo lugar, y de manera ordenada, sustituyendo el traspaso de documentos, información y comunicación entre cada uno de los participantes.

El Sujeto 3 indica que la utilización del *blockchain* se realiza por el hecho de la descentralización de terceros y automatización para transferencia de datos de forma libre y segura. A través de la plataforma *blockchain* se puede lograr confianza y la visualización de los datos, que estos no sean manipulados o alterados de manera inapropiada, asegurando la recolección de datos de múltiples participantes. Se logra agilizar los procesos de información sin intermediarios, la comunicación directa entre las partes y la visibilidad de las transacciones que se ejecutan, simplificando plazos de entrega más cortos, menores demoras, entre otras ventajas.

Según menciona el Sujeto 4, los beneficios que obtienen del *blockchain* son la trazabilidad y la agilización. Por medio de la tecnología *blockchain*, la empresa puede darle trazabilidad a sus productos de una manera completa en cualquier punto de la cadena; asimismo, se puede conectar o relacionar con otras tecnologías para tener mayor potencialidad de funcionamiento, por ejemplo, si algún producto o materia prima necesita un temperatura determinada, se puede monitorizar con un sensor inteligente (integrando la inteligencia de las cosas) y que este mande resultados y actualizaciones por medio de la cadena de bloques. Además, se agilizan muchos procesos, por actualizaciones y ejecución de contratos de manera preestablecida.

Se entiende así que cada una de estas cuatro empresas recibe aportaciones diferentes del *blockchain*, que al final les permite mejorar la ejecución de sus cadenas de suministro y logística, donde de cada punto se desplaza una larga lista de beneficios respecto a manejo de recursos, planeación, comunicación entre agentes, eliminación de terceros, disminución de costos, mejora de la documentación, entre otros.

Interpretación de la identificación del tipo de *blockchain* utilizado

Mediante la Figura 39 se resalta un dato relevante, el cual es el porcentaje que identifica al profesional que sabe indicar qué tipo de *blockchain* está utilizando actualmente la empresa, resaltando que una de las empresas hace uso de *blockchain* como servicio. *Blockchain* de servicio es dado por empresas como Amazon o IBM, que básicamente prestan servicios de *blockchain*, a empresas que quieran acceder a esta solución tecnológica. Una vez entregada la red a los clientes, pasa a una potestad absoluta de estas partes, y las empresas que dan este servicio no acceden a la información, ni a tener control sobre el *blockchain*.

Interpretación del captar conocimiento de las dificultades de la aplicación del *blockchain*

Entendiendo la respuesta generada por el Sujeto 1, donde indica que una de las dificultades es la adaptabilidad a la naturaleza del negocio, esto significa que una solución *blockchain* se debe adaptar a una empresa, siguiendo sus objetivos, misión, estrategia de la empresa y que al llevar el desarrollo de esta herramienta aporte a las bases de cómo es llevado el negocio.

El Sujeto 2 indica falta de información al respecto, esta situación se da debido a la nueva tendencia de estudio que tiene esta tecnología, donde la información no contiene mucho detalle de ciertas dudas que pueden surgir en el proceso de implementación, asimismo; mucha información va dirigida hacia el diseño de las plataformas de criptoactivos. Pero también el nivel de conocimiento en sistemas o tecnología puede llegar a limitar el entendimiento del funcionamiento más allá de lo teórico. Actualmente, se están dando especialidades en *blockchain* en algunas de las universidades del país.

El Sujeto 3 indica dificultades en la capacitación, desarrollo y comunicación, al igual que cualquier otro nuevo proceso o herramienta, el *blockchain* requiere que las personas que la utilicen reciban el conocimiento necesario sobre ella, asimismo, su desarrollo es un poco complicado, y empezarlo por los medios propios lo es aún más, por ello, es necesario el buscar empresas que manejen el tema y den soporte y ayuden en el desarrollo, introducción y soporte. La comunicación, para incluir otros agentes, es un factor muy importante, ya que si estos no hacen uso se les tiene que introducir esta nueva tecnología.

Ahora bien, el Sujeto 4 resalta que la implementación lleva mucha prueba y error, dudas durante el proceso de aprendizaje y el establecer una cultura de utilización de este. Estas circunstancias, pueden ser llevadas de la mano con la asesoría de empresas que se encarguen de generar servicios *blockchain*, durante el proceso de acoplar *blockchain* a lo que requiere la empresa, se genera una prueba y error, hasta lograr lo que se requiere. De igual manera, se da una serie de dudas en el proceso de aprendizaje debido a que las personas que hagan uso de esta tecnología no cuentan con experiencia en el tema, por eso, es importante que se apoyen en asesoría de expertos, y claramente de cada cambio generado se tiene que adaptar una nueva cultura de entendimiento y uso.

Entrevista a especialista en *blockchain* dirigido a la aplicación en cadena de suministro y logística

Interpretación de los usos que las empresas seleccionadas le podrían dar al *blockchain*. Ítem 3

Se identifica que el *blockchain* es parte de las herramientas que las empresas población están implementando para ayudar a la gestión y digitalización de la cadena de suministros y logística. Para reforzar los datos recolectados de los profesionales, se le realiza la consulta a un experto del tema, para que indique los usos que los fabricantes de equipo original de la industria médica le pueden dar al *blockchain*.

Cuando una empresa desarrolla y ajusta el *blockchain* a sus necesidades y las del negocio, uno de los usos que indica el entrevistado es la trazabilidad, al ir actualizando la información a lo largo de la cadena sobre el estado del producto o cambios realizados, ofreciendo información detallada y completa del lugar o estado en el que se encuentra el producto en cada momento. La certificación de origen es otro de los usos, donde a lo largo de la cadena puede existir una serie de participantes y entidades gubernamentales, que aseguren la procedencia de los productos, que estos certificados se mantengan digitalizados para evitar su pérdida o falsificación, debido a que todos los miembros tienen que autorizar la transacción que se adjunta a la cadena de bloques.

De igual manera, el experto menciona la automatización de los procesos que conforman la cadena de suministros, como lo son la producción, el empaquetado y las ventas. Esto se da debido a que el *blockchain* y el uso de los contratos inteligentes de este eliminan la necesidad de un tercero para hacer cumplir un contrato de compra y venta, que verifique las transacciones o la comprobación de antecedentes. Asimismo, permite la automatización de operativa, por medio del registro que se realiza en la cadena de bloques, que permite captar mejor información, favoreciendo al manejo de los procesos internos de la empresa.

Construcción de una cadena de suministro transparente: Blockchain puede mejorar la confianza, la eficiencia y la velocidad

En este artículo, realizado por Gaur y Gaiha en el año 2020, para *Harvard Business Review*, los autores exponen la diferencia del flujo que existe entre una cadena sin *blockchain* y una con este, además se brinda de manera más ejemplificada la respuesta que da el experto entrevistado, respecto a los posibles usos que las empresas seleccionadas le pueden dar a la cadena de bloques. “Para las cadenas de suministro, es permitir un número limitado de partes para proteger sus operaciones comerciales contra actores malintencionados al mismo tiempo que respaldan un mejor rendimiento” (Gaur y Gaiha, 2020, párr. 3). Esta es la significancia que le dan los autores al *blockchain* dentro de la cadena de suministro.

Los autores toman como objeto de ejemplificación, un escenario creado por ellos mismos, que muestra una transacción común que sucede en las cadenas de suministros, involucrando un minorista que adquiere producto de un proveedor, y una entidad bancaria que aporta el capital de trabajo que el proveedor necesita. Haciendo énfasis en las limitaciones de los libros contables y sistemas ERP, respecto al potencial que provee el *blockchain*. La transición que presenta el ejemplo consta de tres flujos: flujos de información, flujos de inventario y flujos financieros.

El sistema *blockchain* elimina los puntos ciegos que tienen los participantes en la cadena de suministros. Los sistemas de planificación de recurso empresarial (ERP) que se implementan actualmente no permiten una integración de las partes o entidades que conforman una transacción, donde no se pueden ver todos los flujos importantes que se dan de manera confiable, dificultando la eliminación de errores de ejecución, la toma de decisiones y la resolución de conflictos dentro de la cadena de suministro.

Los sistemas de planificación de recurso empresarial son capaces de captar todos los flujos, pero puede dificultarse evaluar qué entradas de diario corresponden a qué transacción de inventario, situación que llega a ser cierta para las empresas que realizan miles de transacciones cada día a través de una gran red de productos y socios de la cadena de suministro. Igualmente, es posible que los envíos, pedidos, y los pagos no se lleguen a sincronizar, debido a que un solo pedido se pueda dividir en varios envíos, y, asimismo, sus facturas o cambios en el pedido. Un enfoque que

ayuda a mejorar la gestión de la cadena de suministros es verificar las transacciones a través de la auditoría, cuestión que se complica por no tener un registro completo perteneciente a cada transacción, observando las acciones propias realizadas y los involucrados, de igual manera, una trazabilidad completa de esta.

Cuando se utiliza el mantenimiento de registros de blockchain, los activos como unidades de inventario, pedidos, préstamos y conocimientos de embarque reciben identificadores únicos, que sirven como tokens digitales (similares a bitcoins). Además, los participantes en la cadena de bloques reciben identificadores únicos, o firmas digitales, que utilizan para firmar los bloques que agregan a la cadena de bloques. Luego, cada paso de la transacción se registra en la cadena de bloques como una transferencia del token correspondiente de un participante a otro. (Gaur y Gaiha, 2020, párr.10)

Según lo que indican los autores, permite entender cómo es el funcionamiento de la cadena de suministros, indica el entrevistado que la industria seleccionada puede llegar a usar *blockchain* dentro de su logística y cadena de suministro. Dentro de esta tecnología en cadena cada participante tiene una copia individual propia de la cadena de bloques, permitiéndole a cada parte la revisión del estado de una transacción, pudiendo identificar errores y responsabilizar a las demás partes por sus acciones, conservando la característica de la inmutabilidad.

Se presenta la Figura 40, que permite observar la descripción del flujo del ejemplo que indican los autores, comparando la cadena de suministro actual con cómo se ve si se utiliza el *blockchain* en su gestión. En el lado izquierdo, que corresponde al mantenimiento de registros convencionales, se puede determinar participantes ciegos debido a que no se tiene un medio para incorporar a los participantes y que todos se mantengan actualizados de lo que sucede o el estado de la transacción. En cambio, en el lado derecho, que contiene la implementación del *blockchain*, se observa la construcción de la cadena mediante la integración de *blockchain* con distintas transacciones, y la aparición de participación de las partes necesarias que necesitan el manejo de la información correspondiente, encontrando un registro completo para los integrantes de la cadena de suministros.

Se realizan los siguientes seis pasos, que son también los que indica la Figura 40:

1. El minorista realiza el pedido con el proveedor. El proveedor notifica el recibo del pedido.
2. El proveedor solicita un préstamo del banco. El banco proporciona financiamiento al proveedor.
3. El proveedor factura y envía la mercancía al minorista.
4. El minorista paga al proveedor por la mercancía.
5. El proveedor paga al banco. El banco cierra registro de préstamo.
6. El minorista devuelve la mercancía no vendida o dañada al proveedor y la factura. El proveedor paga la factura.

En cada uno de los pasos de la transacción los involucrados pueden gestionar mejor la toma de decisiones, por la presentación de los distintos flujos por considerar y la accesibilidad a la auditoría, verificación, cronología y seguridad; evitando errores, procesos largos de revisión y mayor automatización. }

Los contratos inteligentes son un elemento importante, debido a que se programan para cumplir con un estado acordado, y cuando este se cumple, pueden liberar un pago, registrar entradas en el libro mayor y marcar condiciones que necesitan intervención manual, pero gracias a su función se evita esta intervención. Todos estos usos son factores mencionados por el experto entrevistado y que se pueden ajustar o ser usados de esa misma manera por las empresas población seleccionadas.

Blockchain: cómo desarrollar confianza en entornos complejos para generar valor de impacto social

Se procede a realizar un análisis sobre este documento, debido a que se viene mencionando durante el estudio que el *blockchain* necesita de elementos importantes para que la cadena funcione, y pues se necesita de tres elementos para que el *blockchain* a nivel de cadena de suministros y logística funcione, así mismo, los autores ejemplifican otro uso de la cadena de bloques.

Los autores Allende y Colina (2018) establecen que luego de contemplar la razón por la cual se quiere implementar el *blockchain*, la gobernanza, las reglas de transacción, la identificación de los participantes y demás, se puede poner la herramienta en uso. Para ello, se debe identificar los tres grupos de elementos que van a estar involucrado en la solución, los cuales son: participantes, activos y transacciones.

Los participantes son todas aquellas empresas, proveedores, clientes, entidades, instituciones, entre otras, que vayan a ser partícipes de la cadena de bloques. De acuerdo con Allende y Colina (2018), se debe pensar cuál es el papel y los permisos con que cuenta cada integrante:

(...) cuáles son los permisos que tiene sobre la red -es decir, si va a interactuar con ella a través de un sitio web, si va a mantener una copia de toda la cadena, si va a poder ver solo las transacciones en las que participe o va a tener acceso a más información, etc.- y cuáles van a ser las transacciones que va a poder realizar. (p.36)

Seguidamente siguen los activos, a lo que se refiere este elemento es saber qué se intercambia dentro de la cadena de bloques. Allende y Colina (2018) destacan lo siguiente del elemento activo:

(...) cuando los participantes hacen una transacción, ciertamente están transfiriendo algo. Ese algo es el activo, y puede ser desde un certificado o documento -en realidad en el blockchain no se guardan los documentos en si sino solo su hash-, un token que dé por ejemplo derecho a voto en una votación, una certificación, etc. (p.36)

El último elemento son las transacciones, son las operaciones por donde se hacen llegar los activos, intercambios o modificaciones de estos. Los bloques de la cadena son los que transportan las transacciones, asimismo los participantes cuentan con distintos permisos para llevar a cabo una determinada transacción y la validación que se requiere para que se procese y se añada a la cadena.

Contemplando estos elementos los autores suponen un caso de uso que se puede relacionar con una situación que enfrentan las empresas población y que demarcan los posibles usos que determina el entrevistado sobre el *blockchain*. El ejemplo se basa en que una empresa uruguaya quiere exportar carne a México, pero para que este cargamento sea aceptado para comercializarse en el país, debe contar con el certificado de libre aftosa y mantener una temperatura determinada durante todo el recorrido. Por ello, la empresa hace tomas de temperatura cada quince minutos del contenedor donde está la carne. Entonces, si la carne cuenta con el certificado y sin haber sobrepasado la temperatura, y haber mantenido la temperatura exigida, el gobierno mexicano realiza el pago acordado a la empresa exportadora de la carne.

A partir de la descripción del caso, se debe identificar los tres grupos de elementos. Teniendo los siguientes participantes: Gobierno de México, los dispositivos de Internet de las cosas que envían señales de la temperatura, la empresa uruguaya, la entidad sanitaria que brinda la certificación y la entidad financiera que ejecuta el pago. Los activos son: las temperaturas registradas y el certificado de libre de aftosa. Para finalizar, las transacciones son: la notificación del envío del cargamento, la notificación del depósito del pago, la emisión del certificado, la medición de la temperatura, la notificación de recibo del cargamento y la notificación de pago.

En este análisis de los grupos en los que se dividen los elementos a mover en la cadena de bloques, los fabricantes de equipo original de la industria médica pueden hacer exactamente el mismo desglose, teniendo la conexión de sensores inteligentes, que determinen ubicación o temperatura se ingresa las entidades, puertos, aduanas para agilizar el la documentación y certificaciones necesarias que necesiten tener los productos, materiales o materias primas. Aclarando lo anterior, en la Figura 41 se puede observar una adaptación de cómo se ve los bloques que se añaden de acuerdo con los distintos pasos, según el caso de ejemplo.

En la Figura 41, el bloque cero es el acuerdo establecido por medio de un contrato inteligente entre la empresa uruguaya y el gobierno de México, el cual se junta a la cadena, el gobierno de México aparta el dinero acordado en la entidad bancaria correspondiente para que este envíe el pago a la empresa uruguaya, si esta cumple todo lo establecido.

El bloque uno lo adjunta la empresa uruguaya al *blockchain*, para notificar el envío del cargamento. El bloque dos, el dispositivo de Internet de las cosas envía la primera notificación de la temperatura al *blockchain*, y así lo seguirá haciendo cada quince minutos. El bloque tres, entra la entidad sanitaria y emite el certificado libre de aftosa que se registra dentro de la cadena de bloques. Los bloques del cuatro al siete repiten lo que se realiza en el tres. El bloque ocho, el gobierno mexicano emite la notificación de la recepción acordada del cargamento, y el bloque nueve, entra la entidad bancaria y libera el dinero retenido del gobierno mexicano a favor de la empresa uruguaya.

