

Desarrollo y verificación de una aplicación web basada en tecnología Blockchain y Smart Contract para el seguimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo bajo la normativa dictada en el Decreto 1072 de 2015 – Capítulo 6 para los empleados de la empresa CEA Ingeniería que Evoluciona S.A.S. en labores de ingeniería



Trabajo de Grado
Modalidad: Practica Profesional

Jason Steven Díaz Molina

Asesor de empresa: MSc. Carlos Fernando Realpe
Director: MSc. Fabio Hernán Realpe Martínez
Codirector: MSc. Vladimir Trujillo Arias

Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Programa Ingeniería en Automática Industrial
Popayán, Cauca, 2023

Desarrollo y verificación de una aplicación web basada en tecnología Blockchain y Smart Contract para el seguimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo bajo la normativa dictada en el Decreto 1072 de 2015 – Capítulo 6 para los empleados de la empresa CEA Ingeniería que Evolucionaria S.A.S. en labores de ingeniería

Jason Steven Díaz Molina

Monografía presentada a la Facultad de Ingeniería
Electrónica y Telecomunicaciones de la
Universidad del Cauca para la obtención del
Título de:

Ingeniero en Automática Industrial

Director
MSc. Fabio Hernán Realpe Martínez
Codirector
MSc. Vladimir Trujillo Arias

Popayán, Cauca
2023

Nota de aceptación

Firma de Jurado

Firma de Jurado

Popayán, marzo de 2023

Dedicatoria

En primer lugar, deseo expresar mi gratitud a Dios por darme la vida, por cumplir sus promesas y por estar siempre a mi lado, fortaleciéndome cada día durante mi formación profesional. La gloria y la honra sean para Él. También quiero agradecer a mis padres por su incondicional apoyo, amor y cariño. A mi padre, por ser un modelo de perseverancia y valentía, que me ha enseñado desde temprana edad el valor de progresar en la vida. A mi madre, por su amor, consejos, motivación y valores que han guiado mi camino hacia ser una persona de bien. A mis hermanos, por ser ejemplos dignos de seguir en la vida. Y a mis tíos, tías y demás familiares, que han brindado su apoyo para lograr el éxito en mi práctica profesional. ¡A todos ustedes, gracias!

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	11
1 Capítulo 1. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES, CONCEPTOS TEÓRICOS Y EVALUACIÓN DEL PROCESO DE TOMA DE DATOS SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO PARA EL DESARROLLO DE LA APLICACIÓN DESCENTRALIZADA EN LA EMPRESA CEA	12
1.1 CONCEPTOS PARA EL DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DESCENTRALIZADA	12
1.1.1 Tecnología de libro distribuido (DLT)	13
1.1.2 Tecnología <i>Blockchain</i>	16
1.1.3 <i>Smart contracts</i>	21
1.1.4 Aplicación descentralizada (DApp).....	22
1.2 REQUERIMIENTO DE LA EMPRESA CEA EN LA PRÁCTICA PROFESIONAL.....	25
1.3 REQUERIMIENTOS DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL CON CEA	25
1.3.1 Toma de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores basado en los formatos físicos existentes.....	26
1.3.2 El grado de cumplimiento de la empresa para toma, almacenamiento y tratamiento de los datos basados en la normativa dictada en el Decreto 1072 de 2015 – Capítulo 6 sobre Seguridad y Salud en el Trabajo.	26
1.3.3 Visualización de datos por el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la organización	27
1.4 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES.....	28
1.5 EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SEGUIMIENTO PARA LA..... TOMA DE DATOS SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO ..	31
1.5.1 La normativa en el Decreto 1072 de 2015 – Capítulo 6 sobre el sistema de gestión para la Seguridad y Salud en el Trabajo.....	32
1.5.2 Evaluación del grado de cumplimiento de la normativa en el Decreto 1072 de 2015 – Capítulo 6 sobre el Sistema de Gestión..... para la Salud y Seguridad en el Trabajo basados en el método manual de toma de datos.....	35

2	Capítulo 2. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN WEB DAPP CON EL FRAMEWORK SCAFFOLD.....	41
2.1	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	41
2.2	RED <i>BLOCKCHAIN</i>	44
2.3	<i>FRAMEWORK SCAFFOLD ETH</i>	49
2.4	PROPUESTA DE LA APLICACIÓN WEB TIPO DAPP	51
2.4.1	Arquitectura de aplicativo web tipo DApp.....	52
2.4.2	Ventanas del aplicativo web DApp.....	53
2.4.3	Interacción entre ventanas de la aplicación web tipo DApp	58
3	Capítulo 3. ANÁLISIS DE DESMPENÑO.....	59
3.1	IMPLEMENTACIÓN EN CAMPO	59
3.2	COMPARACIÓN DE PROCESOS	60
3.3	COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE REGISTRO.....	64
3.4	COMPARACIÓN EN EL CUMPLIMIENTO DE LA	
	NORMATIVA ADOPTADA POR LA EMPRESA CEA PARA EL	
	SG-SST BASADA EN EL DECRETO 1072 DE 2015 CAPÍTULO 6	66
3.5	RESULTADOS	68
3.5.1	Tiempos de operación.....	69
3.5.2	Costos de operación	69
3.5.3	Trazabilidad del proceso y cumplimiento de la normativa.....	69
3.5.4	Integración del proceso	71
3.5.5	Grado de cumplimiento de la normativa adoptada por la	
	empresa CEA para el SG-SST basada en el Decreto 1072	
	de 2015, Capítulo 6.....	71
4	Capítulo 4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	72
4.1	CONCLUSIONES.....	72
4.2	TRABAJOS FUTUROS	73
	BIBLIOGRAFÍA.....	74
	ANEXOS.....	77

LISTA DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Descripción de las redes <i>blockchain</i> como un tipo de DLT	15
Tabla 2	Datos de recolección por colaborador en obras	29
Tabla 3	Indicadores de cumplimiento de la normativa en el SG-SST para la empresa CEA	36
Tabla 4	Evaluación y grado de cumplimiento del proceso manual de toma de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo en la empresa CEA	38
Tabla 5	Historia de usuario 1	42
Tabla 6	Historia de usuario 2	42
Tabla 7	Historia de usuario 3	42
Tabla 8	Historia de usuario 4	42
Tabla 9	Comparación de las redes <i>blockchain</i> más importantes y su interacción de <i>smart contracts</i>	44
Tabla 10	Lógica de programación para el <i>smart contract</i>	47
Tabla 11	Comparación de las posibles billeteras para la interacción colaborador – aplicación web	50
Tabla 12	Evaluación y grado de cumplimiento de la normativa con el proceso por el aplicativo web tipo DApp	66

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Diagrama de diferencias entre un proceso centralizado y un proceso descentralizado	14
Figura 2	Diagrama con los diferentes tipos de redes DLT	15
Figura 3	Bloques en una red <i>blockchain</i>	16
Figura 4	Diagrama de caracterización de redes <i>blockchain</i>	19
Figura 5	Diagrama con diferencias entre PoW y PoS	19
Figura 6	Intereses a lo largo del tiempo para el término “ <i>blockchain</i> ” en búsquedas de Google	21
Figura 7	Crecimiento financiero en billones de dólares del mercado derivado de la tecnología <i>blockchain</i>	21
Figura 8	Ejemplo de compra de activos con el uso de <i>smart contracts</i>	22
Figura 9	Diagrama de diferencias entre una App y una DApp en el flujo de información	23
Figura 10	Etapas del registro de los datos de Seguridad y Salud en el Trabajo en CEA	31
Figura 11	Etapas de la metodología Scrum para el desarrollo de software	41
Figura 12	Etapas del proceso de registro de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de la empresa CEA mediante aplicativo web tipo DApp	43
Figura 13	Arquitectura de aplicativo web tipo DApp	44
Figura 14	Entorno de desarrollo de pruebas <i>Remix</i>	46
Figura 15	Proceso para la creación del <i>smart contract</i>	46
Figura 16	El <i>Framework Scaffold</i> en <i>Git</i>	49

Figura 17	Etapas del proceso de registro de datos en la DApp	51
Figura 18	Arquitectura del aplicativo web	51
Figura 19	Ventana principal de la DApp	53
Figura 20	Ingreso de usuario por medio de billetera digital	53
Figura 21	Pantalla de la ventana <i>worker</i> completa	54
Figura 22	Pantalla de la ventana <i>occupational</i> completa	55
Figura 23	Pantalla de la ventana de visualización de datos discriminada por trabajador	56
Figura 24	Diagrama de interacción general	57
Figura 25	Proceso manual para la toma de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores	59
Figura 26	Proceso de registro con aplicativo web	59
Figura 27	Formato para registrar la Seguridad y Salud en el Trabajo en obras civiles	60
Figura 28	Formato para registrar la Seguridad y Salud en el Trabajo en obras eléctricas	61
Figura 29	Formato para registrar el comportamiento de salud física	62
Figura 30	Muestras tomadas proceso manual a la entrada de la jornada laboral	63
Figura 31	Muestras tomadas proceso manual a la salida de la jornada laboral	64
Figura 32	Muestras tomadas con aplicativo web	65
Figura 33	Muestras tomadas con aplicativo web	65
Figura 34	Base de datos <i>Firebase</i> con datos registrados	70

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A Actividades de la práctica profesional con la empresa CEA para la toma de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores en labores de ingeniería	78
Anexo B Código Fuente	80
Anexo C Manual del Usuario	81
Anexo D Artículo Científico	93

INTRODUCCIÓN

La empresa CEA Ingeniería que evoluciona S.A.S. presenta una convocatoria para desarrollar aplicaciones software con el objetivo de mejorar sus procesos dentro de la organización, una de ellas es el uso de nuevas tecnologías para mejorar la recolección, seguimiento y análisis de la Seguridad y Salud en el trabajo de los colaboradores en las distintas labores de ingeniería que la empresa presta en varios municipios y departamentos de Colombia, hasta el momento estas labores de seguimiento son ejecutadas por un profesional de la Seguridad y Salud en el Trabajo, el cual, en las distintas localidades debe desplazarse a las obras para llenar formatos físicos, los cuales, toman mucho tiempo y además son complicados de analizar para tomar decisiones en pro del mejoramiento de la Seguridad y Salud en el trabajo.

Por tanto, en el presente proyecto se busca brindar solución al proceso de entrega y trazabilidad de la documentación proveniente de registros de la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de la empresa en diferentes labores de ingeniería con una aplicación web basada en tecnología *blockchain* y apoyada por *smart contracts*, la cual, se espera ayude a disminuir los tiempos de recolección y posterior análisis del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo sobre el estado de la Seguridad y Salud en el trabajo.

El aplicativo web busca llevar un control de documentación sobre la toma de variables de salud y seguridad en el trabajo medibles como lo son: el bienestar físico y mental, llevar un registro sobre molestias físicas y laceraciones producto de la jornada laboral junto con la verificación sobre el uso adecuado de los implementos e indumentaria para las labores a ejecutar por los colaboradores de la empresa y con ello la implementación por parte de la organización sobre medidas de seguridad, posibles accidentes y la buena labor en el ambiente laboral de los colaboradores de la empresa CEA. Con ello se minimizará el tiempo de recolección y posterior análisis de los resultados obtenidos al llenar los formatos de registro diario, además contando con una herramienta, la cual sirva de base para tomar decisiones sobre el rendimiento de los colaboradores y trazabilidad de posibles enfermedades físicas en la labor diaria de sus actividades.

Capítulo 1. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES, CONCEPTOS TEÓRICOS Y EVALUACIÓN DEL PROCESO DE TOMA DE DATOS SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO PARA EL DESARROLLO DE LA APLICACIÓN DESCENTRALIZADA EN LA EMPRESA CEA

En el presente capítulo se da a conocer los requerimientos funcionales y conceptos necesarios para desarrollar la práctica profesional en la empresa CEA, Ingeniería que Evolucionaria, para elaborar una aplicación web integrada con tecnología blockchain y smart contracts para el seguimiento de la seguridad y salud del trabajador.

1.1 CONCEPTOS PARA EL DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DESCENTRALIZADA

Como primera instancia se dan a conocer conceptos necesarios para dar contexto a la práctica profesional en cuestión. Siguiendo el objetivo general se observa que la práctica profesional se centra en desarrollar una aplicación web tipo DApp (*Decentralized applications*) o aplicación descentralizada, la cual, según definición es una “aplicación que funciona bajo una base de datos descentralizada o red de computadoras, donde los datos se reparten en nodos manteniendo la información segura”[1]. las bases de datos descentralizadas o DLT (*Distributed Ledger Technology*) son por definición “un conjunto de tecnologías que permiten diseñar una estructura de sistemas que permite funcionar como una base de datos no centralizada.”[2].

Esto contextualiza de que no existe una base de datos “central” o primaria donde se almacene la información, sino que a su vez los datos se distribuyen en una red de computadoras, las DLT más comunes son las redes *blockchain*, las cuales, se integran bajo el mismo principio, pero con un concepto importante ya que es un sistema cuyo funcionamiento depende de generar bloques donde se almacena la información. Estos bloques luego se enlazan unos con otros generando la conocida cadena de bloques, donde según los autores Natarajan et al. “Una red *blockchain* es un tipo particular de estructura de datos que se utiliza en algunos registros distribuidos que almacena y transmite datos en paquetes llamados "bloques" que están conectados entre sí en una 'cadena' digital.

Las cadenas de bloques emplean métodos criptográficos y algorítmicos para registrar y sincronizar datos a través de una red de manera inmutable.”[3]. Estos bloques pueden almacenar información que se encuentra encriptada por un *hash*, el cual es una función matemática que encripta direcciones obteniendo una nueva a raíz de la anterior y es con ayuda de esta función matemática por la cual se enlaza la información incluida en el bloque.

Donde los autores Sobti R, Geetha G indican " Las funciones *hash* criptográficas son una de las herramientas más importantes en el campo de la criptografía y se utilizan para lograr una serie de objetivos de seguridad como la autenticidad, firmas digitales, generación de pseudo números, digital esteganografía, sellado de tiempo digital, etc."[4].

Esta información o datos que se almacenan pueden ser trozos de código en lenguaje de programación que se ejecutan automáticamente al momento de realizar una transacción denominados *smart contracts*, donde según los autores Zou W et al. "El *smart contract* es un término que se acuñó originalmente para referirse a la automatización por medio de software de los contratos legales en general, hoy en día se ha visto mucho interés debido a la llegada de la tecnología *blockchain*. Recientemente, el término se usa popularmente para referirse a scripts de código de bajo nivel que se ejecutan en una plataforma de cadena de bloques."[5].

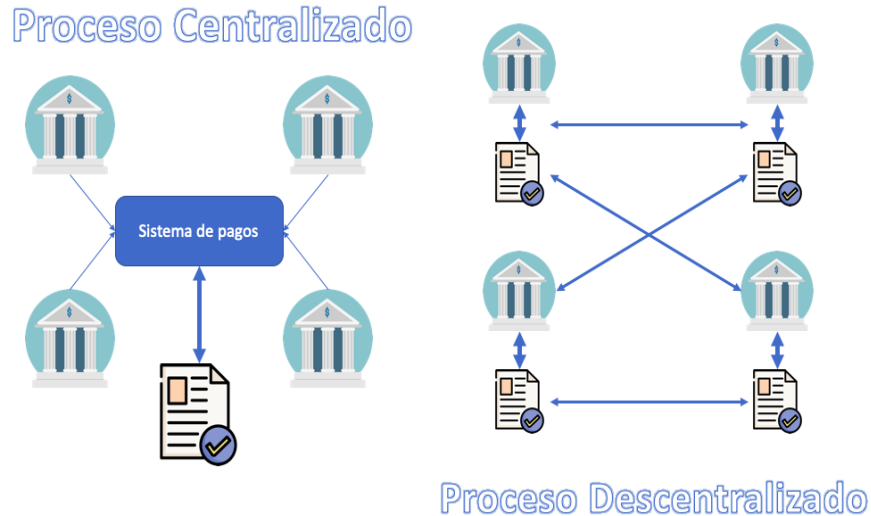
Según Clack et al. propuso una definición de *smart contract* que es lo suficientemente amplio como para cubrir la anterior definición la cual dicta que el *smart contract* es "automatizable y con acuerdo exigible. Automatizable por ordenador, aunque algunas de las piezas pueden requerir intervención y control humanos. Ejecutable ya sea por aplicación legal de los derechos y obligaciones o a través de pruebas de manipulación o ejecución de código informático"[6].

Todos estos conceptos involucrados son los necesarios para elaborar una aplicación descentralizada, por tanto, se procede a continuación a dar un concepto más amplio de cada uno de ellos.

1.1.1 Tecnología de libro distribuido (DLT). Un concepto importante dentro del desarrollo de la aplicación descentralizada es conocer la forma en la cual se maneja la información, como se ha indicado anteriormente este tipo de aplicaciones funciona bajo una base de datos denominada DLT, la cual, en concepto es una base de datos descentralizada, la cual, distribuye la información en los nodos que hacen parte de la red, donde el autor Romero Ugarte J indica "La tecnología DLT se refiere a una base de datos en la que hay múltiples copias idénticas distribuidas entre varios participantes y que se actualizan de una manera sincronizada por consenso de las partes." [7].

Por lo tanto, no existe un ordenador o servidor central que almacene y controle el flujo de información, un ejemplo claro para esta tecnología es un sistema de pagos donde se puede evidenciar la diferencia entre un sistema centralizado y tecnologías descentralizadas como DLT, en la Figura 1 se indica gráficamente las diferencias.

Figura 1. Diagrama de diferencias entre un proceso centralizado y un proceso descentralizado

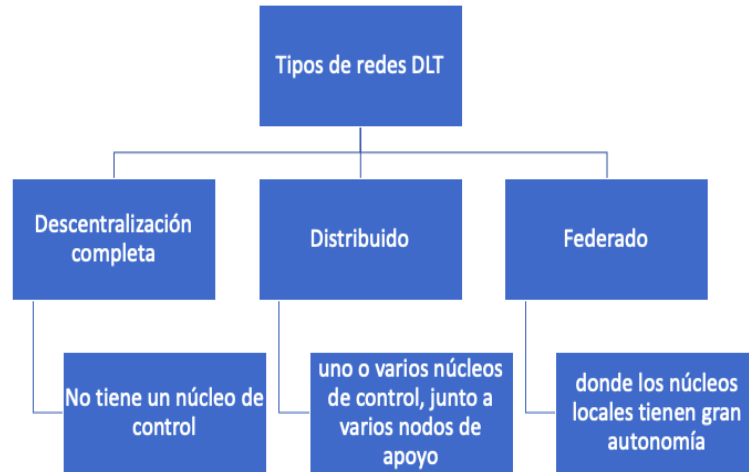


Fuente: propia de la investigación

Mientras que para el proceso centralizado se debe en primer lugar pedir al banco el sistema de pagos y este mismo verificarlo para proceder al documento de pago, en el sistema descentralizado solo basta con realizar una transacción que todos los nodos de la red lo aceptan y con eso se obtiene el documento de pago bajo un protocolo denominado P2P (*peer-to-peer*) que como indican los autores Pandi K et al. “DLT permite el funcionamiento de una base de datos *peer-to-peer* de alta disponibilidad (es decir, DLT es una red P2P distribuida), en entornos no confiables se caracteriza por su alta fiabilidad y susceptibilidad a fallos, donde los dispositivos de almacenamiento separados (es decir, los nodos) mantienen una replicación local de los datos almacenados en la DLT.”[8] en el cual la información o transacciones se comparten y validan en pares por lo que no es necesario un intermediario ya que todos los nodos validan la transacción si se cumple con los requisitos establecidos ya que la información no se comparte solo entre pares, sino que se tiene una red completa al protocolo se le conoce como *P2P overlay* donde Buford J et al. indica “una *P2P overlay* es una colección distribuida de dispositivos llamados *Peer* que forman un conjunto de interconexiones llamadas *overlay* con el objetivo de compartir recursos entre los *Peer* de manera que tienen roles simétricos en la *overlay*”[9].

Ya que en algunos aspectos de la industria se requiere muchas veces que haya una persona u observador en la red, existen redes DLT que no son 100% descentralizadas, con ello, se desglosan 3 grandes tipos de DLT que se muestran en la Figura 2.