Según la explicación dada, en conjunto todos estos bloques forman la cadena de bloques empleada para la determinada cadena de suministros y logística. Se puede ver en la Figura 41 que la empresa uruguaya y el gobierno de México son los únicos que tienen acceso completo a toda la cadena de

bloques, mientras que los otros participantes solo tienen acceso a la información que ellos comparten o que necesitan conocer. Estas situaciones de acceso pueden cambiar de acuerdo con las necesidades que existan y la información que requieran los participantes.

Para finalizar con el análisis de este documento, se puede determinar que la operatividad, la trazabilidad y la automatización están presentes, como menciona el experto entrevistado de los usos que las empresas seleccionadas le pueden dar al *blockchain* y esta ejemplificación sirve para dar una idea más cercana a la realidad del uso que se le puede dar a la cadena de bloques, adaptando los participantes necesarios, activos, transacciones y los permisos y participaciones que tienen cada uno de los participantes, permitiendo mejorar el manejo de la cadena de suministro y logística, no solo de una empresa, sino también de los demás interesados, así como una mejor agilidad y facilitación de proceso de pagos, acuerdos y certificados necesarios.

Diagrama de afinidad

Interpretación del diagrama de afinidad para la identificación de la causa de los elementos

En la Figura 42 se puede identificar una lista de 28 ideas o razones posibles, por las cuales estas dificultades pasan dentro de la cadena de suministro y logística, asignándolas a un elemento específico. Asimismo, utilizando de referencia la información brindada por los profesionales, respecto a qué dificultades o elementos consideran más difíciles de gestionar, además, de implementar el *blockchain*, para ayudar a controlar estos elementos. Por ello, es esencial que las causas determinadas sean trabajadas, ya que pueden aportar la mejora de las dificultades o aumentar la eficiencia y la satisfacción en su manejo.

Interpretación de resultados de la quinta variable: oportunidades para implementar *blockchain*

Entrevista a especialista en *blockchain* dirigido a la aplicación en cadena de suministros y logística

Interpretación de los pasos iniciales para considerar aplicar *blockchain*. Ítem 4

Es necesario hacer un estudio como empresa sobre las necesidades que se tiene en la cadena de suministros o logística, y contemplar ciertas consideraciones. Normalmente, con el apareamiento de una nueva tendencia de tecnología, las empresas tienden a querer ser las primeras en implementarla, pero se debe hacer un estudio para verificar si realmente la necesitan y si se adapta a los requerimientos, y posibles escenarios futuros del negocio.

En entrevistado indica, como punto de partida, el identificar si existe un caso de aplicación. En este primer punto, la entidad que quiera integrar el *blockchain* en su negocio debe entender la función de este como tal y si actualmente tiene alguna necesidad por buscar su implementación. Según Díaz, Pérez y Valdés (2021) existen preguntas respecto a las consideraciones de implementación:

¿Los casos que están siendo implementados en blockchain se focalizan en la transformación de los procesos operativos?

¿Es mi solución abierta y neutral?, ¿qué implica esto para mi negocio?

¿Utiliza metodologías de desarrollo ágiles que permitan una implementación incremental para ir analizando el éxito del desarrollo y los eventuales impactos que genera en otras áreas y sistemas?

En caso de problemas, ¿tengo la posibilidad de volver atrás?, ¿puedo tener la capacidad de corregir rápido y barato, sin afectar mis operaciones diarias? (p.13).

Entendiéndose la primera pregunta, es la relación de la operatividad con la digitalización, ya que ambos tienen que funcionar en conjunto. La segunda cuestión hace énfasis en la escogencia del

tipo de *blockchain* de acuerdo con el tipo de información y el cómo llevar el manejo de la red. La tercera pregunta especifica si el hecho de implementar esta solución en un área específica va a generar afectación en otras, y para finalizar, la cuarta pregunta habla sobre las capacidades o las posibilidades a las que se deba enfrentar la empresa en caso de algún fallo de la solución.

De acuerdo con lo indicado por el entrevistado, se necesita tener un acercamiento con expertos del tema que puedan guiar a la empresa y dar pilares e información adecuada a su caso de aplicación, asimismo, entender las necesidades de inversión que requiere el incorporar una tecnología como esta dentro de la empresa.

(...) existe una escasez de profesionales técnicos especializados en esta tecnología mucho más si buscamos profesionales que además conozcan el negocio logístico; y, por último, aunque no por eso menor, el alto costo de implementación de las soluciones, incluyendo no solamente el hardware y la capacidad de almacenaje, sino por, sobre todo, el de servicios de consultoría para generar y dar soporte posterior a las aplicaciones que utilizan blockchain (Díaz, Pérez y Valdés, 2021, p. 7).

Parte de las situaciones por tener en cuenta es que las compañías deben considerar si realmente adaptar esta tecnología es adecuado para sus actuales actividades logísticas o de cadena de suministros, y tomar en cuenta las implicaciones de capacitación, económicas, recursos y demás. Ante la necesidad de comprensión de requerimientos o pasos iniciales por contemplar, se hace énfasis en citar una serie de preguntas que componen las consideraciones de desempeño, según Díaz, Pérez y Valdés (2021):

¿Cuánto es la inversión necesaria para proveer el nivel de almacenamiento y procesamientos requeridos para satisfacer las necesidades de blockchain?, ¿esta inversión generará ganancias al negocio?

¿Los tiempos de respuesta proyectados por la solución están acordes a la naturaleza de mi negocio? Lo anterior es especialmente importante cuando las transacciones son sensibles a fluctuaciones de valores en cortos periodos de tiempo, como commodities, monedas y otros valores transables internacionalmente. (p. 13)

Es importante ver de qué manera se puede medir el desempeño, con un antes y un después de la implementación, esto se puede lograr mediante escenarios ficticios que reproduzcan acciones futuras de estas circunstancias. De la misma manera, tomar en cuenta consideraciones vinculadas a las reglas del negocio logístico, según Díaz, Pérez y Valdés (2021) se plantean las siguientes preguntas:

¿Cuál es el costo real y el retorno sobre la inversión (ROI) de un desarrollo en blockchain?

¿Las expectativas en blockchain pueden ser satisfechas por otra alternativa tecnológica? Por ejemplo, los contratos inteligentes (Smart contracts) no son una aplicación exclusiva de blockchain, también es posible con otras tecnologías maduras que permiten lo mismo a un menor costo.

¿Cuándo es demasiado temprano/tarde para desarrollar soluciones blockchain? (p.13)

Tal como lo mencionan el entrevistado y la cita de preguntas, es importante estudiar antes de la implementación de la tecnología *blockchain*, si realmente existe un retorno de inversión, si realmente el caso de aplicación que existe tiene que ser específicamente solventado por *blockchain* o puede hacerse uso de otra tecnología, y el entender la maduración del negocio, para identificar si el desarrollar una solución *blockchain* es adecuada según el momento temporal.

Interpretación en conocer disponibilidad de servicio. Ítem 5

A nivel propio de Costa Rica, y mencionado en el marco metodológico en el marco del ecosistema *blockchain* a nivel país, existe EOS Costa Rica, que diseña soluciones empresariales, y considerando la respuesta dada por el encuestado, esta identidad presta el servicio a las empresas interesadas en implementar esta tecnología dentro de sus negocios, de acuerdo con las características propias de este, como a las peticiones que se generan por parte a los requerimientos de esta.

Para comprenderlo de mejor manera, la empresa tiene que llegar con un caso específico de aplicación respecto a cualquiera de las funciones que el *blockchain* puede cubrir respecto a la cadena de suministros y logística, y presentarlo directamente a la empresa que le genere la

solución, realizando una serie de pruebas hasta lograr el producto deseado. Como se mencionó, en el ítem 4 se tienen que validar o estudiar una serie de consideraciones antes de implementar *blockchain*, para así asegurarse de manera más certera que sea la solución tecnológica adecuada.

El entrevistado indica el término MVP (por sus siglas en inglés para *Minimum Viable Product*), el cual se refiere a que el producto o solución *blockchain* ya cumple, con las características suficientes para que el cliente lo vea por primera vez y se generen comentarios de retroalimentación, para dar la mejor versión del producto requerido.

Interpretación del conocimiento de la aplicación del *blockchain* en Costa Rica. Ítem 6

Respecto a la respuesta brindada por el entrevistado, es cierto que la tecnología *blockchain* es muy reciente y viene tomando fuerza su movimiento de uso. Actualmente no es posible manejar un dato claro respecto a la implementación del *blockchain* en la cadena de suministros o logística de empresas ubicadas dentro de Costa Rica. Es cierto que es una investigación de censo muy amplia en lograr, pero por medio de esta investigación se logra establecer que tres empresas de las trece totales (población de interés) han implementado esta solución en respuesta a aportar eficiencia en sus cadenas de suministros y logística, asimismo, se determina que una de las empresas se encuentra en proceso de implementación.

De acuerdo con el estudio llevado a cabo por Roberto Coto Argüello, colaborador de PROCOMER, en mayo del 2022, se identifica que aproximadamente 45 empresas conforman en sector *Fintech* en Costa Rica, y solo un 35% de ellas tiene participación en actividades innovadoras a nivel mundial con *blockchain* a nivel de servicios financieros o bancarios. Respecto al interés de empresas a nivel de Costa Rica que apliquen tecnología *blockchain* dentro de su cadena de suministros o logística, no hay un dato existente.

Interpretación de regulaciones existentes del *blockchain* en Costa Rica. Ítem 7

En relación con la consulta realizada al entrevistado, menciona no tener conocimiento referente a ningún marco reglamentario existente sobre *blockchain* en las áreas de cadena de suministros y logística en Costa Rica, siendo este perteneciente a una empresa que presta servicios de desarrollo de soluciones sobre estas áreas. “En la actualidad, Costa Rica no cuenta con normativas de rango

legal que rija el ejercicio de las actividades que involucren o se desarrollen a partir de los criptoactivos o a través o a través de la tecnología blockchain” (Romero, 2022, párr. 4). Debido a la novedad del tema, y no siendo tan conocido, es difícil el avance sobre este aspecto.

Se recalca la inexistencia de algún tipo de reglamentación en este tema. Es importante señalar que si en algún momento alguna entidad gubernamental indica el establecimiento de una regla o el cumplimiento de alguna norma, debe ser considerada por las empresas cuando quieran hacer uso de esta tecnología, si llega a impactar esta área específica de aplicación de la cual trata el estudio.

Interpretación de la opinión sobre reglamentación. Ítem 8

La tecnología *blockchain* dentro de la cadena de suministros y logística se debe considerar a manera de *software*, debido a que las funciones que se permiten dentro de ella a beneficio de esta área son bajo actividades que ya por sí mismas cumplen con reglamentaciones o regulaciones preestablecidas por las partes.

Como el entrevistado lo aclara en su respuesta, las soluciones *blockchain* utilizadas en el intercambio de criptoactivos recibe reglamentación por lo que esta actividad de intercambio monetario significa, además de implicación legales, económicas, lavado de dinero, entre otros; en cambio, las plataformas *blockchain* a nivel empresarial son una tecnología donde las empresas se pueden apoyar y realizar sus tareas a través de este medio, por eso el entrevistado lo destaca como *software*.

Bajo esta línea, la tecnología solo debe contar con parámetros o normativas de mejores prácticas, para permitirle un tipo de madurez, y contar con respaldo de buena construcción y seguridad. Según se da la introducción de una nueva tecnología, entidades como la Organización Internacional de Normalización (ISO), entre otras, desarrollan normas o estándares con el motivo de generar la cooperación internacional según ocurren estas nuevas introducciones y la velocidad con la que pasan.

En el caso del blockchain, desde el año 2017, la ISO busca una normalización del blockchain y tecnologías ledger distribuidas (ISO/TC 307-Blockchain) basadas en la siguiente estructura: arquitectura de referencia, taxonomía y ontología, casos de uso,

seguridad y privacidad, identidad, contratos inteligentes, gobernanza de los sistemas de tecnología blockchain y ledger distribuido, interoperabilidad de los sistemas de tecnología blockchain y ledger distribuido, terminología y seguridad, privacidad e identidad. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), también ha demostrado interés en la normalización de la tecnología blockchain. (Barleta, Suárez y Sánchez, 2019, p. 11)

Se entiende que *blockchain* no es la única tecnología por las que estas entidades salen a velar por que se dé una normalización, por ejemplo, existe la familia de normas ISO/IEC 25000, donde se marcan pautas para evaluar la calidad de los productos *software*. Asimismo, el Internet de las Cosas es otra tecnología puesta bajo normativa por estas organizaciones, basándose en generar protección a riesgos cibernéticos y permitir una estructura correcta de estas tecnologías. Por ejemplo, IEEE *Standards Association* tiene como objetivo desarrollar un estándar para el marco de uso de *blockchain* en IoT, entre otras como la norma ISO/IEC 27001, referente a la gestión de la información.

Diagrama de flujo

Interpretación del diagrama de proceso para la consideración de la implementación *blockchain*

En la Figura 43 se presenta una serie de meditaciones, donde se debe considerar si es necesaria una base de datos distribuida y conformada por diferentes actores o involucrados, con el propósito de mejorar conflictos de interés y confiabilidad, evitando poner la confianza en un tercero.

Asimismo, establecer el manejo de la gobernanza entre los involucrados, manteniendo reglas de transacción estables, con la necesidad de mantener un registro inmutable de las actividades y definir si es necesaria una red de consenso (conjunto de empresas), ya sea, *blockchain* pública o privada permitida, o de tipo *blockchain* pública no permitida.

Si para todas las consideraciones anteriormente mencionadas se establece un “sí”, el *blockchain* es la herramienta para digitalizar y hacer más eficiente el caso aplicación; luego de este primer análisis, se debe procesar otros puntos importantes de tomar en cuenta. Pero si las consideraciones

son un “no”, se debe buscar una tecnología distinta que se adapte a los requerimientos, y que estos sean cumplidos de acuerdo con las necesidades de uso, generando la eficiencia que se busca.

Capítulo VI

Conclusiones y Recomendaciones

Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

En este último capítulo del estudio se procede a exponer las conclusiones sobre el *blockchain* para la cadena de suministro y logística en fabricantes de equipos originales de la industria médica, con base en los datos recolectados y debidamente analizados en el capítulo IV, donde se sigue el mismo orden, dando las conclusiones respectivas a los datos generales y continuando con las de cada una de las cinco variables estudiadas.

Conclusiones de datos generales

- El 100% de las encuestas recolectadas cumplen con las dos características requeridas. La primera, ser perteneciente a una empresa fabricante de equipo original de la industria médica ubicada en Zona Franca Coyoil y la segunda, formar parte de la gestión de la cadena de suministros o logística de alguna de las empresas población, estableciendo una alta confiabilidad de los datos utilizados para generar el aporte fundamental al estudio.
- Se presenta una balanceada participación de profesionales dedicados al área de logística y cadena de suministros, encontrado un aporte en ambas áreas, lo cual brinda mayor sustento de información del estudio.
- En el estudio se obtiene la participación de encuestados con diferentes años de experiencia en el área de logística y cadena de suministros, asimismo, participantes de distintas edades, obtenido así contribuciones de profesionales que poseen desde experiencia reciente hasta una alta experiencia, fomentando la participación en un tema innovador tecnológico, y al mismo tiempo, comprender la realidad de las necesidades del día a día de estas empresas por medio de la experiencia.
- El estudio capta el nivel de preparación de los profesionales como dato general adicional, para así identificar la participación de encuestados con alto conocimiento académico, debido a esto, se obtienen datos respaldados por medio de personas con verdadero conocimiento del tema, lo que aporta una alta confiabilidad al estudio.

Conclusión de la primera variable: *blockchain*

Seguidamente, se presentan las conclusiones de la primera variable, según datos estudiados por medio del análisis documental, diagramas de flujo y la herramienta del Análisis FODAC.

Conclusiones: funcionamiento del *Blockchain*

- Se aporta la explicación de la funcionalidad de las distintas capas que conforman el *blockchain*, esto con el fin de brindar conocimiento a cómo se ejecuta la cadena de bloques bajo el sistema de uso que se le dé.
- De igual manera, es importante definir el marco general organizativo, donde se tiene las arquitecturas y los distintos protocolos de consenso, ambos se adaptan según las necesidades y la solución *blockchain* que se utiliza, debido a que muchos proyectos tienen definidos los protocolos de consenso que se utilizan.
- Asimismo, existe una manera -que se puede identificar como general- de flujo de las transacciones que sigue el *blockchain*, dándose una propuesta de transacción y la validación de transacción y el bloque, permitiendo ir creando la cadena de bloques. Estos procesos permiten ejecutar cualquier tipo de información u objetivo que tengan las empresas para usar el *blockchain* como herramienta en la gestión de la cadena de suministros y logística, permitiéndose así una unión entre las partes, las cuales colaboran haciendo transacciones o dando su visto bueno a estas.

Conclusiones: funcionamiento del flujo de las transacciones de acuerdo con la arquitectura

- Se concluye que el funcionamiento del flujo de las transacciones de acuerdo con la arquitectura evoluciona según las necesidades, asimismo, cada una lleva un proceso de transacción base, y dependiendo del tipo de arquitectura se agregan distintos pasos a la transacción. Se puede identificar que *Hyperledger Fabric* implementa la arquitectura de libro múltiple, pensando en la transacción que involucra solo a ciertas entidades, siendo de tipo privada y teniendo el horizonte de ayudar como sistema empresarial.