Figura 2. Diagrama con los diferentes tipos de redes DLT



Fuente: propia de la investigación

El acceso a cada uno de estos tipos de redes DLT puede ser privado o público y depende del nivel de seguridad que se le desea imprimir al proyecto de desarrollo. La funcionalidad de las redes DLT se basa en el almacenamiento de datos en cada uno de los nodos y entre ellos se comparte la información resguardada de forma encriptada con claves o firmas criptográficas en cada dispositivo presente en la red. Dentro de las redes DLT, una con bastante auge son las redes *blockchain* que usan esta tecnología. Según los autores Arvind Panwar y Vishal Bhatnagar “las redes *blockchain* son un tipo de red DLT”[10] con las siguientes características que se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de las redes *blockchain* como un tipo de DLT

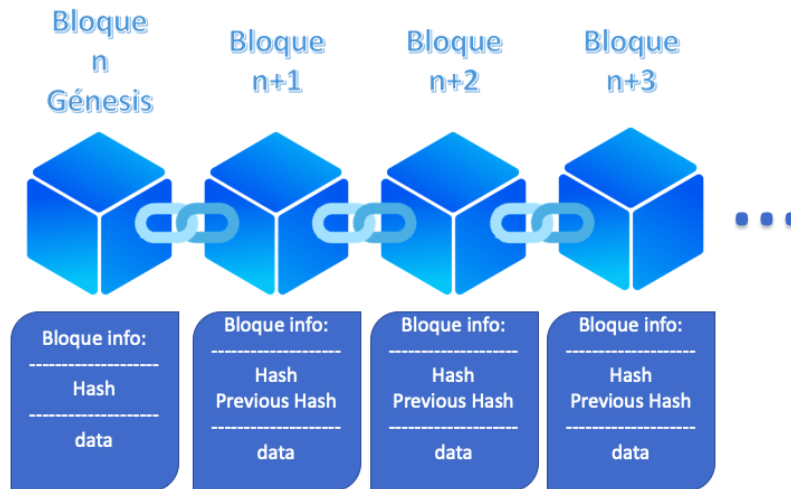
DLT	Características propias	Descripción	Plataformas
<i>Blockchain</i>	Inmutabilidad	Nadie puede cambiar o alterar las transacciones ya validadas en blockchain lo cual hace que el sistema sea inmutable	Ethereum, Bitcoin, NEO, Hyperledger fabric, codra
	Alta seguridad	es imposible hackear este tipo de DLT debido a que es descentralizado por naturaleza y cifrado por funciones criptográficas	
	Transacciones o acuerdos más veloces	comparativamente es más rápido que un sistema de pago típico, pero se vuelve más lento en la medida que la red crezca	
	Consenso	es compatible con una amplia gama de protocolo de consenso que ayuda al nodo a hacer decisión correcta	

Fuente: [10]

Con lo anterior se puede evidenciar que las redes *blockchain* como un grupo o tipo de DLT es propia para la creación de las DApps ya que cuenta con alta seguridad, consensos, transacciones de alta velocidad e inmutabilidad.

1.1.2 Tecnología *blockchain*. Teniendo en cuenta a Nofer M et al quienes indican que “La tecnología *blockchain* y las DLT están atrayendo una atención masiva y desencadenan múltiples proyectos en diferentes industrias.”[11] nos da un panorama de que esta tecnología está revolucionando la industria tanto financiera como desde el punto de vista del desarrollo de nuevas plataformas en las cuales se exploten los beneficios de esta tecnología, como se indica en la Sección 1.1.1, la tecnología *blockchain* o cadena de bloques es un tipo de red DLT la cual se basa en la interacción de bloques denominados “transacciones” de forma descentralizada, las redes *blockchain* pueden ser públicas o privadas con lo cual genera una base de datos compartida a la que tienen acceso las personas participantes en la red quienes pueden rastrear las transacciones que haya realizado sin forma alguna de poder modificarlas.

Figura 3. Bloques en una red *blockchain*



Fuente: propia de la investigación

Cada una de las transacciones que un miembro de la red realice se añade un nuevo bloque el cual se valida por medio de consenso a la cadena con la información suministrada que dependiendo del uso de la red pueden ser datos de transacción de dinero, datos personales, direcciones de billeteras, datos médicos, etc., este a su vez contiene una clave criptográfica basada en funciones matemáticas *hash*, las cuales a raíz de una entrada se obtiene un nuevo número encriptado que enlaza el siguiente bloque.

El carácter programable y abierto de esta tecnología permite realizar innovaciones en cualquier sector de la industria que se requiera, alta seguridad e inmutabilidad de los datos y los procesos administrativos para que sean más eficientes y transparentes, lo anterior se puede validar recurriendo a Michael Crosby et al. donde indica además un ejemplo común sobre la seguridad de *blockchain* “Una cadena de bloques es esencialmente una base de datos distribuida de registros, o DLT de todas las transacciones digitales y eventos que han sido ejecutados y compartida entre las partes participantes.

Cada transacción se publica en la red y se verifica por consenso de la mayoría de los participantes en el sistema. Una vez ingresada, la información nunca se puede ser eliminada. la cadena de bloques contiene un registro verificable de cada una de las transacciones realizadas. Para usar una analogía básica, es más fácil robar una galleta de un tarro de galletas guardado en un lugar apartado que robar la galleta de un tarro de galletas guardado en un mercado, por ser observado por miles de personas.”[12].

Como se observa, arriba, en la Figura 3 la red *blockchain* es un registro inmutable de todas las transacciones que se realizan la cuales son almacenadas y verificadas de forma pública, la única forma para añadir un bloque a la cadena es que sea verificado por medio de la función *hash* lo cual es la función del minero el cual puede ser una persona o un robot quien des encripta el *hash* observando si el mismo proviene del bloque anterior. Observemos cada uno de los términos que intervienen en las transacciones de una red *blockchain*:

- **Bloques**

Un bloque está constituido por una serie datos, dentro de los cuales están, un código alfanumérico de 256 *bits* que es generado mediante técnicas criptográficas de tipo *hash* teniendo como entrada el *hash* del anterior bloque y los datos que pueden ser cualquier tipo de transacción llevando datos o información que depende del tipo de transacción que se realice. Como indica el autor Di Pierro M “Se puede pensar en un hash como una versión encriptada de la entrada de la que es imposible volver a conocer. De hecho, una forma de calcular el hash de una cadena es cifrándola realizando alguna codificación y aplicar una función tipo Xor”[13] y que según *WonderHowTo* “la función Xor se aplica a los bits de salida y con ello indicara estadísticamente la probabilidad de des encriptado de la entrada original.”[14].

- **Mineros**

Los mineros tienen la tarea de validar un bloque para añadirlo a la red *blockchain*, la validación se basa en decodificar el *hash* y observar si proviene del bloque anterior. Al realizar esta tarea el minero obtiene un beneficio económico en cripto monedas. Este proceso de minería digital se puede realizar bajo los consensos que tenga la red los cuales pueden ser PoW (*Proof of Work*) o PoS (*Proof of Stake*) y teniendo en cuenta el autor Calvao F donde indica que “la minería se convierte en un proceso también de seguridad en el entorno de la red *blockchain* ya que los

mineros aceptan las transacciones bajo estos consensos, por tanto, si se habla de PoW los mineros que más inviertan en poder computacional para resolver problemas matemáticos obtienen la recompensa y validan la transacción, por otro lado, en el consenso PoS será el minero que más dinero tenga en la billetera o mayor antigüedad en la red quien mine y valide la transacción”[15] con ello entonces se observa que el proceso de minería en las redes *blockchain* aportan seguridad y mantienen el consenso de aceptar las nuevas transacciones, más adelante en esta sección se hará más énfasis en los procesos de consenso.

- **Nodos**

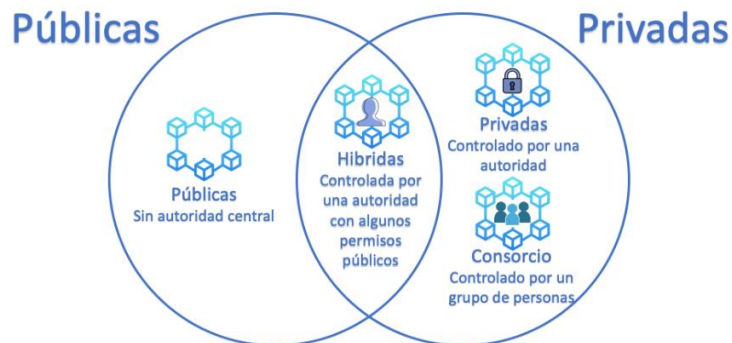
Es un ordenador o máquina que está conectado a la red *blockchain*. Se dedica a almacenar y distribuir una copia actualizada de la cadena de bloques. Por lo tanto, cada bloque nuevo que se confirma se añade a la cadena de bloques y a la copia que cada nodo almacena. Las redes *blockchain*, al igual que su generadora DLT tiene dos grandes grupos los cuales también están basados en la descentralización de la información que se enlistan a continuación:

Blockchain pública: Públicas significa que son accesibles para cualquier usuario que pueda tener acceso a la red. El beneficio de una *blockchain* pública es la gestión de la seguridad de la misma, pues cuanto mayor sea el número de usuarios mayor nivel de seguridad.

Blockchain privada: Las *blockchain* privadas, a diferencia de las públicas, el acceso a la misma depende de una unidad central. Los elementos son los mismos que en una *blockchain* pública. Cuando una red *blockchain* es privada pero su acceso y control está en manos de un grupo de empresa o individuos se conoce como “consorcio *blockchain*”.

En la Figura 4 se detallan los diferentes tipos de *blockchain* en un diagrama de Venn donde se categorizan por su el nivel de privacidad.

Figura 4. Diagrama de caracterización de redes *blockchain*

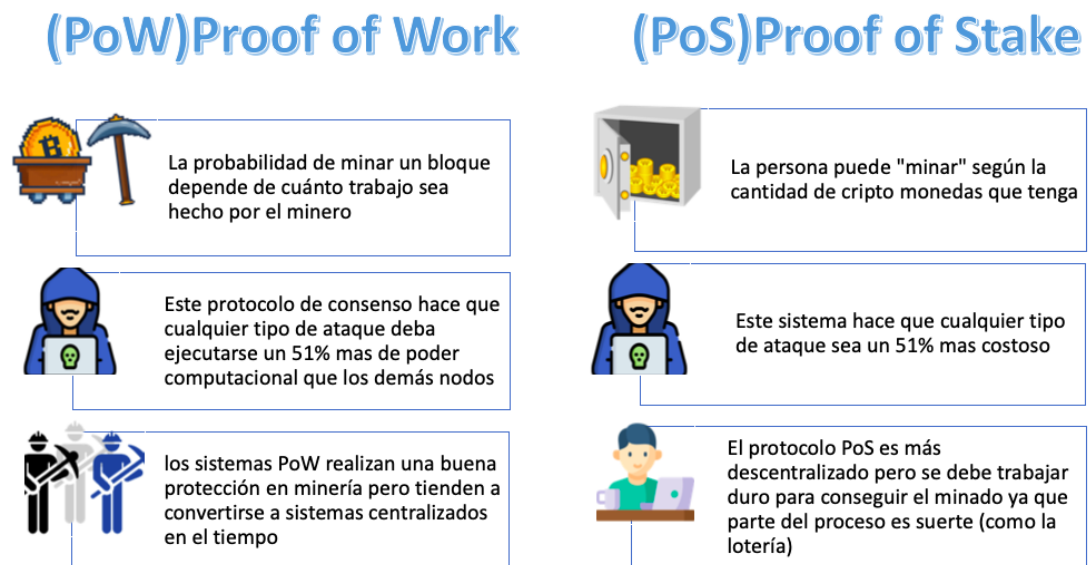


Fuente: propia de la investigación

Uno de los mayores retos de las redes *blockchain* es que son susceptibles a intentos de sabotaje de las cadenas de bloques para introducir datos de transacciones falsos. Para evitar todo este tipo de problemas existen múltiples medidas de seguridad y entre ellas encontramos los protocolos de consenso. Según Diaz Vico J et al. “Un protocolo de consenso es un mecanismo que permite regular la forma en la que los nodos aprueban los bloques de forma simultánea para que así este pase a formar parte de la cadena de bloques”[16].

Los principales protocolos de consenso que existen son PoW (*Proof of Work*) o prueba de trabajo y PoS (*Proof of Stake*) o prueba de participación.

Figura 5. Diagrama con diferencias entre PoW y PoS



Fuente: propia de la investigación

En *Proof of Work* según Szalachowski P et al. “Cada participante activo del protocolo (llamado minero) recopila las transacciones enviadas por los usuarios e intenta resolver un rompecabezas computacionalmente difícil para poder escribir en la cadena de bloques (el proceso de resolver el rompecabezas se llama minería). Cuando una solución válida se encuentra, se difunde junto con las transacciones que el minero desea agregar”[17]. Con ello se puede indicar que todos los nodos tienen igual probabilidad de minar, pero entre ellos compiten realizando juegos o ejercicios sobre cálculos matemáticos, lo cuales se vuelen más complejos entre más mineros haya en el momento, donde el primero en completar dicha tarea se lleva el privilegio de minar el bloque y recibir la recompensa de minado. El problema de este protocolo de consenso radica en que los mineros que tengan una mejor máquina para realizar los cálculos son los que siempre ganan y ello conlleva a la

centralización del proceso, además a nivel macro, los gastos energéticos involucrados en el protocolo son grandes.

En *Proof of Stake* según “Los protocolos *Proof of Stake* se desarrollaron como alternativas de ahorro de energía a PoW. En lugar de recursos computacionales, los líderes se seleccionan en función de sus intereses, es decir, contribuciones a la red *blockchain*. Particularmente en el mecanismo de consenso PoS, la apuesta de un nodo es el número de *tokens* digitales, por ejemplo, monedas en criptomonedas, que retiene o deposita. En lugar de consumir mucha energía. para el proceso de búsqueda como en el PoW”[18].

Se concluye que los nodos compiten por el minado del bloque y de forma aleatoria la red selecciona un minero, esta selección depende de la cantidad de cripto monedas depositadas en la transacción y algunas también observan el tiempo de permanencia en la red, este es un protocolo más eficiente desde el punto de vista energético y donde ya no se centra en el mejor hardware para hacer el minado, sencillamente es como una lotería con condiciones donde gana el que cumpla más requerimientos puestos en la red.

Desde el año 2013 con el boom generado por las cripto monedas se ha visto un crecimiento de búsquedas sobre las tecnologías *blockchain* en el internet y después del 2017 se observa una tendencia a mantener número de búsquedas, en la Figura 6 se pueden identificar las tendencias de búsqueda de la palabra “*blockchain*” en Google.

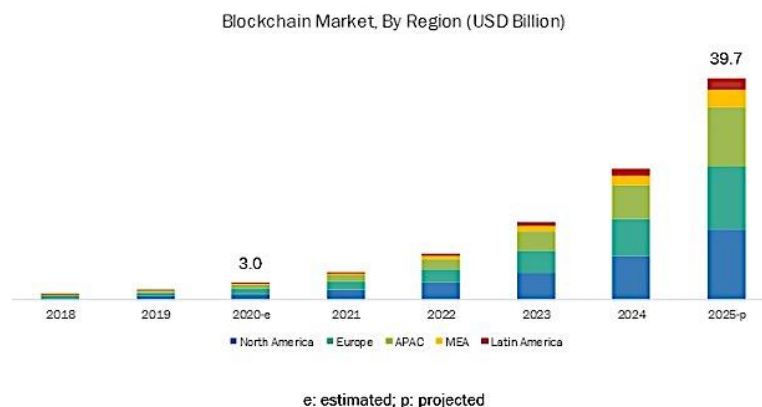
Figura 6. Intereses a lo largo del tiempo para el término “*blockchain*” en búsquedas de Google



Fuente: propia de la investigación

En el gráfico de *Google Trends* se observa cómo es la frecuencia de búsqueda de la palabra “*blockchain*” en Google, para una línea de tiempo desde el 01/01/2008 hasta el 28/02/2023, lo que se puede inferir con el gráfico es que las tendencias de búsqueda tienden a mantenerse en los últimos años, lo que indica que el interés sobre la tecnología *blockchain* es constante entre la comunidad mundial. Según *marketsandmarkets* “Desde el punto de vista de las finanzas según los expertos se espera que hasta el 2025 crezca hasta casi los 40 billones de dólares, lo cual representa un crecimiento anual compuesto del 67%”[19]

Figura 7. Crecimiento financiero en billones de dólares del mercado derivado de la tecnología *blockchain*

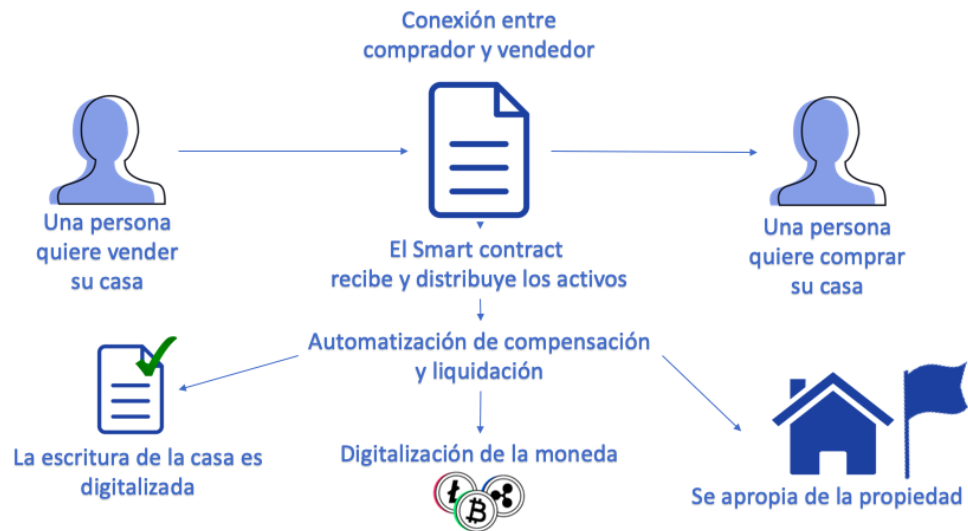


Fuente: *Secondary Literature, Expert Interviews, and MarketsandMarkets Analysis* Con lo anterior se observa analíticamente que la tecnología *blockchain* es una tendencia en el mundo tanto desde el punto de vista de las finanzas como también en el uso de la tecnología como un conocimiento y como campo abierto para la ingeniería.

1.1.3 Smart contracts. El término *smart contract*[20] fue acuñado por Nick Szabo a mediados de la década de 1990 que Sugirió traducir las cláusulas de un contrato en código y los programas en software o hardware para hacerlos autoejecutables, a fin de minimizar la contratación costo entre las partes que realizan la transacción y para evitar excepciones accidentales o acciones maliciosas durante la ejecución del contrato. Clack et al. proponen una definición formal de un *smart contract* como “un contrato automatizable y acuerdo exigible. Automatizable por ordenador, aunque algunas las piezas pueden requerir intervención y control humanos.

Ejecutable ya sea por aplicación legal de los derechos y obligaciones o a través de pruebas de manipulación ejecución de código informático”[6]. Algunas redes *blockchain* tienen la capacidad de que en cada bloque o transacción pueda albergar código con sentencias lógicas a ejecutar cuando se cumplen ciertas condiciones que se instauran al momento de programarse.

Figura 8. Ejemplo de compra de activos con el uso de *smart contracts*

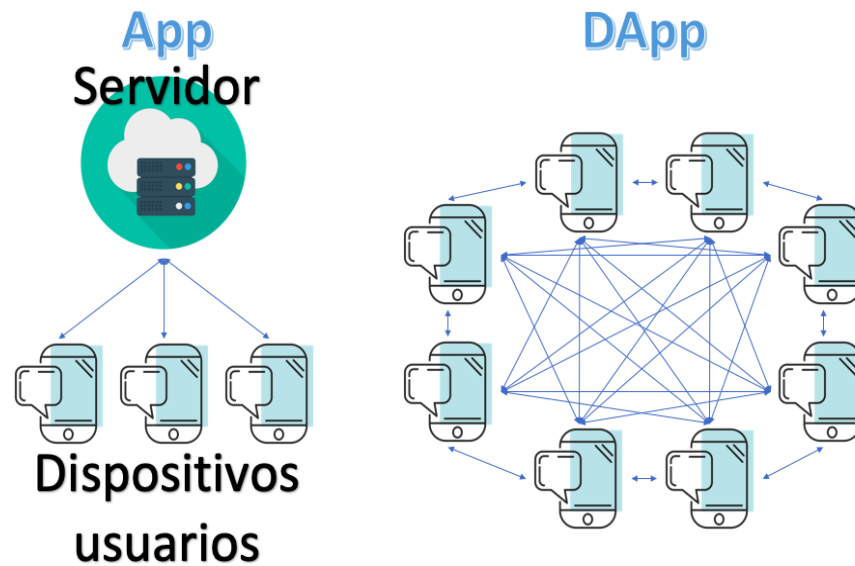


Fuente: propia de la investigación

En la Figura 8 se detalla un ejemplo del uso de *smart contracts* para la compra de una propiedad, el proceso análogo normal sería que entre las dos personas involucradas en la compra de una propiedad se realice un contrato, con el cual la persona interesada en comprar entrega un dinero y con ello el vendedor entrega una propiedad con lo cual, además, se requiere de una autoridad que vigile legalmente que se están cumpliendo las condiciones entre las partes, con el uso de *smart contracts* se propone que este proceso se realice bajo condiciones descentralizadas, donde ahora el contrato físico es una condición programada en la transacción del dinero donde simplemente y de forma automática en el momento que se transfiera el dinero digitalmente se entregue escritura de la propiedad eliminando intermediarios y también con la posibilidad de que se puedan realizar negocios de intercambio de activos desde la distancia eliminando los fraudes.