Análisis FODAC

Conclusiones: fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del *blockchain*

- Debido a que el *blockchain* es un libro de registro, considerado una base de datos, y dadas sus características, una fortaleza es que se adapta a distintas funcionalidades en la industria, trayendo consigo características valiosas como la descentralización, eliminación de terceros, comunicación directa entre partes interesadas, visibilidad completa de un proceso, auditabilidad, confianza, reducción de fraudes, información en tiempo real e inmutabilidad. Estos atractivos e implicaciones provocan que el *blockchain* en la cadena de suministros y logística esté siendo una de las tendencias de uso de esta herramienta.
- Parte de las debilidades del *blockchain* es que es una tecnología en desarrollo, lo que implica que implementar la cadena de bloques en cualquier caso de cadena de suministros o logística no es conveniente, por falta aún del avance y desarrollo de esta parte. La escalabilidad es otra de las debilidades, pero esto no afecta a las cadenas de bloque privadas, porque se pueden utilizar consensos que requieren menos consumo energético y que sea más rápido, ya que se le puede asignar el turno al participante que va de siguiente con un orden definido. Asimismo, el trabajo de lograr que los distintos proyectos puedan trabajar entre sí y que sean compatibles, es uno de los retos actuales, además, de la falta de legislación de los datos. Estas situaciones generan menos compatibilidad entre soluciones *blockchain* e información que quieren compartir distintas empresas entre sí, debido a las circunstancias, además de la falta de protección respecto a los datos de los usuarios, debido a la inexistencia de legislación.
- Para hacer crecer el *blockchain* existe una serie de ayudas externas de crecimiento, de las cuales la inversión externa a los proyectos *blockchain* puede hacer que crezcan en el rendimiento de la red, buscar mayor facilidad de gestión y rapidez, estándares en la creación de distintos proyectos, soporte de legislación para aumentar la confiabilidad en la red y aumentar la participación de consorcio entre empresas para que haya mayor participación en esta tecnología.
- Se determina que las amenazas actuales del *blockchain* son las posibles interferencias maliciosas reglamentadas de entidades o gobiernos por centralizar la información, y como

las demás tecnologías, la posibilidad de recibir ataques cibernéticos, donde las cadenas de bloque privadas no están expuestas al ataque del 51%. El *blockchain* de tipo privado genera mayor nivel de seguridad y menor tendencia o exposición a ataques.

- Asimismo, el factor circunstancial identificado es crisis económica, que en dado caso que se llegara a dar, puede frenar el desarrollo de las soluciones *blockchain*, por falta de posibilidades de las empresas para poder consumir o destinar dinero a esta tecnología.

Conclusiones: conocimiento sobre el *blockchain*

- Se concluye que *blockchain* es una Tecnología de Registro Distribuido, esto debido a que los datos que se manejen dentro de ella no quedan en la custodia de un solo servidor, sino que se comparten con toda la línea de servidores concertados, donde *blockchain* no es la única tecnología de este tipo, pero sí la más usada. Posee una amplia accesibilidad de usos, siendo un tentador medio para comunicar a distintos participantes de una cadena de suministro o logística mediante un solo medio.

Conclusiones: conocimiento sobre los tipos de *blockchain*

- Se concluye que actualmente el *blockchain* tiene a disposición cuatro tipos: público, privado, consorcio y como servicio, teniendo empresas que actualmente manejan proyectos y soluciones dentro de estos, escogiendo el que se acople mejor a sus funciones y necesidades, dando paso a facilitar una amplia opción a medios de compartir información empresarial y abriendo disponibilidad al manejo y gestión de la cadena de suministros y logística.
- En relación con esto, se debe destacar que se dice que el *blockchain* de servicio va en contra del elemento de descentralización y la eliminación de terceros, ya que el servicio depende de la entidad que lo esté dando, pero una vez desplegada la red, su control pasa a manos de los nodos que conforman la red, lo que lleva a seguir cumpliendo las características fuertes del *blockchain*, la descentralización, la eliminación de terceros y la inmutabilidad. De igual manera, se dicen que las redes *blockchain* privadas son manejadas por una sola entidad, pero sucede lo mismo, todos los participantes forman un consenso, que indican entre todos cómo manejar la cadena de bloques.

Conclusiones: elementos que componen al *blockchain*

- Se concluye que cada uno de los elementos que componen el *blockchain* tienen una función por entender, si esta tecnología se lleva a la aplicación en la cadena de suministros y logística. Las empresas deben identificar qué aporta cada uno de los elementos de la cadena de bloques, ya que estos indican la guía de función del *blockchain*, cómo son llevadas las transacciones, las reglas y políticas dentro de la red, rendimiento de la solución de los desafíos matemáticos para la creación de los bloques, requisitos de seguridad, quiénes trabajan y participan en la red.

Conclusión de la segunda variable: *blockchain* en la cadena de suministros y logística

A continuación, se presentan las conclusiones de la segunda variable, según datos analizados por medio de la entrevista, análisis documental y la herramienta 5 porqués.

Entrevista a especialista en *blockchain* dirigida a la aplicación en cadena de suministro y logística

Conclusiones: beneficios del *blockchain* en la cadena de suministros

- En torno a los beneficios que puede ofrecer el *blockchain* en la cadena de suministros, se concluye que brinda transparencia, seguridad mejorada, eficiencia, menor dependencia de terceros, mayor trazabilidad y aumento de la confianza, lo cual es posible debido a que la cadena de bloques hace que cierto número de actores compartan y confíen en un registro de transacciones, información y activos de manera digital, potenciando la transformación del modelo existente.
- Uno de los aportes por destacar es que el *blockchain* requiere de una gran participación, planificación y coordinación, debido a que, si se quieren obtener los beneficios analizados en el capítulo IV, se requiere de una gran planificación. Es cierto que empresas lo usan a nivel interno, pero su mayor aprovechamiento se obtiene al utilizarlo en el panorama de intercambio con distintos participantes internacionales, requiriéndose que estos trabajen en conjunto.

- Se pronostica que en el año 2026 se llegue a una etapa más madura, donde muchos proyectos de *blockchain* en la cadena de suministros, y también en la logística, solventen varias de las dificultades actuales y se dé un mayor avance, debido a la alta inversión en esta solución.

Conclusiones: beneficios del *blockchain* en la logística

- Se determina que los beneficios del *blockchain* se comparten de igual manera entre la cadena de suministros y la logística. Uno de los mayores beneficios que se reciben de la cadena de bloques para la logística es la trazabilidad, además del ahorro del movimiento de los productos, gracias a la agilización de los procesos y documentación, dado que una pérdida o atraso en estos puede significar la retención de los productos y costar mucho dinero.
- De igual manera, el beneficio de la trazabilidad en *blockchain* requiere que las empresas tengan una transformación digital, lo que significa una serie de esfuerzos que estas y otros participantes deben realizar, en términos de la configuración e implementación de la gobernanza, y que se consideren las necesidades de todos los actores, y para ello se debe transformar por medio de la digitalización a los actores o participantes claves, elevando la infraestructura tecnológica que permita el cumplimiento y la participación.

Herramienta 5 porqués:

Conclusiones: beneficios del *blockchain* dentro de la logística y cadena de suministros

- Se entienden los porqués por los cuales el *blockchain* ayuda a beneficiar la cadena de suministros y logística, identificando incluirlo para la identificación de origen del producto y para la optimización del comercio, hacer uso de los contratos inteligentes del *blockchain* y ejercer el uso de este para acordar pagos o realizarlos manera eficiente y segura. Se trata de beneficios claves, donde la logística y cadena de suministros se pueden volver más eficientes en la atención, seguimiento y seguridad de sus procesos, por medio de una herramienta tecnológica que por medio de sus características le permite contar con un entorno en el cual se puede dar una combinación de transacciones de distintos tipos de flujo

(papeles, registros de compras o ventas, existencia de inventario, entre otros), inmutables, con registro ordenado y eliminado puntos ciegos de estos procesos, debido a que los involucrados pueden tener acceso a la misma información y actualización en tiempo real.

Conclusión de la tercera variable: usos de las herramientas tecnológicas

Posteriormente, se muestran las conclusiones de la tercera variable, según datos analizados por medio de la encuesta y cuadro de relación.

Encuesta

Conclusiones: principales usos en la logística y cadena de suministros

- Se establece que los usos de la Industria 4.0 en la logística y cadena de suministros reciben una alta calificación dados sus usos, destacando la toma de decisiones, eficiencia y productividad, reducción de errores, integración de los procesos, seguimiento de la logística y de la cadena de suministros y la automatización. Al ser *blockchain* parte de esta revolución industrial se le atribuyen estas mismas características de uso sobre la logística y cadena de suministros. Se determina así que estas empresas perciben estos usos, aumentando la posibilidad de las empresas por adaptar este tipo de tecnologías.
- Unido a esto, los profesionales aportan usos de la Industria 4.0 que consideran importantes y que se aporta a la cadena de suministro y logística, donde destacan la adaptabilidad, los sistemas ERP o MRP, planeación, reportes, integración financiera y hombre- sistema, indicando el gran aporte que perciben de estas herramientas, donde la introducción del *blockchain* viene a potenciar aún más estos usos percibidos, lo cual se detalla más adelante.

Conclusiones: conocimiento actual de la utilización de herramientas tecnológicas

- Al encontrar que un 100% de los entrevistados indican hacer uso de las herramientas tecnológicas para facilitar la gestión de la cadena de suministros o la logística, esto indica que las empresas están conscientes de los cambios tecnológicos que se viven actualmente, donde la logística y la cadena de suministros no están ajenas a la transformación del modelo

de negocio digitalizado, por lo que se necesita nuevas herramientas y conocimiento actual del entorno tecnológico.

- Se interpreta que este avance tecnológico les exige a las compañías que miren el modelo de negocio, donde el valor agregado para el cliente, el valor de la disponibilidad, la conexión de los flujos, ahorro en tiempo y costos son introducidos por medio de la Logística 4.0 y la Cadena de suministros 4.0, generándoles potencial competitivo a las empresas por integrar estas herramientas de la cuarta revolución industrial.
- Al determinarse este acercamiento a las herramientas, se determina que la implementación del *blockchain* es una posibilidad, por la adaptación de los demás elementos provenientes de la cuarta revolución industrial y la cuarta revolución causada en la cadena de suministros y logística, en la cual el *blockchain* es introducido como nueva herramienta a dar uso.

Conclusiones: identificación de las herramientas tecnológicas utilizadas

- Se concluye una buena respuesta al acoplamiento y utilización de las herramientas de la cuarta revolución industrial, que están más presentes, conocidas y actualizadas, en la cadena de suministros y logística, lo que significa que, por la buena adaptación de estas herramientas, se permite una apertura y buen recibimiento para el *blockchain* por su compatibilidad con las tecnologías de la Industria 4.0, ya que pertenece a dicha revolución tecnológica.
- Se concluye que la utilización en conjunto de las tecnologías de la Industria 4.0 potencia la recolección de los requerimientos de información o datos que otra herramienta necesite para su correcta utilización e interpretación.

Cuadro de relación entre *blockchain* y las herramientas de la Industria 4.0

Conclusiones: relación entre el *blockchain* y las herramientas de la Industria 4.0

- Se obtiene como resultado que el *blockchain* tiene compatibilidad con *Big Data*, *Data Analytics*, Internet de las cosas, Inteligencia artificial, la Nube y Drones, relacionando el hecho de que las empresas determinan hacer uso de estas herramientas de la Industria 4.0,

y esto les permite aprovechar aún más estos recursos, si deciden integrar el *blockchain* y fomentar la relación con los beneficios que puede brindar una herramienta a la otra.

- *Blockchain* no es una herramienta que trabaje sola, esta se puede complementar o generar potencial con otras herramientas, conectando con una o con varias de estas al mismo tiempo, lo cual hace potenciar el funcionamiento del *blockchain* para la cadena de suministros y logística; asimismo, las demás herramientas se potencian a través de la recolección de datos provenientes de cadena de bloques, amentando la gestión de la cadena de suministros y logística.

Conclusión de la cuarta variable: elementos de la cadena de suministro y logística

De seguido, se presentan las conclusiones de la cuarta variable, según datos analizados por medio de la encuesta, entrevista, análisis documental y Diagrama de Afinidad.

Encuesta

Conclusiones: identificación de los elementos por nivel de dificultad de gestión

- Se reconoce que las empresas presentan un buen manejo sobre los elementos que pueden llegar a dificultar la gestión sobre la cadena de suministros y logística, pero se puede evaluar que estas saben que no se excluye de tener que lidiar con estos retos, lo que implica la importancia de la digitalización y la utilización de herramientas tecnológicas que permiten la supervisión y la información completa de la cadena de suministros y logística.
- Los elementos de trazabilidad, intermediarios, identificación de falsificados, comunicación entre actores, seguridad, cumplimiento, eficiencia, información y datos son parte de los retos y elementos de control que los fabricantes de equipo original de la industria médica encuentran presentes en su cadena de suministros y logística.
- Se concluye que *blockchain* se presenta como una herramienta innovadora para mantener un mayor control sobre los elementos estudiados e indicados los niveles de dificultad por parte de las empresas.

Conclusiones: conocimiento sobre el *blockchain* dentro de la logística y cadena de suministros

- Se concluye que existe un bajo nivel de conocimiento sobre el *blockchain* dentro de la logística y cadena de suministros, siendo uno de los datos por entender a través del estudio, para conocer qué tan actual es el tema del *blockchain* empresarial dirigido precisamente a estas dos áreas.
- Se infiere que si bien actualmente en algunas de estas empresas se está haciendo uso del *Blockchain* en la cadena de suministros y logística, no se encuentra una alta formación del personal respecto al área, lo que genera una implementación o adaptación más lenta sobre esta tecnología, limitando el avance sobre los planes y objetivos de uso.

Conclusiones: filtro. Aplicación del *blockchain* en las empresas

- Se determina como aporte que el *blockchain* ya es una realidad entre las empresas fabricantes de equipo original de la industria médica, entendiéndose como un factor competitivo en desventaja para las nueve empresas que indican no estar utilizándolo, ni en procesos de implementación o hasta en posición de desconocimiento del tema. A pesar de que la mayoría de los profesionales dan a entender un conocimiento bajo en el *blockchain*, un 30,77 % (cuatro empresas) de las trece empresas población indican estar utilizándolo o implementándolo.
- Se determina que actualmente este énfasis del *Blockchain* se encuentra en proceso de crecimiento, por lo cual es de esperarse que aun muchas empresas no decidan invertir o desconozcan sobre esta solución para cadena de suministros y logística. Se tienen modelos o plataformas exitosas y se espera que la evolución del *blockchain* en esta parte llegue a generar un valor importante y crecimiento global a partir del año 2027.

Conclusiones: beneficios del *blockchain* hacia la logística y cadena de suministros de la empresa

Sujeto 1

- Se concluye que el sistema *blockchain* beneficia a las empresas en eficientizar recursos de la cadena de suministros, gracias a la característica de registro con las que cuenta esta tecnología, permitiéndole a la empresa gestionar una cantidad de distintos procesos, flujos distintos y demás, de manera ágil, eficiente y digitalizada. Siendo estos dos beneficios razones por las cuales se realiza su implementación en una de las empresas de fabricantes de equipo original de la industria médica seleccionadas.

Sujeto 2

- Se establece el impulso actual de iniciar la implementación del sistema *blockchain*, debido a los estudios que una de la empresa realizó anteriormente, identificando un beneficio que esta tecnología le puede brindar y adaptarse al funcionamiento requerido, que otra tecnología no le puede brindar.

Sujeto 3

- De igual manera, por medio de investigación previa, entendimiento del *blockchain* y de las necesidades propias de la empresa, se identifica que esta tecnología beneficia la descentralización de terceros y automatización para transferir datos de forma libre y segura, llevado a cabo por uno de los elementos más reconocidos del *blockchain*, los contratos inteligentes, adicional a la base de registro inmutable y a la copia completa de la cadena de transacciones que tiene esta herramienta. Estos beneficios atraen la implementación de esta herramienta tecnológica en una de las empresas estudiadas.

Sujeto 4

- *Blockchain* capta la atención por los beneficios que brinda en agilización y trazabilidad, siendo dos de las razones por las cuales una de las empresas busca implementar esta

solución tecnológica dentro de su cadena de suministros y logística, entendiendo cómo mejoran estos dos elementos por medio de esta herramienta.

Conclusiones: identificar el tipo de *blockchain* utilizado

- Se destaca la desinformación de los profesionales que indican que su empresa hace uso del *blockchain* en las áreas de especialización, infiriéndose un grado bajo de actualización e información por parte de la empresa, asimismo, falta de interés en formación y aprendizaje por parte de los profesionales.
- Se infiere por medio del estudio que el tipo de *blockchain* más común de utilizar es el de servicio, asimismo, por la consulta realizada a las empresas población, se identifica la opción de utilizar este tipo, siendo a nivel general uno de las más usados por empresas alrededor del mundo, ya que empresas grandes como IBM, unas de las favoritas en el tema, así como Amazon y Accenture, ofrecen este tipo de servicios.