1.1.4 Aplicación descentralizada (DApp). Cai W et al. indican que “con el masivo uso de las cripto monedas en el mundo de las finanzas un nuevo modelo de negocio de desarrollo de aplicaciones ha emergido, el cual se trata de las aplicaciones descentralizadas, aplicaciones las cuales no funcionan bajo el clásico flujo de información donde todo se centra en un servidor central, en cambio de ello, estas aplicaciones distribuyen la información en n nodos encriptados por el *hash*, los cuales dependen de la DLT tipo *blockchain* donde esté funcionando”[21] como se indica en la Figura 9.

Figura 9. Diagrama de diferencias entre una App y una DApp en el flujo de información



Fuente: propia de la investigación

Como se observa en la Figura 9, en la aplicación descentralizada, la información no está centralizada en un servidor, sino que cada uno de los usuarios llamados ahora nodos son los que guardan la información e interactúan entre ellos, las ventajas de este tipo de aplicaciones se enlistan a continuación:

- **Alta seguridad**

Esta es una de las características más relevantes de las aplicaciones descentralizadas ya que por el hecho de que la información ya no se encuentre en un punto central sino que se replica a todos los nodos que conforman la red principal DLT, es más seguro mantener la información ya que así se caiga un nodo, los demás siguen funcionando y la aplicación descentralizada sigue funcionando, contrario a lo que pasa con las Apps donde si se estropea el servidor central la aplicación deja de funcionar. Otro aspecto importante es que las aplicaciones descentralizadas son más complicadas de *Hackear* ya que para hacer un ataque se deben atacar todos los nodos de la red.

- **Descentralización de la información**

Como se ha mencionado antes, una de las grandes ventajas de las aplicaciones descentralizadas es que la información está repartida en n nodos de la red, lo cual, hace que este tipo de aplicaciones sean propias para desarrollos donde sea un factor importante una alta tolerancia a los fallos.

- **Basadas en software libre**

Esta es una gran ventaja, ya que están basadas en entornos de software libre lo que garantiza un alto soporte y una gran comunidad de desarrolladores que incrementa las posibilidades para el desarrollo ágil de soluciones bajo esta modalidad de aplicaciones descentralizadas.

Otra de las radicales diferencias es en su lógica o como se lo ha denominado en el mundo del desarrollo de las aplicaciones web el “*backend*” ya que en las aplicaciones tradicionales esta lógica se alberga en el servidor y cuando se usa se debe acceder a ella en el servidor bajo peticiones que dependiendo del protocolo de comunicación suelen tardar un tiempo en recibir y emitir la información requerida, contrario a lo que pasa en una aplicación descentralizada, donde el *backend* está elaborado bajo lógica por paquetes de código denominados *smart contracts* los cuales contienen sentencias lógicas para ser ejecutadas por la aplicación descentralizada, es decir cuando se realiza una acción, inmediatamente se activa el *smart contract* y este ejecuta las acciones que tiene programadas para la persona que esta interactuando con la aplicación descentralizada.

Existen tres tipos de aplicaciones descentralizadas, los cuales se basan en la red donde se está alojada, observando en función de si usa su propia red o hace uso de una red externa para funcionar, según Johnston D [1] existen tres tipos de DApp los cuales se enlistan a continuación:

- **Tipo I**

Las aplicaciones descentralizadas catalogadas dentro de esta categoría, son las cuales usan su propia red DLT de bloques para funcionar, un ejemplo de ellas es *Bitcoin*.

- **Tipo II**

Las aplicaciones descentralizadas catalogadas dentro de esta categoría, son las cuales usan una red DLT de bloques de una aplicación descentralizada tipo I, por tanto, estas aplicaciones usan protocolos para realizar comunicaciones con la red y además hacen uso de “*tokens*” que tienen un valor monetario dentro de la red de bloques donde está funcionando.

- **Tipo III**

Las aplicaciones descentralizadas catalogadas dentro de esta categoría, son las cuales usan el protocolo de una aplicación descentralizada tipo II Las aplicaciones descentralizadas de tipo III son protocolos y hacen uso de “*tokens*” que son necesarios para su funcionamiento. Un protocolo de servidor hipotético que se utiliza para emitir “*Cloud conis*” que se pueden usar para adquirir servicios.

Conociendo los anteriores conceptos, a continuación, se presenta una descripción de las implicaciones técnicas de la práctica profesional con la empresa CEA, Ingeniería que Evoluciona.

1.2 REQUERIMIENTO DE LA EMPRESA CEA EN LA PRÁCTICA PROFESIONAL

La empresa CEA, Ingeniería que Evoluciona es una compañía que presta los servicios de diseño e implementaciones de obras ingenieriles en la líneas de civil, eléctrica y ambiental en el sur occidente colombiano contando con contratos en entidades como la policía nacional, alcaldías y gobernaciones actuando en los departamentos de Nariño y Cauca y cuenta con obras eléctricas en la empresa Centrales Eléctricas de Nariño (CEDENAR), este amplio rango de acción de la empresa lleva a que los procesos de seguimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo de sus colaboradores en los sitios donde se desarrollan las obras deban contar con un control exigente sobre los posibles accidentes y el buen desarrollo de las actividades. Pensando en ello, la empresa CEA desarrolla un plan para contratar personal en el área de automatización de procesos para el control de personal dentro de la organización con la ayuda de herramientas software como aplicativos webs funcionales.

El objetivo del cual es objeto este trabajo de grado en modalidad de práctica profesional está encaminado al desarrollo de una aplicación software tipo aplicación web para el seguimiento y posterior análisis del grado de cumplimiento de la norma que dicta el control sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de la empresa, haciendo uso de las normas de Seguridad y Salud en el Trabajo y el uso de nuevas tecnologías como *blockchain* y *smart contract*.

1.3 REQUERIMIENTOS DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL CON CEA

En el alcance y especificaciones técnicas de la práctica profesional con CEA y las necesidades de la empresa con esta práctica, se dan a conocer los diferentes requerimientos, tales como:

- Toma de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores basado en los formatos físicos existentes.
- El grado de cumplimiento de la empresa para toma, almacenamiento y tratamiento de datos basados en la normativa dictada en el Decreto 1072 de 2015 – Capítulo 6 sobre Seguridad y Salud en el Trabajo.
- visualización de datos por el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la organización.

A continuación, se presenta una descripción de tales requerimientos:

1.3.1 Toma de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores basado en los formatos físicos existentes. La toma de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo es una tarea que debe desarrollar el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo dos veces al día (al inicio de la jornada laboral y al final de la jornada laboral), tomando datos de la salud física y mental de todos los trabajadores de la obra, lo cual lo faculta para desarrollar sus actividades y realizar un posterior análisis sobre actividades laborales de mucho impacto físico en los trabajadores, los requerimientos en este ítem son claros y concisos ya que están basados en formatos ya establecidos por la empresa para la toma de los mismos, estos formatos se pueden observar con mejor claridad en la sección 3.2 de este documento.

El colaborador podrá realizar las siguientes acciones: Registrarse como un nuevo colaborador de la empresa CEA con permiso del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo con su nombre y código de empleado utilizando una billetera (*wallet*), la cual relaciona su dirección única dentro de la red *blockchain* con sus datos personales registrados en la empresa, ingresar los datos diarios sobre salud y seguridad en el trabajo medibles como lo son: el bienestar físico y mental, llevar un registro sobre molestias físicas y laceraciones producto de la jornada laboral junto con la verificación sobre el uso adecuado de los implementos e indumentaria para las labores a ejecutar por los colaboradores de la empresa en la aplicación al inicio de la jornada y al final de la misma y observar los datos registrados (sin opción a ser modificados en ningún momento).

1.3.2 El grado de cumplimiento de la empresa para toma, almacenamiento y tratamiento de los datos basados en la normativa dictada en el Decreto 1072 de 2015 – Capítulo 6 sobre Seguridad y Salud en el Trabajo. Los datos de salud recolectados por la empresa de cada uno de los colaboradores deben tratarse y salvaguardarse bajo estricto cuidado y seguridad ya que pueden vulnerar los derechos de los colaboradores, es por ello que este requerimiento es fundamental en el desarrollo de la aplicación web en el que se deben usar tecnologías de alta seguridad como *blockchain*. La recolección y uso de datos estarán regidos en todo momento con la normativa dictada en el documento del ministerio de salud ABECÉ Interoperabilidad de datos de la historia clínica en Colombia (ABC-IHC) y siguiendo los autores Escobar S et al. Nos indica que la validación jurídica para la toma de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo debe regirse por los estándares de la historia clínica como se indica “la existencia y cumplimiento de procesos que garanticen la historia clínica por paciente y las condiciones técnicas de su manejo y el de los registros de procesos clínicos diferentes a la historia clínica que se relacionan directamente con los principales riesgos propios de la prestación de servicios”¹ [22] y bajo la norma dictada en el Decreto 1072 de 2015 – Capítulo 6, donde los datos deben tener las siguientes características:

¹ Ministerio de Salud y Protección Social, 2014, Resolución 2003

- **Confidencialidad:**

La información y/o el acceso a funcionalidades debe estar protegido de accesos no autorizados.

- **Integridad:**

La información y/o las funcionalidades no pueden ser modificadas por acceso no autorizados.

- **Disponibilidad:**

Garantiza el acceso a la información y/o funciones a los usuarios autorizados bajo diferentes circunstancias, inclusive cuando el sistema se está sometiendo a un ataque².

Por tanto, se debe realizar una búsqueda de tecnologías que cumplan estos requerimientos para el guardado de datos bajo las normas establecidas por el Ministerio de Salud. Además de ello en las próximas secciones del documento se observará de una forma clara y sistemática el grado de cumplimiento de la norma desde la empresa CEA antes y después del uso de la aplicación web a desarrollada.

1.3.3 Visualización de datos por el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la organización. En desarrollo de las actividades de toma de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de la empresa CEA, el cual, se realiza por medio de formatos físicos tiene como objetivo llevar el control de variables que llevan al buen desarrollo de las actividades laborales por los colaboradores en las obras contratadas, garantizando el mejor uso de los implementos de seguridad, además de observar con mayor claridad las actividades en campo que más impacto generan en los colaboradores, así, el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo puede tomar decisiones sobre nuevos aspectos de seguridad y garantizar que se cumplen las normas de trabajo establecidas por el gobierno en las actividades desarrolladas.

Por tanto, será necesario para este proyecto que el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo pueda observar “en tiempo real” los datos que se van registrando por los trabajadores para tomar decisiones rápidamente antes de que sucedan posibles imprevistos, estos datos deben permanecer en una base de datos segura (encriptada por direcciones de *smart contracts*) donde la aplicación web los pueda consultar y visualizar gráficamente para su fácil interpretación

² Ministerio de Salud, Seguridad e interoperabilidad en el trabajo, 2020

1.4 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

El objetivo de esta práctica profesional con la empresa CEA está encaminado a la medición, guardado y posterior análisis de variables de Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de la empresa CEA Ingeniería que Evolucionan en los diferentes puntos del sur occidente colombiano donde opera y en las labores de campo con las obras en distintos lugares que se tienen colaboradores, la seguridad en el guardado de los datos y la posterior visualización del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo.

Estas mediciones requieren de sistemas de medida descentralizada como lo es la tecnología *blockchain* para garantizar la seguridad de los datos de salud recolectados y una aplicación web tipo DApp que soporte la incorporación de una red *blockchain* y el uso de *smart contracts*, los cuales serán del tipo transacción dentro de la aplicación (una transacción con coste por cada envío de datos de los trabajadores).

La información sobre Seguridad y Salud en el Trabajo obtenida de los colaboradores en las obras basado en la información suministrada por el profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa CEA es la siguiente:

Tabla 2. Datos de recolección por colaborador en obras

DATOS DE RECOLECCION POR COLABORADOR			
ENTRADA AL TRABAJO		SALIDA DEL TRABAJO	
<i>Variable</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Variable</i>	<i>Clasificación</i>
Actividad primaria	Actividades	Cumplió con todas las actividades	Actividades
Actividad secundaria		Qué actividad faltó por realizar	
Actividad Faltante			
Usa guantes de protección	Protección	Emplea los elementos de protección durante toda la jornada laboral	Protección
Usa chaleco reflectivo			
Usa botas industriales			
Usa casco de protección			
Usa mascara facial de protección		Se dañó o estropeó algún elemento de seguridad	
Usa gafas de protección			
Usa arnés para trabajos en alturas			
Capacitación en alturas vigente	Capacitación	NA	Capacitación
Capacitación de riesgos eléctricos			
Capacitación de primeros auxilios y uso de botiquín			
Capacitación para el uso de maquinas			

Presenta dolor de cabeza	Bienestar físico y mental	Presenta dolor de cabeza	Bienestar físico y mental
Presenta dolor de brazos		Presenta dolor de brazos	
Presenta dolor abdominal		Presenta dolor abdominal	
Presenta dolor de piernas		Presenta dolor de piernas	
Se ha sentido bajo de ánimo o triste los últimos 2 días		Ocurrió algún accidente	
Siente que tiene problemas familiares			
Hora de dormir	Sueño y descanso	Se sintió con energía durante toda la jornada laboral	Sueño y descanso
Hora en la que despertó			
Se siente cansado			

Fuente contrato CEA³ [3]

Teniendo en cuenta que estas variables deben tomarse a diario como indica la Tabla 2, al inicio y final de la jornada, y son 10 trabajadores, en 3 municipios en el sur occidente colombiano donde se lleva a cabo la toma de datos, resalta la necesidad de sistematizar la información recolectada sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de la empresa CEA Ingeniería que Evolucionaria, dado el alto volumen de estos; puesto que resulta ineficiente para la empresa CEA el llevar a cabo labores de seguimiento y análisis de la información a través del registro en formatos de papel y el alto tiempo de retorno a la oficina para su posterior actualización y toma de decisiones por el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

A continuación, se dan a conocer los requerimientos identificados en los objetivos trazados para la práctica profesional con la empresa CEA para la recolección, almacenamiento y visualización de los datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores:

Recolección de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de CEA: En este ítem se identifican los requerimientos para la toma de datos, los cuales deben estar etiquetados para cada uno de los empleados con su nombre, código y dirección de billetera electrónica, además de la hora de diligenciamiento tanto a la entrada como a la salida del trabajo, las etiquetas de los colaboradores y su *login* en la aplicación va a estar controlada mediante una billetera electrónica la cual contendrá su identificación encriptada.

Almacenamiento de los datos: En este ítem se identifican los requerimientos de almacenamiento de los datos procedentes del ejercicio de toma de los mismos en el campo de acción de la aplicación web, para ello se debe elegir una base de datos segura y de fácil integración en la aplicación.

³ CEA, Ingeniería que Evolucionaria S.A.S., Contrato GP-2376, 2021

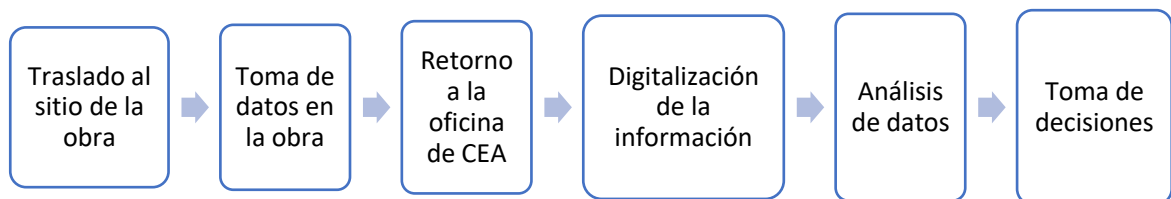
Visualización de los datos: En este ítem se identifican los requerimientos para la visualización de los datos registrados por los colaboradores por medio de la cuenta de la billetera del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo, la cual, debe mostrar los datos “en tiempo real” para tomar decisiones sobre las labores diarias y realizar un posterior análisis de Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores.

En las actividades nombradas previamente, los colaboradores deben registrar los datos sobre su Seguridad y Salud en el Trabajo al momento de entrar a labores y cuando se culminan al final de la jornada laboral y el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo puede verificarlos desde la oficina central.

Proceso de registro de las variables sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de CEA

El flujo de información en el proceso de toma de datos y posterior análisis por el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo se muestra en la Figura 10. En la empresa CEA la toma de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo es a diario en cada una de las obras que se tienen a cargo, el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo de cada una de las obras debe trasladarse desde la oficina de CEA hasta el sitio de obra para tomar los datos (dos formatos por cada empleado), los formatos son llenados y llevados nuevamente a la oficina de CEA, donde un encargado digitaliza los formatos para posteriormente ser analizados por el profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo y realizar luego una toma de decisiones sobre los datos recolectados, este proceso no solo se realiza una vez sino que se vuelve a realizar al finalizar la jornada laboral (con otro formato físico por cada empleado).

Figura 10. Etapas del registro de los datos de Seguridad y Salud en el Trabajo en CEA



Fuente: propia de la investigación

A continuación, se describe cada etapa del diagrama de flujo, previamente ilustrado en la Figura 10.

- **Traslado al sitio de obra:** A diario el profesional de salud debe trasladarse a los sitios de obra (de su región), donde a cada colaborador se le entrega el formato sobre el seguimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo.
- **Toma de datos en la obra:** Con los formatos en mano de cada colaborador, se llenan y se entregan físicamente al profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo quien los revisa y almacena.
- **Retorno a la oficina de CEA:** El profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo retorna a la oficina donde le entrega los formatos a el encargado de digitalizarlos.
- **Digitalización de la información:** El operario digitaliza la información en un documento de Google en línea.
- **Análisis de datos:** Cuando los datos están en el documento de Google el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo saca la información relevante y la gráfica para analizarla.
- **Toma de decisiones:** Con las gráficas obtenidas el profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo saca conclusiones sobre la salud en el trabajo.

Este proceso se vuelve a retomar al finalizar la jornada de trabajo.

De esta manera se dan a conocer los requerimientos de la pasantía con la empresa CEA, identificando el flujo de información relacionada con las actividades de toma de datos y seguimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo para los colaboradores de obras en la empresa CEA.

1.5 EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SEGUIMIENTO PARA LA TOMA DE DATOS SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

Para poder realizar el proceso de evaluación y para cumplir luego con la observación del grado de cumplimiento sobre la normativa es necesario que primero se evalúe el grado de cumplimiento con el proceso manual y así realizar comparaciones entre los métodos de toma, almacenamiento y visualización de datos enfocados en la Seguridad y Salud en el Trabajo.

1.5.1 La normativa en el Decreto 1072 de 2015 – Capítulo 6 sobre el sistema de gestión para la Seguridad y Salud en el Trabajo. Según la normativa en el artículo 2.2.4.6.3. la Seguridad y Salud en el Trabajo es la disciplina que trata de la prevención de las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo, y de la protección y promoción de la salud de los trabajadores. Tiene por objeto mejorar las condiciones y el medio ambiente de trabajo, así como la salud en el trabajo, que conlleva la promoción y el mantenimiento del bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones. y en su párrafo 1 dicta que “El Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) debe adaptarse al tamaño y características de la empresa”⁴.

Con estas consideraciones legales y siguiendo el artículo 2.2.4.6.7 la empresa CEA decide incluir en su sistema de gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo los siguientes objetivos a cumplir:

- Identificar los peligros, evaluar y valorar los riesgos y establecer los respectivos controles.
- Proteger la seguridad y salud de todos los trabajadores, mediante la mejora continua del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en la empresa; y
- Cumplir la normatividad nacional vigente aplicable en materia de riesgos laborales.

En materia de los riesgos laborales tanto la empresa como los colaboradores tienen obligaciones las cuales se desglosan a continuación y están orientadas por medio del artículo 2.2.4.6.8 se definen las obligaciones de la empresa:

- Gestión de los peligros y riesgos: Debe adoptar disposiciones efectivas para desarrollar las medidas de identificación de peligros, evaluación y valoración de los riesgos y establecimiento de controles que prevengan daños en la salud de los trabajadores y/o contratistas, en los equipos e instalaciones.⁵
- Prevención y promoción de riesgos laborales: El empleador debe implementar y desarrollar actividades de prevención de accidentes de trabajo y enfermedades laborales, así como de promoción de la salud en el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), de conformidad con la normatividad vigente⁶.
- Participación de los trabajadores: Debe asegurar la adopción de medidas eficaces que garanticen la participación de todos los trabajadores⁷.
- El empleador debe garantizar la capacitación de los trabajadores: En los aspectos de Seguridad y Salud en el Trabajo de acuerdo con las características de

⁴ Ministerio de Trabajo, Decreto 1072 de 2015 – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.3, Párrafo 1.

⁵ Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.8, gestión de los peligros y riesgos.