Conclusiones: captar conocimiento de las dificultades de la aplicación del *blockchain*

Sujeto 1

- Se concluye que una de las dificultades de aplicar el *blockchain* es la adaptabilidad al modelo de negocio, las soluciones de tipo *blockchain* no son estándares, por lo cual las empresas deben tener un caso de aplicación y una idea por la cual se quiere utilizar en el negocio, identificando una tendencia de que las empresas hacen uso de la cadena de bloques para comunicación interna o para la comunicación con múltiples participantes alrededor del mundo, haciendo que la adaptabilidad cambie.

Sujeto 2

- Se destaca que otra de las dificultades a las que las empresas se enfrentan es la falta de información, por esta razón se elabora un estudio como el presente, con parte importante del conocimiento básico sobre el *blockchain* en la cadena de suministros y logística, donde se expone un tecnicismo básico y se complementa con información específica a las áreas de función en la cadena de suministros y logística.

Sujeto 3

- Otra de las dificultades que pueden darse es la capacitación, desarrollo y comunicación; actualmente, EOS Costa Rica tiene programas de educación respecto a los temas de *blockchain*, asimismo, respecto a otras conclusiones establecidas, se nota una tendencia por falta de comunicación y desarrollo de la persona involucrada en el uso de esta plataforma en las empresas.

Sujeto 4

- Otro de los aportes encontrados respecto a las dificultades de aplicación del *blockchain* es respecto a que este proceso conlleva mucha prueba y dudas durante el proceso de aprendizaje, por lo que se dificulta crear esa nueva cultura de utilización. Esto debido a que se identifica que el *blockchain* no es estándar, se tiene que adaptar de acuerdo con las necesidades de uso, donde los expertos de las compañías encargadas de acoplar el *blockchain* a los que se requieren van dando nuevas formas y a partir de estas surgen dudas por parte de los profesionales de las empresas que lo usan y se genera alguna complicación, respecto a ir adecuando el conocimiento a partir de cada modificación que se realiza.

Entrevista a especialista en *blockchain* dirigida a la aplicación en cadena de suministro y logística

Conclusiones: usos que las empresas seleccionadas le podrían dar al *blockchain*

- Se concluye que los posibles usos que las empresas seleccionadas le pueden dar al *blockchain* en logística y cadena de suministros empiezan desde la trazabilidad, certificación de origen, automatización de procesos, mejorar la gestión de los procesos dentro de la cadena y venta de esos artículos médicos, lo cual hace considerablemente atractivo su uso para las empresas.
- La trazabilidad es posible llevarla a un nivel completo de la cadena de las empresas, ya que solo depende de ponerle códigos electrónicos a los productos, lo que crea que cada una de las partes que llegue a tener posesión sobre este producto lo escanee y se carga a la cadena de bloques, creando un recorrido completo del producto, lo mismo ocurre con los sensores

inteligentes (IoT), estos van cargando señales a la cadena de bloques permitiendo el mismo funcionamiento, sea compartiendo temperaturas o localización.

- Se entiende que el *blockchain* aumenta el grado de eficiencia y la reducción de interrupciones en la cadena de suministros y logística, por medio del compartir los flujos de los productos o inventario disponible, por medio de la compartición de datos limitados entre las partes, se puede mejorar la velocidad, demoras e imprevistos dentro de la participación de las partes dentro de la cadena de bloques.
- El *blockchain* puede mejorar los métodos de pago, las contrataciones y el seguimiento de las transacciones, esto debido a los contratos inteligentes que se realizan para que interfiera una entidad bancaria y haga transacciones de dinero, asimismo, esta entidad puede tomar decisiones de gestión de acuerdo con los dineros que da por ser partícipe en la cadena de bloques. Los contratos y transacciones realizadas, al quedar registrados y con copia inmutable para los participantes, permiten mejor auditabilidad, cumplimiento, comunicación y prueba, en dado caso que suja un conflicto, y contar con el respaldo de la transacción.
- Según se ha indicado sobre los usos del *blockchain*, los ejemplos identificados en el capítulo IV e interpretados en el capítulo V del funcionamiento de la cadena de bloques permiten entender de mejor manera el aporte que esta tecnología brinda a la cadena de suministros, identificando que se eliminan puntos ciegos a los participantes, y la importancia de contemplar cuáles son los participantes, activos y transacciones que se van a llevar a cabo dentro de la cadena de suministros, dando un panorama más claro del uso y funciones de cada parte dentro de esta tecnología.
- Asimismo, se destaca que no es necesario que todos los actores estén recibiendo información constante si no los involucra y si no es de su incumbencia, ya que hay transacciones o información que solo es visible y se comparte con los participantes involucrados en dicho proceso o transacción.
- Se debe comprender que el *blockchain* no viene a sustituir las herramientas que actualmente tienen las empresas, como los *softwares* aplicados en las diversas partes de la cadena de suministros y logística, ya que la cadena de bloques sirve como un registro completo de todos los flujos, pero esta tecnología, a diferencia de los *softwares* ERP, no genera reportes ni realiza facturación, no viene a remplazar el funcionamiento en

contabilidad, gestión automática de requerimiento de material u otras funciones, pero sí viene a potenciar el entendimiento, la automatización y eficiencia de la cadena de suministros y logística, brindando una visualización completa no antes vista.

- Otro aporte por destacar es que los participantes o las distintas partes que conformen un *blockchain* no tienen que cambiar las herramientas tecnológicas que usan cotidianamente, ya que la cadena de bloques funciona como medio de confianza entre las partes, mejora el orden, la eficiencia, la recolección de datos, la virilización completa y trazabilidad que otros de sus sistemas no pueden, y todo lo recolectado dentro de la cadena de bloques se registra dentro de sus otras soluciones tecnológicas.

Diagrama de Afinidad

Conclusiones: identificación de la causa de los elementos

- Con respecto a la aplicación de la herramienta del Diagrama de Afinidad para encontrar posibles causas de los elementos que dificultan el manejo de la cadena de suministros y logística, se marca una tendencia clara respecto a la falta de digitalización y medios tecnológicos que puedan captar datos de todos los flujos que ocurren dentro de la cadena de suministro y la cadena logística, limitándose la trazabilidad, manejo eficiente de los papeles y cronología.
- En este contexto hay espacio importante para generar mejora a través del *blockchain*, debido a que este permite una solución que combina la captación de los distintos flujos que existen dentro de la cadena de suministros y logística, dando paso a una digitalización completa de los procesos de estas áreas.

Conclusión de la quinta variable: *blockchain* en la cadena de suministros y logística

Se presentan las conclusiones de la quinta variable de acuerdo con los datos analizados por medio de la entrevista, análisis documental y diagramas de flujo.

Entrevista a especialista en *blockchain* dirigida a la aplicación en cadena de suministro y logística

Conclusiones: pasos iniciales por considerar para aplicar *blockchain*

- Se genera el aporte de tres categorías importantes de considerar. La empresa debe definir si realmente tiene un caso específico dentro de su cadena de suministro o logística para el *blockchain*, luego de tener la idea, debe consultar esta idea para que un experto determine si es factible o no, y para finalizar se debe tener presupuesto, ya que no es algo que sea barato.
- Se destaca también que *blockchain* no es la única herramienta tecnológica. Por ello se tiene que comparar con otras tecnologías de acuerdo con un caso de uso específico, y cuantificar el costo – beneficio. Es cierto que la cadena de bloques ayuda a gestionar la cadena de suministros y logística, lo cual brinda capacidades que otras no, estableciendo un medio de transparencia, a prueba de manipulación, por la cual se permite la unión de las partes que aún no establecen una relación de confianza entre sí, o, que ya tienen una establecida, brindando inmutabilidad y almacenamiento de todas las transacciones realizadas, de manera cronológica. Pero esto puede ser que muchas compañías no lo ocupen porque no tienen cadenas de suministro globales o logística complicada.
- De igual manera, si el tipo de empresa califica para la implementación del *blockchain* debe priorizar el caso de uso en función al valor que le agrega a la empresa, donde se gestionen funciones estándares de cadena de suministro o logística.
- Asimismo, el integrar *blockchain* para dar seguimiento completo a la cadena de suministros o logística de inicio a fin, suele no ser algo tan factible.

Conclusiones: conocer disponibilidad de servicio

- *Blockchain* no es una herramienta que ofrezca servicios específicos, y de hecho se adecua a un diseño y desarrollo de lo que pida la empresa, pasa por una serie de procesos de revisión, hasta llegar a lo que pide el cliente; no es un servicio estándar. Asimismo, empresas pueden unirse a proyectos ya existentes y seguir las reglas de gobernanza establecidas por estas y el funcionamiento determinado de las transacciones.

Conclusiones: conocimiento de la aplicación del *blockchain* en Costa Rica

- Se determina que el uso del *blockchain* aplicado en la cadena de suministros y logística es una realidad, se identifica que no hay datos exactos de cuántas compañías actualmente en Costa Rica la estén usando. De ahí la importancia de la identificación por medio del censo realizado en el estudio, para entender el grado de la aplicación y conocimiento actual en el sector población seleccionado.
- El promover la generación de alianzas entre las instituciones del gobierno, empresas privadas desarrolladoras de *blockchain* en el área de logística y cadena de suministro, comunidades *blockchain* costarricenses y reguladores internacionales impulsa el aumento del conocimiento de la cadena de suministros, llevando así el posicionamiento del país a nivel internacional, generando mayor seguridad de compradores internacionales con empresas costarricenses, atrayendo IED en el sector comercio, además de la apertura de nuevas opciones laborales en el área de cadena de bloques.

Conclusiones: regulaciones existentes del *blockchain* en Costa Rica

- Se identifica que a nivel del *blockchain*, al ser aplicado en la cadena de suministro y logística se tiene que ver a manera de *software*, de hecho, la entidad EOS Costa Rica hace uso de EOSIO *Blockchain Software*, estos *softwares* libres que trabajan por medio de la cadena de bloques permiten transparencia y seguridad y conectividad de distintos nodos o empresas, donde la información que se maneje dentro de este es distribuida entre todos los ordenadores conectados.
- Asimismo, se inspecciona por medio de análisis documentales la existencia de algún tipo de reglamentación sobre el *blockchain* por parte de instituciones gubernamentales, y se determina la inexistencia de estos, además, de la afirmación por parte del experto consultado.

Conclusiones: opinión sobre reglamentación

- Se determina un aporte importante de la investigación y es que el *blockchain* en sí, utilizado para la cadena de suministro y logística no requiere de reglamentación, debido a que se

toma para realizar conexión directa entre participantes para proteger sus operaciones comerciales, y al mismo tiempo mejorar rendimiento, descripción que coincide un poco como lo que hacen otras herramientas en este ámbito, las cuales no están sujetas a leyes. Mientras tanto, para las redes *blockchain* relacionadas con las criptomonedas, donde un número ilimitado de partes anónimas realizan transacciones privadas, debe existir reglamentaciones jurídicas respecto a seguridad.

- Por otro lado, se destaca que el *blockchain* debe cumplir con normas seguridad y estándares de estructura como otras herramientas tecnológicas que se usan dentro del mercado de la cadena de suministros y logística, instituciones como ISO y La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), con el hecho de gestionar una normalización y un mejor uso de esta tecnología.

Diagrama de flujo

Conclusiones: consideración de la implementación del *blockchain*

- Para tomar la decisión de hacer uso del *blockchain* se tiene que llevar a cabo una serie de consideraciones o preguntas relacionadas con si la empresa lo necesita o no, donde el enfoque de la cadena de bloques está dirigido a empresas que tengan mucho intercambio de flujos de diferentes actores de la cadena, donde se necesita un control más amplio en la fiabilidad, involucrar a distintos participantes en la aprobación de un proceso o dar validez a productos.

Conclusión final

- Se concluye que para optar por el uso del *blockchain*, se debe comprender su estructura, marco funcional, y elementos, ya que por la apertura tan grande que tiene la tecnología y cómo la tecnología se puede llegar a acoplar, requiere del entendimiento de esta, en su forma global, ya que existen distintas arquitecturas, maneras de organizar el funcionamiento interno de la cadena de bloques y características dependiendo de qué tipo de solución para cadena de suministros o logística se quiera lograr, estos atributos de la tecnología que se definen de acuerdo a la necesidad.

- Las fortalezas del *blockchain* son más que sus debilidades y amenazas, definiendo que aún es clave que se dé mayor desarrollo y avance en esta tecnología, debido a que existen oportunidades de mejora dentro de esta herramienta tan variable, siendo normativas de estándar y legislaciones de seguridad parte de las mejoras. Asimismo, se identifica mejor velocidad, escalabilidad y seguridad en las soluciones bajo permiso y privadas, identificándose que en las cadenas de suministro y cadenas logísticas se requiere cadenas de bloques privadas con participantes debidamente identificados y no cadenas de bloques abiertas entre usuarios anónimos.
- Se determina que este proyecto está enfocado en identificar los aportes que le brinda el *blockchain* a la cadena de suministros y logística, donde esta herramienta presenta un potencial que actualmente otras herramientas del mercado no ofrecen, elevando la digitalización y dando paso a lo que se espera que sea el nuevo modelo de negocio inteligente, por medio de la tecnología, donde el *blockchain* por sí solo no viene a resolver los desafíos o la necesidad de transformación digital.

Se requiere muchos esfuerzos, pero esta tecnología, bien implementada, puede ser un impulso poderoso para las nuevas formas de trabajo de la cadena de suministro y logística, permitiendo mayor responsabilidad y confianza, impulsando la trazabilidad, eficiencia, gestión e independencia de terceros.

- La utilización de herramientas provenientes de la Industria 4.0 en la logística y cadena de suministros se determina como un paso antecesor para que las empresas entiendan mejor el potencial del *blockchain* en estas áreas. Por medio del censo a las empresas fabricantes de equipo original de la industria, se definen que los beneficios que estos perciben de las tecnologías como *Big Data*, Internet de las Cosas, *Cloud* y demás, es una colaboración muy alta y hacen uso de ellas, poniendo a las empresas actualizadas a las nuevas tendencias y al cambio de paradigma del negocio, permitiendo abrirle las puertas al *blockchain* dentro del área empresarial, y al ser este perteneciente a la cuarta revolución industrial, aportar características que permiten aporte entre ellas.
- Se identifica los desafíos que tienen los fabricantes de equipo original de la industria médica, ubicada en Zona Franca Coyol, respecto a sus cadenas logísticas y de suministros, analizando las circunstancias por las cuales se dan estas, identificando una tendencia clara

respecto a la falta de digitalización. Se reconoce así, que cuatro de estas empresas están utilizando el *blockchain* para llegar a cubrir parte de los desafíos mencionados, donde se aprecia que las empresas tienen que lidiar con retos para poder implementar esta tecnología por lo tan innovadora y reciente que es.

- Se establece que existe mejoras actuales en la cadena de suministros y logística a manera de eficiencia, trazabilidad completa, tiempo de respuesta, coordinación entre las partes y automatización. Se destaca que el *blockchain* es capaz de cubrir estas deficiencias, de acuerdo con las dos ejemplificaciones ficticias del uso del *blockchain* y lo indicado por el experto. Es ahora el momento de descubrir cómo empresas o profesionales a cargo de las áreas, pueden evaluar el potencial de la cadena de bloques para sus negocios.
- Por otra parte, se deben considerar una serie de elementos antes definir si el *blockchain* es ideal para el negocio, lo cual requiere de un plan definido, participación y colaboración de las partes, pruebas distintas en la cadena de bloques, probar diferentes tecnologías y construir un ecosistema; si la evolución de todo esto promete dejar buenos rendimientos, la inversión vale la pena.
- Se establece una falta de participación de Costa Rica respecto a la regulación, participación e innovación del tema. Se identifica que actualmente el gobierno no da seguimiento participe respecto al *blockchain* incluido en soluciones empresariales, a pesar de tener empresas con servicios como EOS Costa Rica, entre otros. Las posibilidades de la transformación de la logística y cadena de suministros por medio de tecnología disruptiva, mejora la competitividad.
- Para finalizar, se considera esencial unir esfuerzos para desarrollar entre entidades gubernamentales de Costa Rica, reguladores internacionales y empresas privadas desarrolladoras de la tecnología *blockchain*, para establecer políticas de protección a la privacidad que sean compatibles con el desarrollo de la tecnología, normas de estandarización, eliminar las brechas digitales, oportunidad de inversión y apertura de nuevos trabajos.

Recomendaciones

En esta sección del capítulo se procede a exponer las recomendaciones sobre el *blockchain* para la cadena de suministro y logística en fabricantes de equipos originales de la industria médica,

contemplando el mismo orden, generando las recomendaciones respectivas a los datos generales y continuando con las recomendaciones de cada una de las cinco variables estudiadas.

Recomendación de datos generales

- Se le recomienda a los futuros estudiantes con carreras o conocimientos relacionados con logística, cadena de suministro o desarrolladores de tecnologías de información, que tomen este estudio como guía o base para un desarrollo mayor y que los datos presentados funcionen como un estudio previo para la propuesta o implementación de esta tecnología en distintas industrias; asimismo, fomentar regulaciones que permitan darle mayor credibilidad al *blockchain*, manuales de funcionamiento básico, indicar propuestas de cómo ayudar a las pymes en la desigualdad que puede generar la tecnología *blockchain*, indicación de las nuevas consideraciones o actividades por promover que deben de realizar las organizaciones de comercio tanto a nivel nacional como internacional, entre otros aspectos.
- A manera de recomendación para trabajos, propuestas y análisis, considerar la población experta en las áreas destinadas de estudio, los profesionales directos o encargados de la gestión de una tarea, el aporte de datos que ellos pueden brindar de acuerdo con su experiencia o perspectivas más recientes sobre el tema de estudio, que generen contribución de datos confiables.
- Asimismo, a nivel de profesionales que estén asociados al tema, se les propone participar en la difusión de este tema, ya que el *blockchain* es una realidad de sistema empresarial, debido a que empresas dentro de Costa Rica lo están usando, y, de igual forma, que estos aporten estudios o soluciones de mejora que permitan hacer de *blockchain* un entorno más amigable y menos complejo para la cercanía con esta tecnología.

Recomendaciones de la primera variable: *blockchain*

Seguidamente, se presenta las recomendaciones de la primera variable, de acuerdo con los datos analizados por medio de la documentación y el FODAC.

Recomendaciones: funcionamiento del *blockchain*

- Se insta a las empresas a que se den una idea básica del funcionamiento del *blockchain*, por medio del estudio de sus capas y qué es lo que sucede en cada una de ellas, ya que son las permiten que se dé la interacción entre los distintos nodos (participantes y empresas con distintas funciones dentro de la red), y que las empresas puedan llevar sus proyectos de cadena de suministro y logística por medio de la cadena de bloques.
- Se invita a las empresas a identificar su decisión en arquitectura y la división de los protocolos de consenso de *blockchain*, mediante el diagrama de flujo que se comparte en el capítulo IV e interpretación del capítulo V, dado que, de acuerdo con sus necesidades, este lo puede guiar a la decisión de una arquitectura. De igual manera, informarse de los protocolos de consenso mediante la clasificación de los protocolos y sus subdivisiones, que se analizan en el capítulo IV e interpretaciones del capítulo V.
- Se aconseja a las empresas entender la manera general en que suceden las transacciones en el *blockchain*, esto por medio de la diagramación que se encuentra en el capítulo IV, entendiendo cómo se forma la cadena de bloques y cómo se da el aporte de cada participante que es parte de ella.

Recomendaciones: funcionamiento del flujo de las transacciones de acuerdo con la arquitectura

- Se aconseja a las empresas seleccionar una arquitectura *blockchain* que vaya de la mano con su propuesta de diseño y requerimientos, esto por medio de la evaluación de las distintas arquitecturas dependiendo del tipo de cadena de suministro, por ejemplo, si la empresa necesita diferentes canales de comunicación y una solución privada, es recomendable hacer uso de una red *blockchain* privada de libros múltiples.

Análisis FODAC

Recomendaciones: fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del *blockchain*

- Se sugiere a las empresas considerar el *blockchain* como un medio por el cual pueden ejecutar la gestión de la cadena de suministro y logística, por medio de las fortalezas que brinda la red, las empresas pueden desarrollar un sistema comunicativo entre los participantes más importantes de su logística o cadena de suministros, permitiendo dar seguimiento, automatizar tareas, trayendo beneficios a las empresas integrantes.
- Se aconseja a las empresas que quieran integrar el *blockchain* a las cadenas de suministros o logística, que se apoyen en áreas que actualmente tienen éxito, por medio de aplicaciones limitadas y casos de uso bien definidos, asimismo, se aconseja hacer uso de redes con permiso y privadas, ya que tienen mayor escalabilidad y rendimiento, así como mayor protección de los datos.
- Se recomienda a las empresas desarrolladoras de soluciones *blockchain* que centren esfuerzos por captar inversión para tener un desarrollo más amigable, por medio de estándares integrados por entidades internacionales, legalidades de protección, unión entre los proyectos para buscar mejores formas de trabajo y llevar la tecnología a un nivel de madurez más rápido, por medio de estándares y colaboración conjunta con las fuentes externas que le pueden brindar estas oportunidades.
- Se aconseja a las empresas utilizar métodos de seguridad al utilizar el *blockchain*, esto por medio de la gestión de claves, identidades, accesos, privacidad de los datos, comunicación segura, seguridad por medio de contratos inteligentes y endoso de transacciones. Al mismo tiempo, se insta a las entidades y gobiernos tener una participación colaborativa con el *blockchain* por medio de normas de seguridad y de estructura correcta de los proyectos que se elaboran.
- Se recomienda a las empresas que desarrollan soluciones *blockchain* o las que formen parte de esta tecnología, considerar situaciones de incertidumbre que pueden llegar a pasar y que afecten el negocio. Lo anterior, por medio del análisis de casos hipotéticos a fin de determinar cómo se puede llegar a una posible estrategia para manejar la situación.

Recomendaciones: conocimiento sobre el *blockchain*

- Se invita a las empresas a informarse de la tecnología *blockchain*, por medio del presente documento e investigación por otros medios, entendiendo que esta es una tecnología descentralizada, que a diferencia de la tecnología centralizada que se basa en un servidor central, este hace que todos los participantes sean servidores centrales, por lo cual evita que caiga el sistema, con tal de que un solo servidor o participante quede funcionando, la red sigue funcionando, evitando que se interrumpa el trabajo pues se realiza mediante la cadena de bloques y sus participantes.

Recomendaciones: conocimiento sobre los tipos de *blockchain*

- Se recomienda a los lectores, empresas y profesionales que tengan interés en el *blockchain*, adentrarse a entender los tipos de este, por medio de la comparación entre la información y descripción de cada uno. Actualmente, no se puede decir cuál es mejor o cuáles de los proyectos existentes de *blockchain* es mejor que otro, esto debido a las diferentes funciones de uso que se le pueden dar, a nivel empresarial para la cadena de suministros y logística, se recomienda el uso de plataformas privadas o de servicio, ya que si es preciso compartir datos privados, es mejor la selección de estas. No obstante, si se considera que se van a realizar transacciones con información no confidencial, se puede optar el uso de una pública.
- Se insta a los lectores, empresas y profesionales a que entiendan que sin importar qué tipo de *blockchain* se integre, no es cierto que por no adoptar una cadena de bloques pública, se deja de percibir las características básicas de transparencia y responsabilidad.

Recomendaciones: elementos que componen el *blockchain*

- Se recomienda a las empresas identificar el funcionamiento de los elementos del *blockchain*, por medio de su caso de negocios, referente a lo que se quiera lograr dentro de la cadena de bloques, respecto a su logística y cadena de suministros.

Recomendaciones de la segunda variable: *blockchain* en la cadena de suministros y logística

A continuación, se explican las recomendaciones de la segunda variable, según datos analizados por medio de la entrevista, análisis documental y la herramienta 5 porqués.

Entrevista a especialista en *blockchain* dirigida a la aplicación en cadena de suministro y logística

Recomendaciones: beneficios del *blockchain* en la cadena de suministros

- Es importante que las empresas de distintos sectores identifiquen los beneficios que puede recibir la cadena de suministros por medio del *blockchain*, valorando la información analizada en el capítulo IV e interpretada en el capítulo V, por medio de la asociación de los retos a los que se enfrentan actualmente e identificar cómo los beneficios de la cadena de bloques les beneficia.
- Se invita a las empresas a que trabajen juntas por medio del entorno *blockchain* para que logren alcanzar sus beneficios, mediante estrategias determinadas antes de la implementación de esta tecnología, para alcanzar el éxito se necesita de un consorcio que trabaje en conjunto, que determine las funciones y regulaciones.
- Se promueve entre las empresas y profesionales el estar enterados respecto a diferentes proyectos *blockchain* a nivel de cadena de suministros y logística, y descubrir el avance de estos por medio de estudios, páginas oficiales o las que se mencionan en este estudio, para identificar plataformas de usos que ofrecer o identificar beneficios que se asocien al mismo tipo de negocio.

Recomendaciones: beneficios del *blockchain* en la logística

- Es importante reconocer que el *blockchain* presenta beneficios al área logística que van de la mano con la cadena de suministros, por ello, se invita a las empresas a explorar los beneficios que se exponen en el capítulo IV y la interpretación de estos en el capítulo V, y

entender la significancia, además del valor agregado que este le da al manejo de la gestión logística.

- Para poder obtener los beneficios de trazabilidad que ofrece el *blockchain*, se les recomienda a las empresas tomar en cuenta que este proceso puede llegar a requerir una gestión de cambios significativos y desarrollos de capacidades, esto principalmente con los participantes que están menos informados del tema de la cadena de bloques, lo cual lo pueden llevar de la mano con ayuda experta.

Herramienta 5 porqués:

Recomendaciones: beneficios del *blockchain* dentro de la logística y cadena de suministros.

- Se invita a los lectores a aproximarse a entender los porqués de los beneficios del *blockchain* en la cadena de suministros y logística, por medio de la Herramienta 5 porqués elaborada en el capítulo IV, para comprender de una manera más meticulosa los beneficios de la cadena de bloques. De manera inversa, también se les recomienda a las empresas examinar ciertas dificultades actuales en su cadena de suministros y logística y verificar si el *blockchain* puede ayudar como apoyo.

Recomendaciones de la tercera variable: usos de las herramientas tecnológicas

Se despliega la lista de recomendaciones pertenecientes a la tercera variable, según las conclusiones realizadas al respecto.

Encuesta

Recomendaciones: principales usos en la logística y cadena de suministros.

- Se sugiere a las empresas y profesionales mantenerse informados de los beneficios de las herramientas de la Industria 4.0 y cómo obtenerlos por medio de capacitaciones o cursos, ya que muchas veces se implementan herramientas en las empresas, pero no se sabe verdaderamente cómo aprovechar sus usos, o solo se aprovechan bajos porcentajes.

Recomendaciones: conocimiento actual de la utilización de herramientas tecnológicas

- Se invita a las empresas y profesionales a actualizarse y dar seguimiento a las nuevas tendencias de los modelos de negocio que impulsa la cuarta revolución industrial y que recaen sobre la Logística 4.0 y la Cadena de suministros 4.0, por medio de conferencias, eventos o simposios donde se exponen nuevas herramientas para la gestión de la cadena de suministros o de la logística.

Recomendaciones: identificación de las herramientas tecnológicas utilizadas

- A las empresas se les motiva seguir la inversión de recursos respecto a las herramientas de la cuarta revolución industrial, con una respectiva evaluación de sus necesidades respecto a la logística y cadena de suministros, ya que no todas las empresas requieren de la integración o utilización de todas las herramientas de la Industria 4.0, y esto depende de qué tan grandes sean sus flujos de información, extensión de su cadena logística y de suministros.
- Se recomienda a las empresas establecer conexiones de las funciones de las herramientas que integran en la cadena de suministros y logística, por medio del estudio de sus capacidades y funciones. Para potenciar al máximo la inversión de estas tecnologías y los usos que pueden recibir de estas.

Cuadro de relación entre el *blockchain* y las herramientas de la Industria 4.0

Recomendaciones: relación entre el *blockchain* y las herramientas de la Industria 4.0.

- Es relevante que las empresas consideren el aumento en beneficios que pueden recibir en sus cadenas de suministro y logística, mediante la investigación de la compatibilidad del *Big Data*, *Data Analytics*, Internet de las cosas, Inteligencia artificial, la Nube y Drones, con el *blockchain*, haciendo uso del potencial complementario entre estas herramientas de la Industria 4.0.
- Es importante destacar que el *blockchain* no es una herramienta que trabaje sola, puede complementar o ser complementado con las herramientas actuales con que cuentan las

empresas, donde cada una puede evaluar cómo sus herramientas actuales pueden ser complementadas con la cadena de bloques y viceversa.

Recomendaciones de la cuarta variable: elementos de la cadena de suministro y logística

En seguida, se exponen las recomendaciones de la cuarta variable, según datos analizados por medio de la encuesta, entrevista, análisis documental y Diagrama de Afinidad.

Encuesta

Recomendaciones: identificación de los elementos por nivel de dificultad de gestión.

- Se invita a las empresas y profesionales a controlar las dificultades que presentan sus cadenas de suministro y logísticas por medio de la incorporación de la digitalización, tecnologías que permitan la supervisión e información completa, respecto a los elementos de trazabilidad, intermediarios, identificación de falsificados, comunicación entre actores, seguridad, cumplimiento, eficiencia, información y datos.
- En cuanto a los aportes del *blockchain*, se recomienda hacer estudios y análisis de estos, como se presentan en este estudio, respecto a los aportes que se pueden recibir para mejorar el control sobre los elementos, los cuales no solo pueden beneficiar a las empresas fabricantes de equipo original de la industria médica, sino también a empresas pertenecientes a distintas industrias.

Recomendaciones: conocimiento sobre el *blockchain* dentro de la logística y cadena de suministros.

- El *blockchain* es un tema en aumento dentro del sector empresarial, y en las áreas de logística y cadena de suministros, convirtiéndose poco a poco en un tema más conocido, por medio de investigaciones, estudios y publicaciones sobre el tema, a los cuales los profesionales y distintas empresas pueden determinar accesos para enterarse del tema, encontrando mayor formación al respecto.

- Es de suma relevancia que aquellas empresas que estén haciendo uso del *blockchain* o bien estén implementándolo, den capacitación a todos los involucrados profesionales dentro de la empresa, haciéndolos parte de proceso y promoviendo su aprendizaje.

Recomendaciones: filtro. Aplicación del *blockchain* en las empresas

- Es importante para las empresas entender las nuevas tecnologías disruptivas por medio de artículos e información constante que brindan entidades como el CEPAL por medio de sus boletines, y otras entidades de alto renombre internacional que están introduciendo el tema del *blockchain* a nivel de cadena de suministros y logística; asimismo, esta herramienta competitiva puede ser una ventaja para cualquier tipo de empresa perteneciente a las distintas industrias.
- Se motiva a las empresas y profesionales que aún no tienen conocimiento de la aplicación del *blockchain* en el área de logística y cadena de suministros, para realizar una investigación propia, por medio de la divulgación que realiza este estudio o por los aportes brindados de manera más actualizada por las fuentes expertas en el tema, para que cuando llegue la mejor época pronosticada del *blockchain*, ya se encuentren anuentes al tema y se les facilite el poder hacer uso de esta herramienta.

Recomendaciones: beneficios del *blockchain* hacia la logística y cadena de suministros de la empresa

Sujeto 1

- Se invita a las empresas que actualmente hacen uso del beneficio a eficientizar recursos de la cadena de suministros, por medio de los esfuerzos de adaptación adecuada de la tecnología y de la investigación y desarrollo, llevando el proceso paso por paso para tener una implementación completa, debido a que, por medio de la implementación y uso correcto, la empresa puede sentir disminución y ahorro de gastos, debido a la reducción de reprocesos, una digitalización completa, evitando pérdidas y procesos o papeles repetidos que generen confusión y atrasos, que significan tiempo y dinero para las empresas.

Sujeto 2

- A aquellas empresas que están en el proceso de implementación, se les recomienda investigar casos de implementación por parte de otras empresas, identificar las cosas por hacer y las que se pueden mejorar, contemplar consideraciones, y optar por los beneficios, donde realmente se tenga un caso de aplicación en la cadena de suministros y logística, generando una mejora y diferenciación competitiva que otra herramienta tecnológica no pueda dar.

Sujeto 3

- A las empresas que invierten para obtener los beneficios de descentralización de terceros y automatización para transferir datos de forma libre y segura, se les aconseja seguir, por medio del apoyo de expertos, con la familiarización con la tecnología *blockchain*, para potenciar el aprovechamiento de esta, asimismo, luego descubrir demás usos que le pueden dar a esta herramienta, llevando a beneficiar la experiencia de atención.

Sujeto 4

- Se invita a las empresas a valorar los beneficios de agilización y trazabilidad, por medio de la ejemplificación de estudios y casos existentes, donde empresas llegan a crear mejor atención al cliente, y que este sienta mayor valor en el servicio por la trazabilidad y agilización de los datos que brinda la herramienta para generar mejores pronósticos de demanda.

Recomendaciones: identificar el tipo de *blockchain* utilizado

- Se insta a las empresas y sus profesionales en el área de logística o cadena de suministros, a que analicen cómo se está llevando a cabo este proceso de adaptación al uso del *blockchain*, mediante la participación de todos aquellos que profesionales que se ven involucrados mediante la utilización y provecho de esta tecnología, y no solo centrarlo a unos pocos que tengan el conocimiento total de este.