⁶ Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.8, prevención y promoción de los riesgos laborales

⁷ Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.8, participación de los trabajadores.

la empresa, la identificación de peligros, la evaluación y valoración de riesgos relacionados con su trabajo, incluidas las disposiciones relativas a las situaciones de emergencia, dentro de la jornada laboral de los trabajadores directos o en el desarrollo de la prestación del servicio de los contratistas⁸.

Obligaciones de los colaboradores basadas en el artículo 2.2.4.6.10⁹

- Procurar el cuidado integral de su salud
- Suministrar información clara, veraz y completa sobre su estado de salud
- Cumplir las normas, reglamentos e instrucciones del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa
- Informar oportunamente al empleador o contratante acerca de los peligros y riesgos latentes en su sitio de trabajo.
- Participar en las actividades de capacitación en Seguridad y Salud en el Trabajo definido en el plan de capacitación del SG-SST
- Participar y contribuir al cumplimiento de los objetivos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST.

Con respecto a la documentación se recurre al artículo 2.2.4.6.12¹⁰, con lo cual se tienen los siguientes aspectos a cumplir:

- La identificación anual de peligros y evaluación y valoración de los riesgos
- El programa de capacitación anual en Seguridad y Salud en el Trabajo - SST, así como de su cumplimiento incluyendo los soportes de inducción, reinducción (sic) y capacitaciones de los trabajadores dependientes, contratistas, cooperados y en misión.
- Registros de entrega de equipos y elementos de protección personal
- La identificación de las amenazas junto con la evaluación de la vulnerabilidad y sus correspondientes planes de prevención, preparación y respuesta ante emergencias.
- Formatos de registros de las inspecciones a las instalaciones, máquinas o equipos ejecutadas.
- Evidencias de las gestiones adelantadas para el control de los riesgos prioritarios.

Y atendiendo el párrafo 1 del artículo 2.2.4.6.12 el cual dicta “Los documentos pueden existir en papel, disco magnético, óptico o electrónico, fotografía, o una combinación de estos y en custodia del responsable del desarrollo del sistema de gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.”¹¹, además siguiendo el artículo 2.2.4.6.13 en la cual dicta “El empleador debe conservar los registros y documentos que soportan el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo de

⁸ Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.8, el empleador debe garantizar la capacitación de los trabajadores

⁹ Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.10

¹⁰ Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.12

¹¹ Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.12, Párrafo 1.

manera controlada, garantizando que sean legibles, fácilmente identificables y accesibles, protegidos contra daño, deterioro o pérdida”¹²

En temas de la gestión del riesgo la empresa recurre al artículo 2.2.4.6.23, donde dicta “el empleador o contratante debe adoptar métodos para la identificación, prevención, evaluación, valoración y control de los peligros y riesgos en la empresa”¹³ Y donde el artículo 2.2.4.6.24 nos indica las medidas de prevención y control:

- **Eliminación del peligro/riesgo:** Medida que se toma para suprimir (hacer desaparecer) el peligro/riesgo¹⁴.
- **Sustitución:** Medida que se toma a fin de remplazar un peligro por otro que no genere riesgo o que genere menos riesgo¹⁵.
- **Controles de Ingeniería:** Medidas técnicas para el control del peligro/riesgo en su origen (fuente) o en el medio, tales como el confinamiento (encerramiento) de un peligro o un proceso de trabajo, aislamiento de un proceso peligroso o del trabajador y la ventilación (general y localizada), entre otros¹⁶.
- **Controles Administrativos:** Medidas que tienen como fin reducir el tiempo de exposición al peligro, tales como la rotación de personal, cambios en la duración o tipo de la jornada de trabajo, incluyen también la señalización, advertencia, demarcación de zonas de riesgo, implementación de sistemas de alarma, diseño e implementación de procedimientos y trabajos seguros, controles de acceso a áreas de riesgo, permisos de trabajo, entre otros¹⁷.
- **Equipos y Elementos de Protección Personal y Colectivo:** Medidas basadas en el uso de dispositivos, accesorios y vestimentas por parte de los trabajadores, con el fin de protegerlos contra posibles daños a su salud o su integridad física derivados de la exposición a los peligros en el lugar de trabajo. El empleador deberá suministrar elementos y equipos de protección personal (EPP) que cumplan con las disposiciones legales vigentes. Los EPP deben usarse de manera complementaria a las anteriores medidas de control y nunca de manera aislada, y de acuerdo con la identificación de peligros y evaluación y valoración de los riesgos¹⁸.

Como punto final, la empresa usa el artículo 2.2.4.6.32 para la investigación de incidentes, accidentes de trabajo y enfermedades laborales, la cual dicta “La investigación de las causas de los incidentes, accidentes de trabajo y enfermedades laborales, debe adelantarse acorde con lo establecido en el presente Decreto, la Resolución número 1401 de 2007 expedida por el entonces Ministerio de la

¹² Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.13.

¹³ Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.23.

¹⁴ Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.24, eliminación del peligro/riesgo

¹⁵ Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.24, sustitución

¹⁶ Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.24, controles de ingeniería

¹⁷ Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.24, controles administrativos

¹⁸ Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.24, equipos de protección personal y colectivo

Protección Social, hoy Ministerio del Trabajo, y las disposiciones que los modifiquen, adicionen o sustituyan.” El resultado de esta investigación, debe permitir entre otras, las siguientes acciones:

- Identificar y documentar las deficiencias del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) lo cual debe ser el soporte para la implementación de las acciones preventivas, correctivas y de mejora necesarias¹⁹.
- Informar de sus resultados a los trabajadores directamente relacionados con sus causas o con sus controles, para que participen activamente en el desarrollo de las acciones preventivas, correctivas y de mejora²⁰.
- Informar a la alta dirección sobre el ausentismo laboral por incidentes, accidentes de trabajo y enfermedades laborales²¹.
- Alimentar el proceso de revisión que haga la alta dirección de la gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo y que se consideren también en las acciones de mejora continua²².

1.5.2 Evaluación del grado de cumplimiento de la normativa en el Decreto 1072 de 2015 – Capítulo 6 sobre el Sistema de Gestión para la Salud y Seguridad en el Trabajo basados en el método manual de toma de datos. Para realizar la evaluación del grado de cumplimiento, se realizaron las siguientes acciones en conjunto con el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa CEA:

- Se elabora una matriz de evaluación considerando las indicaciones dictadas en el artículo 2.2.4.6.22 del Decreto 1072 de 2015 Capítulo 6.
- Se dialoga con el profesional de salud y respecto a la normativa se le da un valor porcentual a cada uno de los indicadores, convirtiendo así la norma a aspectos cuantificables.
- Se aplica al proceso la matriz de evaluación, dando así un resultado cuantitativo del grado de cumplimiento de la norma.

Una vez establecida la matriz de evaluación. Para evaluar los principios de la norma, se realizó mediante la calificación de los artículos y pilares de la normativa. Se definió además que con un mínimo con el 80% del total de los criterios aplicables se obtiene un cumplimiento general de la norma. Así mismo, la norma está compuesta de siete artículos críticos que definió la empresa CEA y el cumplimiento de los 3 pilares fundamentales sobre el manejo digital de la historia clínica con una valoración más alta dentro de la evaluación. En la Tabla 3 se indica la matriz de evaluación basada en la normativa dictada en el Decreto 1072 de 2015, donde se

¹⁹ Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.32, ítem 1.

²⁰ Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.32, ítem 2.

²¹ Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.32, ítem 3.

²² Ibid. – Capítulo 6, Artículo 2.2.4.6.32, ítem 4.

muestran las siglas para cada identificador dentro del SG-SST de la empresa CEA y su valor cuantitativo sobre la normatividad aplicada.

Tabla 3. Indicadores de cumplimiento de la normativa en el SG-SST para la empresa CEA

Indicadores de cumplimiento de la normativa en el SG-SST para la empresa CEA			
Normativa	Indicador	Identificador	Valoración cuantitativa de cumplimiento de la normativa (%)
Artículo 2.2.4.6.7 (objetivos del SG-SST)	Riesgos de la actividad laboral	Id7.1	3.3
	Valoración de los riesgos derivados de la actividad laboral	Id7.2	3.3
	Peligros de la actividad laboral	Id7.3	3.1
Artículo 2.2.4.6.8 (Obligaciones de la empresa)	Prevención y promoción de riesgos laborales	Id8.1	2.5
	Participación de los colaboradores	Id8.2	2.5
	El empleador debe garantizar la capacitación de los trabajadores	Id8.3	2.5
	Gestión de los peligros y riesgos	Id8.4	2.5
Artículo 2.2.4.6.10 (Obligaciones del empleado)	Procurar el cuidado integral de su salud	Id9.1	1.6
	Suministrar información clara, veraz y completa sobre su estado de salud	Id9.2	2
	Cumplir las normas, reglamentos e instrucciones del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa	Id9.3	1.6
	Informar oportunamente al empleador o contratante acerca de los peligros y riesgos latentes en su sitio de trabajo	Id9.4	1.6
	Participar en las actividades de capacitación en Seguridad y Salud en el Trabajo definido en el plan de capacitación del SG-SST	Id9.5	1.6
	Participar y contribuir al cumplimiento de los objetivos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST	Id9.6	1.6
Artículo 2.2.4.6.12 (Documentación del SG-SST)	La identificación anual de peligros y evaluación y valoración de los riesgos	Id12.1	1.4
	El programa de capacitación anual en Seguridad y Salud en el Trabajo - SST, así como de su cumplimiento incluyendo los soportes de inducción, reinducción (sic) y capacitaciones de los trabajadores.	Id12.2	1.4
	Registros de entrega de equipos y elementos de protección personal	Id12.3	1.4
	La identificación de las amenazas junto con la evaluación de la vulnerabilidad y sus correspondientes planes de prevención, preparación y respuesta ante emergencias	Id12.4	1.4