- Asimismo, se aconseja a las empresas hacer uso de plataformas *blockchain* de servicio, por medio de empresas como IBM, Amazon y Accenture, las cuales están presentes en el país, u optar por las empresas como EDENIA y su marca EOS Costa Rica que brinda soporte en la creación de soluciones *blockchain*, a través de la plataforma EOS y EOSIO, ya que empezar el diseño de una propia cadena de bloques con recursos propios es muy complicado, por eso se recomienda usar soluciones o proyectos ya creados, de mano con expertos en el tema.

Recomendaciones: captar conocimiento de las dificultades de la aplicación del *blockchain*

Sujeto 1

- Se les recomienda a las empresas que quieran adaptar o ya estén adaptando *blockchain* dentro de su cadena de suministro y logística, que tengan concreta la idea por la cual deciden implementar esta herramienta, por medio de un estudio previo de las necesidades de su negocio, versus lo que cadena de bloques les puede ofrecer.

Sujeto 2

- En este punto es importante la participación de las entidades públicas que gestionan los temas de cadena de suministros y logística en Costa Rica, que en la actualidad son las que cuentan con más recursos de investigación, a fin de que se encarguen de elaborar medios de información con la participación y la colaboración de profesionales expertos y relacionados con estas áreas para enfrentar la falta de información y hacer una colaboración privada – pública, y entender el peso que significa el *blockchain* para la evolución futura que viene demarcándose sobre la logística y cadena de suministros.

Sujeto 3

- Se sugiere a las empresas a involucrar a todos los colaboradores relacionados con el área de aplicación del *blockchain*, por medio de la ayuda experta o la formación mediante estudios que actualmente se ofrecen, que si bien tal vez son muy centrados al conocimiento

del *blockchain* como tal y no tanto en la cadena de suministros y logística, permiten mejorar la capacitación, desarrollo y comunicación, así se puede formar debidamente a los trabajadores para que tengan mayores facilidades tecnológicas y luego estos transmitan su conocimiento a los demás.

Sujeto 4

- Se aconseja a las empresas entender que el integrar el *blockchain* en la cadena de suministros y logística no es un proceso instantáneo, por ello, se les recomienda trabajar de la mano con expertos o compañías que den soporte en la implementación del *blockchain*, pues el despeje de dudas mejora los procesos de aprendizaje y se logra una constante actualización del uso.

Entrevista a especialista en *blockchain* dirigida a la aplicación en cadena de suministro y logística

Recomendaciones: usos que las empresas seleccionadas le podrían dar al *blockchain*

- Es importante que las empresas participes de las cadenas de suministro y logística globales de cualquier tipo que puedan hacer uso del *blockchain* se informen respecto al tema, por medio del escrito actual o de fuentes de información experta y demás contenido actualizado, para enterarse de los usos que pueden obtener, generándoles un rango de competitividad y mejor servicio a sus clientes o participantes de los cuales requieren información del trabajo o las acciones de estos, para llevar a cabo sus procesos propios.
- Se recomienda a las empresas hacer usos del *blockchain* para la trazabilidad, mediante la integración de las distintas partes que tienen posesión del producto, donde se realiza de manera más fácil el descubrimiento de productos defectuosos y el retiro de estos de manera eficiente, asimismo, los productos falsificados están faltos de registro o historial de verificación dentro del *blockchain*, pudiéndose descartar fácilmente.
- Se motiva a las empresas que actualmente hacen uso del *blockchain*, para que hagan uso de este medio para aumentar la eficiencia, reduciendo demoras e imprevistos, esto por medio de *tokens* que se transfieren en la cadena de bloques por cada una de las partes, en

donde se comparte la información limitada de artículos producidos o inventario disponible, permitiendo que cada una de las partes tome decisiones respecto a la gestión de sus producciones plazos de entrega, detección de demoras y aumentando la eficiencia. Asimismo, compartir datos logísticos de sincronización, rastreo y automatización de pagos.

- De manera complementaria se aconseja a las empresas hacer usos del *blockchain* para mejorar las áreas de financiación, contrataciones y el seguimiento de las transacciones, por medio de la participación de la información de los flujos de inventario, financieros y de información compartida entre los partes, aumentan los beneficios y decisiones de financiación dentro de la cadena de suministro, las contrataciones y el manejo de las transacciones a nivel internacional.
- Se sugiere a las empresas, observar los ejemplos del uso del *blockchain* analizados en el capítulo IV e interpretados en el capítulo V, ya que a estos se les pueden cambiar los participantes, activos y transacciones a manera del caso de uso personal, identificando cómo funcionan o cuáles son estos tres elementos para su cadena de suministro y logística. De igual manera, entendiendo la eliminación de los puntos ciegos que actualmente se tienen.
- Se sugiere a las empresas que conformen un sistema *blockchain*, establecer un modelo de los datos por compartir, donde dentro de la solución de la cadena de bloques se compartan los datos requeridos entre los involucrados adecuados, para así mantener datos confidenciales de la incumbencia de ciertas partes.
- Se insta a las empresas a hacer uso del *blockchain* en conjunto de sus distintas herramientas como lo son los *softwares* ERP, ya que por medio del *blockchain* pueden obtener una cantidad de datos e información de distintos participantes en conjunto que no se obtienen por medio de las otras herramientas, así como hacer uso de estos datos e integrarlos en el funcionamiento de las otras herramientas que ofrecen otro tipo de ayudas que la cadena de bloques no realiza.
- Para las empresas participantes o que quieran ser partícipes de una solución *blockchain* a nivel de cadena de suministros y logística, es oportuno que consideren que a la hora de formar parte de una cadena de bloques, no tienen que dejar de lado las soluciones de *software* o demás herramientas de las cuales hacen uso, debido a que el *blockchain* es otro

medio tecnológico con características distintas que viene a prestar otras funciones, complementando los sistemas actuales con los que se cuenta en la empresa.

Diagrama de afinidad

Recomendaciones: identificación de la causa de los elementos

- Se aconseja a las empresas completar una lista de ideas causantes que estén interfiriendo en sus actividades de gestión de la cadena de suministros y logística, a través de la elaboración de una Diagrama de Afinidad como el realizado en el capítulo IV, para identificar a cuál elemento o dificultad pertenecen estas exactamente, permitiéndoles mejorar de manera más clara las faltas existentes y tener claras sus propias necesidades.
- A las empresas que determinen tener falta de digitalización y medios tecnológicos que les permita captar todos los tipos de flujos que suceden en la cadena de suministros y logística en un mismo sistema, donde la trazabilidad no sea completa, no se tenga un orden cronológico y el manejo no sea tan eficiente, se les sugiere considerar la implementación del *blockchain* y considerar mediante la investigación, si es una opción viable o no.

Recomendaciones de la quinta variable: *blockchain* en la cadena de suministros y logística

Se procede a indicar las recomendaciones de la quinta variable, de acuerdo con los datos analizados por medio de la entrevista, análisis documental y diagramas de flujo.

Entrevista a especialista en *blockchain* dirigida a la aplicación en cadena de suministro y logística

Recomendaciones: pasos iniciales a considerar para aplicar *blockchain*

- Se les recomienda a las empresas seguir una serie de pasos y consultas antes de implementar el *blockchain*, para ello se pueden guiar por las preguntas expuestas en el capítulo V y llevando las consultas a los expertos con los que se quiera implementar su solución de cadena de suministros.

- Se aconseja a las empresas que quieran evaluar integrar el *blockchain* a su cadena de suministros y logística, compararlo con otras herramientas, esto por medio de la característica que más le llame la atención de la cadena de bloque, por ejemplo, si son los contratos inteligentes, existen otras tecnologías que los permiten.
- Se sugiere a las empresas a llevar a cabo un proceso de adaptación del *blockchain* de manera progresiva, esto debido a que realizar una cadena de bloques para la logística o cadena de suministros es un proceso que se lleva por etapas, donde los actores deben adaptarse a la prueba de este sistema, lo que toma tiempo para desarrollarse completamente. Lograr la aceptación por parte de los actores, lograr el éxito y la conformación del consorcio y la fomentación de este es un avance que toma tiempo.
- Se recomienda a las empresas adecuar la capacidad de trazabilidad o seguimiento del *blockchain* de manera adecuada, empezando por los puntos donde ya existe una integración digital, incluyendo los participantes más importantes para el seguimiento, y ver las ganancias que se obtiene, para ya luego ver si es viable un consorcio más grande y que se complete una trazabilidad más extensa.

Recomendaciones: conocer disponibilidad de servicio

- Se asesora a las empresas valorar las distintas disponibilidades de servicios *blockchain*, por medio del contacto directo con las empresas que ofrecen este tipo de servicios, en esta investigación se determina que la entidad EDENIA, por medio de su marca EOS Costa Rica, genera servicios de *blockchain* dirigidos a logística y cadena de suministro. Asimismo, se puede optar por empresas internacionales como IMB y Amazon.

Recomendaciones: conocimiento de la aplicación del *blockchain* en Costa Rica

- Para los siguientes años el avance de esta tecnología *blockchain* se ve prevé con mucha fuerza y de manera revolucionaria, por eso se recomienda a las empresas privadas que generan soluciones de *blockchain* que se hagan más presentes, por medio de la realización de contenido referente al tema, buscar más presencia en el entorno empresarial, para que estas puedan crecer, la tecnología pueda recibir más inversión y se dé la apertura del conocimiento de la cadena de bloques.

- Se recomienda promover una unión entre gobierno, empresas privadas, comunidades y reguladores internacionales, para facilitar la claridad de la actividad del *blockchain* en la cadena de suministros y logística, esto por medio de reuniones entre las distintas partes para alinear una serie de conocimientos y capacitación, para que luego esto se pueda comunicar a las empresas de diversas industrias en Costa Rica y generar accesibilidad y conocimiento formal del tema, impulsando al país como líder referente y logrando apertura de inversión y nuevos puestos de trabajo.

Recomendaciones: regulaciones existentes del *blockchain* en Costa Rica

- Se motiva a las empresas a identificar los distintos proyectos en que el *blockchain* puede ser aplicado a la cadena de suministros y logística, esto por medio de la consulta a empresas desarrolladoras de este tipo de tecnología en estas áreas, ya que, por ejemplo, la empresa IMB hace uso de *Hyperledger Fabric*.
- Se invita a las entidades gubernamentales de Costa Rica a demostrar interés por las tecnologías disruptivas como lo es el *blockchain*, debido a que estas vienen a cambiar el panorama y paradigma del comercio, por lo cual es necesario el involucramiento de su parte por estudiar el avance de esta tecnología en el país y los requerimientos normativos necesarios por medio de la investigación y la comparación con otros países, esto le generaría un nivel de actualización al país respecto al tema.

Recomendaciones: opinión sobre reglamentación

- Se sugiere a los lectores entender el estado de la diferencia que causa a nivel reglamentario el uso que se le da al *blockchain*, por medio del escrito presente, mientras que en una solución todos los participantes se deben identificar debidamente y compartir información en conjunto para mejor el rendimiento de sus operaciones comerciales, la otra permite a miles de usuarios hacer transacciones monetarias en el anonimato.
- Se invita a las entidades gubernamentales de Costa Rica a brindar apoyo en las normativas de desarrollo de esta tecnología, por medio de la investigación de los estándares que entidades a nivel internacional aconsejan, y que se empiecen a ver como un requerimiento

para todas aquellas empresas privadas que desarrollen soluciones *blockchain* en el país y sea un medio de asegurar a las empresas que quieran adquirir esta herramienta.

Diagrama de flujo

Recomendaciones: consideración de la implementación del *blockchain*

- Se recomienda a las empresas que, durante el proceso de decisión de la implementación del *blockchain* en su cadena de suministros o logística, analicen si la tecnología de la cadena de bloques realmente es necesaria, por ello se sugiere seguir las preguntas que se tratan por medio del Diagrama de flujo en el capítulo IV.

Recomendación final

- Se invita a empresas interesadas o relacionadas con el servicio de cadena de suministros o logística, a comprender la tecnología *blockchain*, identificar sus características básicas de funcionamiento, las arquitecturas, y elementos que la conforman, lo cual permite darles una idea del potencial y de las consideraciones que conlleva una idea de diseño y aplicación de la cadena de bloques como herramienta para la cadena de suministros y logística.
- Para las empresas especialistas en soluciones *blockchain*, es clave para su futuro y para la adaptación por parte de más empresas en sus negocios, trabajar en la mejora de las oportunidades a nivel de normativas, estándares, seguridad, desarrollo maduro y demás oportunidades, el tratar las amenazas y debilidades, para potenciar la aplicación de la cadena de bloques en la cadena de suministro y logística.
- Se recomienda a las empresas que para recibir los beneficios del *blockchain*, se haga uso de sus recursos, esto por medio de mejorar su estado de digitalización, hacer uso de todas las tecnologías actuales que poseen, recursos monetarios, lograr la participación de los demás integrantes y hacer que estos participantes entiendan las ventajas de los beneficios en conjunto si se logra alcanzar un consorcio organizado.
- Se sugiere a las empresas y profesionales que aprovechen las capacidades de compatibilidad de las soluciones tecnológicas, por medio de la integración de las funcionalidades e información proveniente del *Big Data*, Inteligencia Artificial, entre otras,

evolucionando así la capacidad de acceso a los datos que permitan modelos y oportunidades de negocio respecto a la cadena de suministros y logística.

- En este proceso de adaptación del *blockchain* en la cadena de suministros y logística, se puede determinar que es una realidad cada vez más común, al identificar que cuatro empresas fabricantes de equipo original de la industria médica, ubicada en Zona Franca Coyol, hacen uso de este para ayudar a los desafíos de sus cadenas de suministro y logística, por ello, no solo a las empresas de esta industria, sino a las demás, se les recomienda indagar respecto al *blockchain*, por medio de la comunicación con expertos o estudios de información sobre el tema.
- Para las empresas de cualquier industria, el *blockchain* es una herramienta que permite generar valor agregado a la cadena de suministros y logística al generar una comunicación directa y actualizada por un solo medio entre todas las partes interesadas, un registro inmutable, se ahorra dinero por el hecho de evitar demoras en documentaciones y recopilación de datos esenciales, trazabilidad, copia de todos los flujos de la cadena en un solo lugar, entre otros beneficios de uso.
- Se sugiere a las empresas analizar las consideraciones necesarias para definir si el *blockchain* funciona en su logística o cadena de suministros, esto por medio del tamaño de su negocio, volúmenes de clientes, proveedores, envíos, productos, entre otros factores, que hacen que la gestión del manejo de la cadena de suministros o logística sea compleja.
- Se recomienda a las entidades gubernamentales tener una participación colaborativa respecto a su involucración con el *blockchain*, mediante una participación positiva donde no se entorpezca el desarrollo de la cadena de bloques, sino que exista una participación que vaya de la mano con la compatibilidad de esta tecnología, en la cual se conserve sus características principales de descentralización, inmutabilidad y eliminación de terceros.
- Finalmente, se sugiere la unión conjunta entre el sector público, privado y entidades internacionales relacionadas con el tema, ya que es necesaria para los cambios que están ocurriendo y los que van a ocurrir respecto a la transformación por partes de las tecnologías disruptivas, en este caso el *blockchain*.

Lo anterior, utilizando estrategias de desarrollo tecnológico, el conocimiento de cada una de las partes y demás estrategias, para la preparación e integración de cambios en el sector logístico y de cadena de suministros.

Bibliografía

- Aguayo, A. (2019). *Blockchain aplicado a la Cadena de Suministros*. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/101363/TFG2544%20AGUAYO%20L%C3%93PEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alicke, K., Rachor, J., y Seyfert, A. (Octubre 27, 2016). *Supply Chain 4.0 – the next-generation digital supply chain*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/supply-chain-40--the-next-generation-digital-supply-chain>
- Alicke, K., Rexhausen, D., y Seyfert, A. (Abril 6, 2017). *Supply Chain 4.0 en bienes de consumo*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/consumer-packaged-goods/our-insights/supply-chain-4-0-in-consumer-goods/es-ES>
- Allende, M., Colina, V. (Junio 28, 2018). *Blockchain: cómo desarrollar confianza en entornos complejos para generar valor de impacto social*, Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/en/blockchain-how-develop-trust-complex-surroundings-generate-social-impact-value>
- Anaya, J. (2011). *Logística integral: La gestión operativa de la empresa* (4ª ed.). ESIC Editorial
- Apuy, E. (Octubre, 2019). *Perfil de la oferta costarricense especializada en tecnologías 4.0*, PROCOMER. <http://sistemas.procomer.go.cr/DocsSEM/20A998F7-39C0-4B39-99AC-083233A2367A.pdf>
- Asana. (Mayo 27, 2022). *Cómo usar un diagrama de afinidad para organizar la información*. <https://asana.com/es/resources/affinity-diagram>
- Balouei, Shahin, y Tortorella. (Abril 30, 2022). *Analysis of Logistics 4.0 service quality and its sustainability enabler scenarios in emerging economy*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772390922000269#b0175>

- Barleta, Pérez, y Sánchez. (2019). *La revolución industrial 4.0 y el advenimiento de una logística 4.0*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45454/1/S2000009_es.pdf
- Becominds. (Septiembre 1, 2021). *Análisis FODA, DAFO O SWOT*. <https://becominds.com/analisis-foda-dafo-o-swot/>
- Berman, A. (Abril 11, 2019). *Ejecutivo de Oracle: 50% de las empresas utilizarán tecnología blockchain en los próximos tres años*, Cointelegraph. <https://es.cointelegraph.com/news/oracle-exec-50-of-companies-will-use-blockchain-tech-in-next-three-years>
- Bernal Torres, C. A. (2022). *Metodología de la investigación* (1ra ed.). Pearson Educación.
- Bhala, A. (Mayo 19, 2021). *A Comprehensive Guide to Enterprise Blockchain*. Blockchain Council. <https://www.blockchain-council.org/blockchain/a-comprehensive-guide-to-enterprise-blockchain/>
- Blockdata. (Noviembre 13, 2022). *The State of Enterprise Blockchain in 2022*. <https://www.blockdata.tech/blog/general/the-state-of-enterprise-blockchain-in-2022>
- Briceño, G. (Agosto 29, 2014). *Diagramas de Afinidad*. <https://www.clubdetecnologia.net/blog/2014/diagramas-de-afinidad/>
- Cardona, V. y Orozco, J. (Marzo, 2019). *Propuesta para la aplicación de blockchain en la logística en Colombia: caso de estudio en empresa avícola*. https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/84908/1/TG02549.pdf
- Casasempere, A. (Junio 17, 2020). *Cómo llevar a cabo con éxito el Análisis Documental Bibliográfico*. <https://www.maxqda.com/blogpost/analisis-documental-bibliografico>
- Castro, J. (Agosto 27, 2021). *Qué es la cadena de suministro 4.0 y qué puede hacer por tu negocio*. <https://blog.corponet.com/que-es-la-cadena-de-suministro-o-supply-chain-4-0-y-que-puede-hacer-por-tu->

- Fenske, Barbella, y Brusco. (Julio 20, 2022). *Medical Product Outsourcing. The 2022 MPO Top 30 Medical Device Companies Report: Recovery from the COVID-19 pandemic was the strategy for both the world at large and the medtech elite.* <https://www.mpo-mag.com>
- Figueiras, S. (Marzo 3, 2021). *¿Qué es una cadena de suministros?* <https://www.ceupe.mx/blog/que-es-una-cadena-de-suministro.html>
- Fuentelsaz, C. (2004). *Cálculo del tamaño de la muestra.* (Vol. 5), 5 – 13. Barcelona: Matronas Profesión. <https://www.federacion-matronas.org/wp-content/uploads/2018/01/vol5n18pag5-13.pdf>
- Gartner. (Marzo 2, 2017). *Forecast: Blockchain Business Value, Worldwide, 2017-2030.* <https://www.gartner.com/en/documents/3627117>
- Gaur, V., y Gaiha, A. (2020). Building a Transparent Supply Chain: Blockchain can enhance trust, efficiency, and speed. *Harvard Business Review.* <https://hbr.org/2020/05/building-a-transparent-supply-chain>
- Giraldo, D., Moreno, F., y Rodríguez, J. (2021). *Comparación de Dos Plataformas de Blockchain: Bitcoin y Hyperledger Fabric.* Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas, Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión, Medellín, Colombia. <http://www.scielo.org.co/pdf/inco/v24n1/2027-8284-inco-24-01-e30311027.pdf>
- Gómez. (Septiembre, 2018). *Blockchain. La revolución de la industria: Aplicación académica.* Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/122913/in-s-tfg-bc.definitivo-jf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González y Maranto. (Febrero, 2015). *Fuentes de información.* Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf>

- González, O. (Enero 20, 2022). *¿Qué es un diagrama de flujo y para qué sirve? ¡Planificación y eficiencia en un solo paso!* <https://www.crehana.com/blog/negocios/que-es-un-diagrama-de-flujo/>
- Gregolinska, Khanam, Lefort, y Parthasarathy. (Abril 22, 2022). *Capturing the true value of Industry 4.0*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/capturing-the-true-value-of-industry-four-point-zero>
- Guijosa, C. (Octubre 3, 2018). *5 áreas de oportunidad para la consolidación del blockchain, señala Deloitte*. <https://observatorio.tec.mx/edu-news/5-areas-de-oportunidad-para-la-consolidacion-del-blockchain-deloitte/>
- Gülen, K, (Febrero 9, 2023). *Decoding the potential of enterprise blockchain*. <https://dataconomy.com/2023/02/enterprise-blockchain-explained/>
- Hernández et al. (2014). *Metodología de la investigación*. (6ª ed.). McGraw-Hill.
- Hernández Sampieri, R., Cuevas Romo, A., Mendoza Torres, C. P., Méndez Valencia, S. (2017). *Fundamentos de investigación* (1ra ed.). McGraw-Hill.
- International Business Machines Corporation. (s.f.). *Beneficios del Blockchain: Beneficios de blockchain a la industria farmacéutica*. <https://www.ibm.com/mx-es/topics/benefits-of-blockchain>
- International Business Machines. (s.f.). *¿Qué es Hyperledger Fabric?* <https://www.ibm.com/es-es/topics/hyperledger>
- International Business Machines. (s.f.). *¿Qué es la gestión de la cadena de suministro?* <https://www.ibm.com/es-es/topics/supply-chain-management>
- Ismail, y Materwala. (2019). *A Review of Blockchain Architecture and Consensus Protocols: Use Cases, Challenges, and Solutions*, Department of Computer Science and Software

Engineering, College of IT, United Arab Emirates University, Al Maqam 15551, Al Ain, UAE. <https://www.mdpi.com/2073-8994/11/10/1198/htm>

Jara, S. (Septiembre 16, 2021). *9 herramientas tecnológicas, descubre cómo mejorar los procesos de tu empresa*. <https://cardinal-systems.com/2021/09/16/9-herramientas-tecnologicas-descubre-como-mejorar-los-procesos-de-tu-empresa/>

Jenkins, A. (Septiembre 19, 2022). *Logistics for Business Defined: Importance Role & Benefits*. <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/logistics.shtml>

Juárez, C. (Diciembre 15, 2020). *The Logistics World: Con estas soluciones de inteligencia artificial, BMW eficiente su cadena de suministro*. <https://thelogisticsworld.com/tecnologia/con-estas-soluciones-de-inteligencia-artificial-bmw-eficiente-su-cadena-de-suministro/>

Juárez, C. (Enero 21, 2021). *Hospitales de Reino Unido usan tecnología blockchain para el suministro de vacunas anticovid*. <https://thelogisticsworld.com/tecnologia/hospitales-de-reino-unido-usan-tecnologia-Blockchain-para-el-suministro-de-vacunas-anticovid/>

Kaniwá. (Mayo 17, 2021) *¿Qué es un estado del arte?* <https://www.uv.mx/blogs/kaniwa/2022/05/17/que-es-un-estado-del-arte/>

Leong, C., Viskin, T., y Stewart, R. (2018) *Tracing the supply chain: How blockchain can enable traceability in the food industry*, Accenture. https://www.accenture.com/_acnmedia/pdf-93/accenture-tracing-supply-chain-blockchain-study-pov.pdf

Madriz, A. (Diciembre 25, 2021). Industria de dispositivos médicos mantiene crecimiento acelerado en Costa Rica. *La República*. <https://www.larepublica.net/noticia/industria-de-dispositivos-medicos-mantiene-fuerte-crecimiento-en-costa-rica>

Malaver, M. (mayo, 2021). *Propuesta conceptual para la implementación de la cadena de suministro de las vacunas contra el COVID-19 en Colombia, a partir de una revisión sistemática de la aplicación de blockchain en la cadena de suministro de fármacos*. <https://repository.ucatolica.edu.co>

- Marr, B. (Marzo 23, 2018). *How Blockchain Will Transform the Supply Chain and Logistics Industry*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/03/23/how-blockchain-will-transform-the-supply-chain-and-logistics-industry/?sh=5edcb83a5fec>
- MasContainer. (Enero 3, 2022). *La cadena de suministros en la nube: los desafíos de la logística y el uso de la tecnología*. <https://www.mascontainer.com/la-cadena-de-suministros-en-la-nube-los-desafios-de-la-logistica/>
- Mata, L. (Noviembre 26, 2019). *Marco metodológico de investigación*. <https://investigaliacr.com/investigacion/marco-metodologico-de-investigacion/>
- Mecalux. (Agosto 5, 2021). *Smart Supply Chain: la cadena de suministro se vuelve inteligente*. <https://www.mecalux.com.mx/blog/smart-supply-chain>
- Mecalux. (Junio 22, 2020). *Supply Chain 4.0 (SCM 4.0): una cadena de suministro más inteligente*. <https://www.mecalux.com.mx/blog/supply-chain-4-0>
- Mendoza, A. (Octubre 21, 2020). *¿Cómo funciona el blockchain en logística y cadena de suministro?* <https://thelogisticsworld.com/tecnologia/como-funciona-el-blockchain-en-logistica-y-cadena-de-suministro/>
- Mira, J. (Abril 13, 2022). *Industria 4.0: ¿Qué es y cuáles son sus características?* <https://blog.toyota-forklifts.es/industria-4.0-que-es-caracteristicas>
- Morales, J. (Marzo 27, 2022). *Costa Rica ¿hub logístico?* *El Financiero*. <https://www.elfinancierocr.com/opinion/costa-rica-hub-logistico/I2DSXJ3SCVH3LCT47EVTXAPC6Y/story/>
- MultiChain. (s.f.). *MultiChain Enterprise*. <https://www.multichain.com/enterprise/>
- Muñoz Razo, C. (2015). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis* (3ra ed.). Pearson Educación.

- Notus. (Julio 13, 2022). *Breve Historia De La Logística*. <https://notus.cl/breve-historia-de-la-logistica/>
- Obando, L. (Febrero 10, 2018). *Diagrama de Bloques – Ingeniería de Control*. <https://dademuch.com/2018/02/10/diagrama-de-bloques-ingenieria-de-control/>
- Orús, A. (Noviembre 19, 2021). *Pérdidas por el comercio de falsificaciones en el mundo en 2020, por tipo*. <https://es.statista.com/estadisticas/587105/perdidas-por-el-comercio-de-falsificaciones-en-el-mundo/>
- Pérez, J y Gardey, A. (7 de febrero de 2017). *Definición de cuadro comparativo - Qué es, Significado y Concepto*. <https://definicion.de/cuadro-comparativo/>
- Pérez, y Sánchez. (2019). “Logística para la producción, la distribución y el comercio”, *Boletín FAL* 369 número 1/2019 ISSN: 1564-4227. Santiago de Chile, Naciones Unidas, CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45454/1/S2000009_es.pdf
- Pimienta Prieto, J. H., Orden Hoz, A. D. L. (2017). *Metodología de la investigación: competencias + aprendizaje + vida* (3ra ed.). Pearson Educación.
- Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica. (Abril 14, 2022). *Carrefour aplica la tecnología blockchain a sus productos orgánicos*. PROCOMER. <https://www.procomer.com>
- Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica. (Mayo 7, 2019). *Se prevé que 50% de las empresas utilizarán tecnología blockchain en 3 años*. PROCOMER. https://www.procomer.com/alertas_comerciales/se-preve-que-50-porciento-de-las-empresas-utilizaran-tecnologia-blockchain-en-3-anos/
- Pursell, S. (Septiembre 22, 2022). *Análisis FODA de una empresa: qué es, cómo se hace y ejemplos*. <https://blog.hubspot.es/marketing/analisis-foda>
- Ramírez, M. (Julio 15, 2021). *Estado del arte*. <https://leo.uniandes.edu.co/estado-del-arte/>

- Real Academia Española. (2022). *Diccionario de la Lengua Española. Relacionar*.
<https://dle.rae.es/relacionar>
- Real Academia Española. (2022). *Diccionario de la Lengua Española. Uso*. <https://dle.rae.es/uso>
- Real Academia Española. (2022). *Diccionario de la Lengua Española. Elemento*.
<https://dle.rae.es/elemento>
- Real Academia Española. (2022). *Diccionario de la Lengua Española. Oportunidad*.
<https://dle.rae.es/oportunidad>
- Riquelme, M. (Febrero 20, 2023). *8 Ejemplos de Diagrama de Flujo*.
<https://www.webyempresas.com/ejemplos-de-diagrama-de-flujo/>
- Rodríguez, J. (Julio 21, 2021). *5 porqués: definición, aplicación y ejemplos*.
<https://blog.hubspot.es/sales/5-porques>
- Rodríguez, N. (Agosto 26, 2019). *Riesgos De Blockchain Que Todo CIO Debe Saber*.
<https://101blockchains.com/es/riesgos-de-blockchain/>
- Rodríguez, N. (Diciembre 20, 2018). *20 Empresas Que Están Implementando La Tecnología Blockchain*. <https://101blockchains.com/es/empresas-implementando-blockchain/>
- Rodríguez, N. (Diciembre 3, 2018). *Historia De La Tecnología Blockchain: Guía Definitiva*.
<https://101blockchains.com/es/historia-de-la-blockchain/>
- Rodríguez, N. (Marzo 31, 2019). *Blockchain Para Empresas: Guía De Entrenamiento Gratuita*.
<https://101blockchains.com/es/blockchain-para-empresas/>
- Rodríguez, N. (Marzo 31, 2019). *Blockchain Para Empresas: Guía De Entrenamiento Gratuita*.
<https://101blockchains.com/es/blockchain-para-empresas/>
- Rojas, L. (Noviembre 16, 2020). *El ecosistema blockchain de Costa Rica*.
<https://luisdiegorojas.medium.com/el-ecosistema-blockchain-de-costa-rica-82c2ac10ac98>

- Romero, F. (Noviembre 3, 2022). *Menos impuestos: así es la propuesta de Costa Rica para regular las criptomonedas*. *Bloomberg Línea*. <https://www.bloomberglinea.com>
- Rus, E. (Febrero 5, 2021). *Investigación cualitativa*. *Economipedia.com*. <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-cualitativa.html>
- Rus, E. (Noviembre 1, 2020). *Tipos de investigación*. *Economipedia.com*. <https://economipedia.com/definiciones/tipos-de-investigacion.html>
- Sáez, J. (Marzo 4, 2022). *Qué es Blockchain y cómo funciona la tecnología Blockchain*. <https://www.iebschool.com/blog/blockchain-cadena-bloques-revoluciona-sector-financiero-finanzas/>
- Saindane et al. (Octubre 27, 2020). *Blockchain: una solución para mejorar la trazabilidad con menos falsificaciones en la cadena de suministro de medicamentos*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9278412/authors#authors>
- Sandner, y Valenta. (Junio, 2017). *Comparison of Ethereum, Hyperledger Fabric and Corda*, Frankfurt School Blockchain Center. http://explore-ip.com/2017_Comparison-of-Ethereum-Hyperledger-Corda.pdf
- Solistica. (Enero 28, 2022). *Blockchain en la cadena de suministro [Infografía]*. <https://blog.solistica.com/blockchain-en-la-cadena-de-suministro>
- Solistica. (Septiembre 6, 2021). *Retos en la cadena de suministro*. <https://blog.solistica.com/retos-en-la-cadena-de-suministro>
- SYDLE. (Enero 17, 2021). *Tecnologías de la Industria 4.0: ¿Qué son y cómo funcionan?* <https://www.sydle.com/es/blog/tecnologias-de-la-industria-4-0-60e486e2b2503757978621a0/#:~:text=Tecnolog%C3%ADas%20de%20la%20Industria%204.0%20IoT%20o%20Internet%20de%20las,de%20negocio%20o%20BPMS%20C2%BFC%C3%B3mo>

- Synox. (s.f.). *Industry 4.0: How do technologies improve performance through automation?*
<https://www.synox.io/en/industry-4-0/industry-4-0-automation/>
- Taylor, P. (Mayo 23, 2022). *Gasto global en soluciones blockchain 2017-2024.*
<https://www.statista.com/statistics/800426/worldwide-blockchain-solutions-spending/>
- Terreros, D. (Diciembre 27, 2021). *Qué es una encuesta, para qué sirve y qué tipos existen.*
<https://blog.hubspot.es/service/que-es-una-encuesta>
- Villena, M. (Febrero 14, 2021). La receta para dar un giro a la ‘última milla’. *El País.*
https://elpais.com/elpais/2021/02/10/actualidad/1612951464_141376.html
- Wang, K. (2016). *Logistics 4.0 Solution: New Challenges and Opportunities.* Knowledge Discovery Laboratory, Department of Production and Quality Engineering NTNU, Trondheim, Norway. <https://www.atlantis-press.com/proceedings/iwama-16/25862222>
- WEF. (Marzo, 2019), “Inclusive Deployment of Blockchain for Supply Chains - Part 1”, *World Economic Forum, Switzerland.*
https://www3.weforum.org/docs/WEF_Introduction_to_Blockchain_for_Supply_Chains.pdf
- Weinberger, D. (Octubre 27, 2020). *Blockchain y la vacuna Covid: desafíos y oportunidades.*
<https://thelogisticsworld.com/innovacion/blockchain-y-la-vacuna-covid-desafios-y-oportunidades/>
- Winnesota. (2018). *How blockchain is revolutionizing the world of transportation and logistics [infographic].* <https://www.winnesota.com/blockchain>
- Zavgorodniy, A. (Julio 31, 2020). *How big data analytics helps reduce supply chain management costs,* Unisoft. <https://medium.com/unisoft/how-big-data-analytics-helps-reduce-supply-chain-management-costs-5b1a0ca635c8>
- Zona Franca Coyol. (s.f.). *Directorio de compañías.* <https://coyolfz.com/medical-manufacturing-companies-directory/#oems>

Anexos

Anexo I

Cuadro de variables

Objetivo específico	Variables de investigación	Conceptualización de la variable	Definición Instrumental	Indicadores
Conocer el blockchain como nueva herramienta tecnológica.	Blockchain	Es una cadena de bloques o libro mayor compartido e inmutable para registrar transacciones, rastrear activos y genera confianza.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis documental. • Análisis FODAC al Blockchain. • Diagrama de flujo. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conocer qué es el Blockchain. ✓ Entender los elementos que conforma al Blockchain y sus tipos. ✓ Identificar su manera de funciona en forma general. ✓ Determinación de las amenaza, fortalezas, debilidades y oportunidades del Blockchain.
Identificar la funcionalidad del blockchain en la cadena de suministro y logística.	Blockchain en la cadena de suministros y logística	El blockchain se encuentra como la herramienta más adecuada para reducir los costos de gestión en logística y comercio exterior, origen y trazabilidad, no repudiación e inmediatez de la cadena de suministros.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis documental. • Entrevista a expertos. • Herramienta 5 porqués. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Entender la funcionalidad el blockchain dentro de la cadena de suministros y logística. ✓ Entender los porqués de la herramienta blockchain, ayudan a beneficiar la cadena de suministros y logística.
Distinguir usos de las herramientas tecnológicas.	Herramienta tecnológica en Cadena de suministros y Logística	Las herramientas tecnológicas actuales de la Industria 4.0 son soluciones integradas para agilizar la toma de decisiones de la cadena de suministro y logística. Como lo son: el Internet de las cosas, Big Data, Data Analytics, Inteligencia Artificial, Cloud Computing, Drones, entre otros	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis documental. • Encuesta. • Cuadro de relación. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Indicar las aportaciones que generan los usos de las herramientas tecnológicas en la cadena de suministros y logística. ✓ Encontrar la relación existente entre las herramientas tecnológicas de la Industria 4.0 y el blockchain.

<p>Establecer los elementos que se pueden cubrir con blockchain.</p>	<p>Elementos de la cadena de suministro y logística</p>	<p>Los elementos de la cadena de suministro y logística son esas dificultades que las empresas consideran más difíciles de cubrir o en donde mayor deficiencia se detecta</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis documental. • Encuesta. • Diagrama de afinidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificar a través de estudios cuáles son las dificultades más comunes dentro de la cadena de suministro y logística. ✓ Encontrar la posible causa por la que ocurren estas deficiencias. ✓ Definir mediante datos de la encuesta cuáles son los elementos que considera la industria médica seleccionada que deberían de trabajar más. ✓ Identificar si blockchain ya está siendo una opción para cubrir estos elementos.
<p>Evaluar las oportunidades para implementar blockchain.</p>	<p>Oportunidades para implementar blockchain</p>	<p>Las oportunidades existentes dentro de Costa Rica, que permiten a las empresas el poder implementar y dar soporte al blockchain en referencia a la cadena de suministros y logística.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis documental. • Entrevista a expertos. • Diagrama de flujo. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificar las posibilidades de uso específico del blockchain en la industria médica seleccionada. ✓ Determinar las posibilidades de acceso al servicio blockchain en lo que es logística y cadena de suministros dentro de Costa Rica. ✓ Definir la existencia de regulaciones actuales a nivel de Costa Rica sobre blockchain.

Anexo II

Cuestionario 1

Cuestionario 1

Encuesta

El presente cuestionario tiene como objetivo la recolección de información para la realización del desarrollo de un Trabajo Final de Graduación en la Universidad Latina, referente al estudio del *blockchain* para la cadena de suministro y logística en fabricantes de equipos originales de la industria médica ubicada en la Zona Franca Coyol, Costa Rica. La información suministrada será exclusivamente de uso académico, sin ningún fin comercial. De antemano se le agradece su participación.

*1. ¿Trabaja usted en una empresa que sea fabricantes de equipos originales de la industria médica en la Zona Franca Coyol, Costa Rica?

- Sí
- No (Favor no seguir contestando la encuesta)

*2. ¿Es usted parte de la gestión de la cadena de suministros o logística en la empresa donde trabaja?

- Sí
- No (Favor no seguir contestando la encuesta)

*3. Indique el nombre de su puesto.

Puesto: _____

*4. Tiempo de experiencia en relación con el manejo de cadena de suministro o logística

- De 1 a 3 años
- De 3 a 6 años
- De 6 a 9 años
- De 9 a más años

*5. Edad en años cumplidos

- 18 – 29
- 29 – 39

- 39 – 49
- 49 – 59
- 59 – 69
- Más de 69

*6. Grado académico

- Diplomado
- Bachiller Universitario
- Licenciatura
- Maestría
- Doctorado

Otros (especifique): _____

Usos de las herramientas tecnológicas

Herramientas de la Industria 4.0 en la logística y cadena de suministro.

*7. Valore en la escala del 1 al 5, siendo 1 el más bajo y 5 el más alto, ¿cuáles considera que son los principales usos de las herramientas de la Industria 4.0 en la logística y cadena de suministros?

1 2 3 4 5

Toma de decisiones más ágiles

Eficiencia y productividad

Reducción de errores

Integración de los procesos

Seguimiento de los procesos logístico

Seguimiento de la cadena de suministro

Automatización

Otros (especifique):

*8. ¿Actualmente, en la empresa donde usted labora hacen uso de herramientas tecnológicas que faciliten la gestión de la cadena de suministros o la logística?

- Sí
- No

*9. A continuación, se presenta una lista de tecnologías que se utilizan actualmente para analizar los datos, trazabilidad y modelar comportamiento de clientes, proveedores, entre otros. Categorice, según nivel de importancia de uso, cada una de estas tecnologías en la cadena de suministros y logística dentro de la empresa donde usted labora.

Nada importante Poco importante Neutral Importante Muy importante

Internet de las cosas

Inteligencia Artificial

Big Data

Data Analytics

Cloud

Drones

Elementos de la cadena de suministro y logística

Establecer los puntos con mayor dificultad a cubrir dentro de la cadena de suministro y logística de la industria seleccionada y, asimismo, estudiar si la empresa entrevistada está aplicando o en proceso de introducir el *blockchain* dentro de sus procesos de cadena de suministro o logística.

*10. Categorice, según nivel de dificultad, cuáles elementos son más difíciles de gestionar en su cadena de suministros y logística

Nada difícil Poco difícil Neutral Difícil Muy difícil

Trazabilidad

Intermediarios

Identificación de falsificados

Comunicación entre los actores

Seguridad

Cumplimiento

Eficiencia (costos, transacciones, gestión y papeleo)

Información y datos

*11. Señale qué tanto es su conocimiento sobre la utilización del *blockchain* dentro de la logística y cadena de suministros. Califique su conocimiento del 1 al 5, donde 1 significa muy poco y 5 muy alto.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

*12. ¿Actualmente en su empresa aplican o están en proceso de introducción de la implementación de la solución *blockchain*, ya sea, en la parte de la cadena de suministro o la logística?

- Sí
- No (Favor no seguir contestando la encuesta)

13. Si se encuentra en aplicación o en desarrollo, por favor, indique de qué manera esta tecnología le ayudará a la empresa en su cadena de suministros o logística.

Respuesta: _____

14. Mediante qué tipo de *Blockchain* lo están llevando a cabo.

- Pública
- Privada
- Federada
- De servicio (por ejemplo, con IBM)
- Desconozco cuál tipo es

15. En su opinión, de acuerdo con el proceso, comente cuáles han sido las mayores dificultades del proceso de implementación.

Respuesta: _____

Anexo III

Cuestionario 2

Cuestionario 2

Entrevista

El presente cuestionario tiene como objetivo la recolección de información para la realización del desarrollo de un Trabajo Final de Graduación en la Universidad Latina, referente al estudio del *blockchain* para la cadena de suministro y logística en fabricantes de equipos originales de la industria médica ubicada en la Zona Franca Coyol, Costa Rica. La información suministrada será exclusivamente de uso académico, sin ningún fin comercial. De antemano se le agradece su participación.

1. Podría usted enlistar una serie de razones por las cuales el *blockchain* es beneficioso para la cadena de suministros.
2. Podría usted enlistar una serie de razones por las cuales el *blockchain* es beneficioso para la logística.
3. ¿Cuáles usos actuales del *blockchain* considera usted que beneficiaría a los fabricantes de equipos originales de la industria médica ubicada en la Zona Franca Coyol, Costa Rica?
4. ¿Cuáles consideraciones debería tomar en cuenta una empresa antes de implementar el *blockchain* en su cadena de suministros y logística?
5. Actualmente, ¿cuáles son los servicios de *blockchain* disponibles en Costa Rica que las empresas pueden optar por implementar en su cadena de suministros y logística? ¿Y cómo lo pueden hacer?
6. Dado el caso que usted cuente con la información, ¿podría brindar un dato de cuántas empresas en Costa Rica usan el *blockchain* y cuántas empresas son de la industria médica?
7. En la actualidad, ¿existen reglamentaciones que rijan el uso del *blockchain* a nivel de Costa Rica, respecto a la cadena de suministros y logística?
8. En su opinión, ¿qué partes del *blockchain* se tendrían que reglamentar a nivel país?

Anexo IV

Tabla de ítems del Cuestionario 1

Cuestionario I - Encuesta

Ítem	Naturaleza	Reactivo	Indicador
1	Cerrada dicotómica	Pregunta filtro	nominal
2	Cerrada dicotómica	Pregunta filtro	nominal
3	Abierta	Área de trabajo	nominal
4	Cerrada poliónica	Tiempo de experiencia	intervalo
5	Cerrada poliónica	Edad	intervalo
6	Cerrada poliónica	Grado académico	nominal
Usos de las herramientas tecnológicas			
7	Tipo Likert	Principales usos en logística y cadena de suministros	ordinal
8	Cerrada dicotómica	Conocimiento actual de la utilización de herramientas tecnológicas	nominal
9	Escala de Likert	Identificación de las herramientas tecnológicas utilizadas	ordinal
Elementos de la cadena de suministros y logística			
10	Escala de Likert	Identificación de los elementos por nivel de dificultad de gestión	ordinal
11	Tipo Likert	Conocimiento sobre blockchain dentro de la logística y cadena de suministros	ordinal
12	Cerrada dicotómica	Filtro	nominal
13	Abierta	Beneficios del blockchain hacia la logística y cadena de suministros de la empresa	de razón
14	Cerrada poliónica	Identificar el tipo de blockchain utilizada	nominal
15	Abierta	Captar conocimiento de las dificultades de la aplicación del blockchain	de razón

Anexo V

Tabla de ítems del Cuestionario 2

ítem	naturaliza	reactivo	indicador
------	------------	----------	-----------

Cuestionario 2 - Entrevista

Blockchain

No aplica este instrumento para esta variable

Blockchain en la cadena de suministros y logística

- 1 abierta Beneficios del blockchain en la cadena de suministros
- 2 abierta Beneficios del blockchain en la logística

Usos de las herramientas tecnológicas

No aplica este instrumento para esta variable

Elementos de la cadena de suministro y logística

- 3 abierta Usos que las empresas seleccionadas le podrían dar al blockchain

Oportunidades para implementar blockchain

- 4 abierta Pasos iniciales a considerar para aplicar blockchain
- 5 abierta Conocer disponibilidad de servicio
- 6 abierta Conocimiento de la aplicación del blockchain en Costa Rica
- 7 abierta Regulaciones existentes del blockchain en Costa Rica
- 8 abierta Opinión sobre reglamentación

Anexo VI

Alfa de Cronbach

Item	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6
Subjeto													
1	4	4	5	5	5	5	5	3	3	5	5	4	1
2	5	4	5	5	4	4	5	4	3	3	5	4	1
3	4	4	5	4	4	4	5	4	3	3	4	5	1
4	3	3	3	2	2	3	3	5	3	3	5	4	3
5	2	2	2	2	3	2	2	4	3	4	4	3	3
6	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5
7	5	4	4	5	4	4	4	3	3	4	5	4	1
8	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4
9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
10	4	4	4	3	5	5	3	4	3	4	4	4	2
11	3	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	3
12	5	4	5	4	5	5	3	4	3	4	4	3	3
13	4	4	4	4	3	3	3	1	3	3	4	3	1
Promedio	2,41	2,36	2,55	2,41	2,45	2,50	2,41	2,27	2,09	2,41	2,68	2,41	1,45
Variancia	0,84	0,62	0,83	1,15	0,90	0,95	1,15	1,05	0,71	0,69	0,25	0,53	1,79

Glosario

Algoritmo de consenso: es el mecanismo que decide usar una red *blockchain* para que se realice el registro con el estado a estar supuestamente correcto usado, por lo que algoritmo de consenso va a indicar la verdad que todos los nodos deben seguir.

Ataques del 51%: Sucede cuando un grupo de mineros o un minero reúne suficientes recursos podría alcanzar más del 50% de la red, dándole el control del libro mayor. Los *blockchain* de tipo privado no son vulnerables a estos ataques.

Autenticidad: La garantía de que un producto es verdaderamente fabricado por una marca y que no sea una copia o falsificación.

Código QR: Una evolución del código de barras, que está formado por barras y cuadros, que, al ser descifrado o leído, brinda información de un producto o unidad.

Congreso Internacional de Complejos y Sistemas Electrónicos (ICOECS): Congreso internacional de investigadores realizado por el IFISC para la exposición sobre sistemas complejos e innovación actual.

COVID – 19: Enfermedad causada por el coronavirus conocido como SARS-CoV-2, la cual expuso a nivel internacional a grandes cambios en el manejo de las industrias y compañías, trayendo consigo nuevos retos.

Digitalización: Es la evolución de pasar ciertas actividades o tareas, a poder ser realizadas a través de medios digitales.

Enrutamiento: Tipo de ataque cibernético donde los *hackers* interceptan datos de una transferencia mientras se está realizando.

Fármacos: Son todos aquellos productos que dentro de su composición permiten prevenir, reducir o curar enfermedades dentro del organismo o dolencias físicas.

Fintech: cuando se habla este término, y se relaciona a un sector, empresa u empresas, significa que existen productos o empresas hacen uso de tecnologías digitales y en línea, relacionadas con servicios financieros y bancarios.

Firma digital: Solo puede ser usada por su propietario, la firma está vinculada a un documento, la cual no se puede reutilizar para mostrar el acuerdo o conformación de otro contrato o documento.

Grupo Carrefour: Multinacional francesa que se dedica a la distribución de productos.

Hash: Recibe el nombre transformación de claves, medio por el cual se comprime un gran volumen de datos en un resumen de ellos.

Industria Médica: Destinada a la fabricación o ensamble de dispositivos médicos o electrónicos

International Business Machines Corporation (IBM): Multinacional estadounidense de tecnología y consultoría con servicios de *hardware* y *software* en una amplia gama de áreas.

MongoDB: Sistema de base de datos que no usa SQL, dirigido a documentos y con la característica de código abierto. Es usado en las plataformas de Hyperledger Fabric en sus libros múltiples.

Phishing: Tipo de estafa para obtener las credenciales de un usuario de blockchain.

Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER): Entidad pública costarricense que se encarga de la promoción del comercio exterior de Costa Rica.

Sistema Peer – to - Peer: Son programas que permiten compartir información que está en sus dispositivos y permite contactarse entre sí a los usuarios de Internet.

Sybil: Ataque cibernético donde el *hacker* utiliza y crea una cantidad distinta de identidades de red falsas para saturar la red y bloquear el sistema.

Tecnología de Registro Distribuido o DLT: es una estructura de base de datos digital que es actualizada y mantenida por todos los usuarios miembros de manera independiente en un espacio de red, y no hay una autoridad central que transmita las transacciones.

Timestamp (marca de tiempo): Dato que funciona para determinar el momento preciso en que un bloque ha sido minado y fue validado por la red *blockchain*.

Trazabilidad: Seguimiento de todas las etapas por las que pasa un producto.

Web 3.0: Es la tercera generación web, con la capacidad de interpretar e interconectar mayor cantidad de datos.