	Formatos de registros de las inspecciones a las instalaciones, máquinas o equipos ejecutadas	ld12.5	1.4
	Evidencias de las gestiones adelantadas para el control de los riesgos prioritarios	ld12.6	1.4
	Los documentos pueden existir en papel, disco magnético, óptico o electrónico, fotografía, o una combinación de estos y en custodia del responsable del desarrollo del sistema de gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo	ld12.7	1.6
Artículo 2.2.4.6.13 (Disponibilidad de los registros de Seguridad y Salud en el Trabajo)	El empleador debe conservar los registros y documentos que soportan el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo de manera controlada, garantizando que sean legibles, fácilmente identificables y accesibles, protegidos contra daño, deterioro o pérdida	ld13.1	10
Artículo 2.2.4.6.23 (Medidas de prevención y control)	Eliminación del peligro/riesgo	ld23.1	2
	Sustitución	ld23.2	2
	Controles de Ingeniería	ld23.3	2
	Controles Administrativos	ld23.4	2
	Equipos y Elementos de Protección Personal y Colectivo	ld23.5	2
Artículo 2.2.4.6.32 (Investigación de incidentes, accidentes de trabajo y enfermedades laborales)	Identificar y documentar las deficiencias del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) lo cual debe ser el soporte para la implementación de las acciones preventivas, correctivas y de mejora necesarias	ld32.1	2.5
	Informar de sus resultados a los trabajadores directamente relacionados con sus causas o con sus controles, para que participen activamente en el desarrollo de las acciones preventivas, correctivas y de mejora	ld32.2	2.5
	Informar a la alta dirección sobre el ausentismo laboral por incidentes, accidentes de trabajo y enfermedades laborales	ld32.3	2.5
	Alimentar el proceso de revisión que haga la alta dirección de la gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo y que se consideren también en las acciones de mejora continua	ld32.4	2.5
Normativa sobre toma, almacenamiento y análisis de datos derivados de salud	Confidencialidad: La información y/o el acceso a funcionalidades debe estar protegido de accesos no autorizados	ldS1	10
	Integridad: La información y/o las funcionalidades no pueden ser modificadas por acceso no autorizados	ldS2	10
	Disponibilidad: Garantiza el acceso a la información y/o funciones a los usuarios autorizados bajo diferentes circunstancias, inclusive cuando el sistema se está sometiendo a un ataque	ldS3	10

Total valoración	100
-------------------------	-----

Fuente: propia de la investigación

Con esta matriz de valoración se procede a evaluar el proceso manual (con los formatos físicos) en la empresa CEA, esta evaluación se puede observar en la Tabla 4.

Tabla 4. Evaluación y grado de cumplimiento del proceso manual de toma de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo en la empresa CEA

Evaluación y grado de cumplimiento de la normativa en el proceso manual			
Identificador	Valoración cuantitativa de cumplimiento de la normativa (%)	Requerimiento de cumplimiento	Verificación de cumplimiento por parte del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo
Id7.1	3.3	Toma de datos a la entrada y salida del trabajo sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo	Si
Id7.2	3.3	Toma de datos sobre salud física como dolores, molestias o daños en la integridad del trabajador a la salida del trabajo	Si
Id7.3	3.1	Verificación de uso adecuado de los implementos de seguridad	Si
Id8.1	2.5	Evaluación de capacitaciones sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo	Si
Id8.2	2.5	Llenado obligatorio del formato por todos los colaboradores de la empresa	Si
Id8.3	2.5	Evaluación de capacitaciones sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo	Si
Id8.4	2.5	Evaluación de datos tomados en los formatos físicos	Si
Id9.1	1.6	Verificación de uso adecuado de los implementos de seguridad	Si
Id9.2	2	Firma del colaborador	Si
Id9.3	1.6	Firma del colaborador	Si
Id9.4	1.6	Profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo presente en el sitio para informar	Si
Id9.5	1.6	Evaluación de capacitaciones sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo	Si
Id9.6	1.6	Llenado diario de los formatos para el seguimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo	Si
Id12.1	1.4	Resumen anual sobre datos recolectados	Si, con gran dificultad para elaborar

Id12.2	1.4	Resumen anual sobre datos recolectados con firma del colaborador	Si, con gran dificultad para elaborar
Id12.3	1.4	Verificación de uso adecuado de los implementos de seguridad	Si
Id12.4	1.4	Observando los resultados al analizar los datos con un tiempo largo sujeto a valoración	Si, con gran dificultad para observar
Id12.5	1.4	Actas de revisión y facturas de mejoras a las maquinarias	Si
Id12.6	1.4	Actas de visita a obras	Si
Id12.7	1.6	Formatos en papel y en digital transcritos en plataformas de Google	Si, con peligro a pérdidas, daños o robos
Id13.1	10	Documentos guardados en físico y digital en la habitación de archivo sin seguridad	Si, con peligro a pérdidas, daños o robos
Id23.1	2	Análisis de datos recolectados, pero con tiempos largos de acción	Si, con gran dificultad para elaborar
Id23.2	2	Acta de sustitución de actividades asociadas a peligros (difícil de observar con los formatos o tiempo demasiado largo)	Si, con gran dificultad para elaborar
Id23.3	2	Actas de revisiones de maquinaria en la obra (se realiza cuando se observa tendencia en los formatos a daños físicos repetitivos)	Si, con gran dificultad para elaborar
Id23.4	2	Actas desde la administración sobre supresión o mejora de actividades (se realiza cuando se observa tendencia en los formatos a daños físicos repetitivos)	Si, con gran dificultad para elaborar
Id23.5	2	Verificación de uso adecuado de los implementos de seguridad	Si
Id32.1	2.5	Gráficos sobre la tendencia a algunos malestares en el trabajo (largo tiempo para realizar análisis)	Si, con gran dificultad para elaborar
Id32.2	2.5	Visitas a la obra para dar solución a aspectos dañinos repetitivos en los datos tomados	Si
Id32.3	2.5	Observación de los datos de Seguridad y Salud en el Trabajo obtenidos (largo tiempo para digitalizarlos y que sean fácil de leer para elaborar informes)	Si, con gran dificultad para elaborar
Id32.4	2.5	Análisis diario de los datos registrados en Seguridad y Salud en el Trabajo	Si, con gran dificultad para elaborar
IdS1	10	Una persona digitaliza la información recolectada por lo cual hay opción a violación de datos	No
IdS2	10	La información se recolecta en plataformas de Google donde se puede modificar fácilmente	No

IdS3	10	Se basa en la disponibilidad de datos desde Google, pero se pueden observar los formatos físicos (difíciles de encontrar)	No
Total cumplimiento de la normativa			70%

Fuente: propia de la investigación

Como se observa en la Tabla 4, con los formatos físicos se logra un cumplimiento de la norma en un 70%, el cual definidos los criterios no está cumpliendo con la norma ya que no sobrepasa el 80% de cumplimiento. El objetivo de la aplicación web tipo DApp es aumentar este porcentaje de cumplimiento de la norma.

Capítulo 2. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN WEB DAPP CON EL FRAMEWORK SCAFFOLD

En el presente capítulo se describen los requerimientos funcionales del flujo de información, en los procesos de recolección de datos, almacenamiento de los mismos y posterior visualización. Se propone e implementa una aplicación web tipo DApp desarrollada con el FrameWork Scaffold basada en tecnología blockchain en una red de tipo Ethereum sobre una máquina virtual EVM (Ethereum Virtual Machine) y utilización de smart contract, los cuales brinden soporte en cuanto al tiempo de registro y trazabilidad en los procesos de seguimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de la empresa CEA.

Identificados los requerimientos funcionales de la práctica profesional con la empresa CEA, y conocida la información relevante en los procesos de toma de datos para el seguimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de CEA; se procede a establecer los requerimientos de diseño, para el desarrollo de una aplicación web tipo DApp, que brinde solución al alto tiempo en la actualización de los registros sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de la empresa.

2.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

En los requerimientos funcionales identificados en la Sección 1.3, se observó el flujo de información del proceso de seguimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de la empresa CEA, el cual consta de seis etapas ilustradas en la Figura 10.

En la búsqueda de mejorar dicho proceso, se presentan los siguientes requerimientos:

- Disminuir tiempos de operación en el proceso de registro de los datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Mejorar la trazabilidad de los registros sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Disminuir costos de operación en el proceso de toma de datos y posterior análisis.
- Disminuir demandas a la empresa CEA por parte de los trabajadores sobre malas prácticas de Seguridad y Salud en el Trabajo dictadas por la normativa decretada por la empresa observada en la Sección 1.4

A continuación, se aplica el marco de trabajo de Scrum en el desarrollo de la aplicación web tipo DApp.

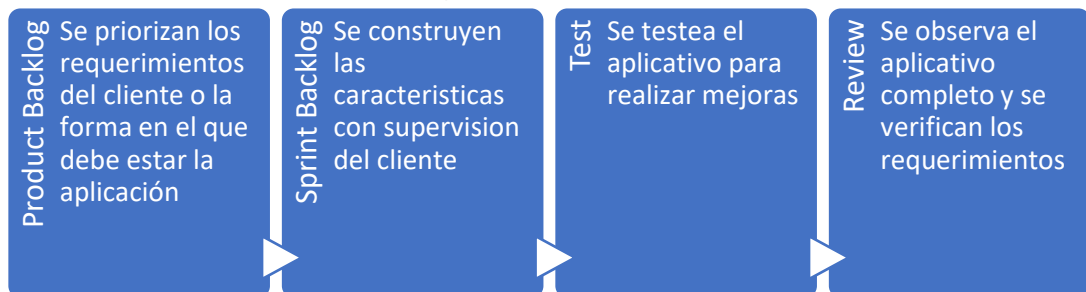
Metodología Scrum

Para suplir tales requerimientos, se propone el desarrollo de una aplicación web tipo DApp, utilizando la metodología Scrum, la cual es un proceso en el que se aplican de manera regular un conjunto de buenas prácticas para trabajar colaborativamente, en equipo, y obtener el mejor resultado posible de un proyecto. Estas prácticas se apoyan unas a otras y su selección tiene origen en un estudio de la manera de trabajar de equipos altamente productivos [23].

En Scrum se realizan entregas parciales y regulares del producto final, priorizadas por el beneficio que aportan al receptor del proyecto. Por ello, Scrum según la web Atlassian, especialistas en la metodología dicen que “está especialmente indicado para proyectos en entornos complejos, donde se necesitan obtener resultados pronto, donde los requisitos son cambiantes o poco definidos, donde la innovación, la competitividad, la flexibilidad y la productividad son fundamentales”[23].

Según Srivastava A et al. “Scrum se enfoca en la productividad a través de comunicación y planificación que dan libertad a los equipos para descubrir formas de diseñar soluciones. También proporciona un proceso más eficiente en caso de que se requiera un cambio fundamental.”[24], también este autor nos da el diagrama de flujo básico para la metodología como indica la Figura 11.

Figura 11. Etapas de la metodología Scrum para el desarrollo de software



Fuente: Srivastava A et al

Los demás pasos observados en la Figura 11, cada semana, se realizan entregas al supervisor de la práctica profesional en la empresa CEA, con posibles cambios para que los requerimientos se cumplan hasta obtener el producto final.

En primera instancia se definen el *Product Backlog*, el cual consiste en una lista con todos los requerimientos iniciales del producto que se va a desarrollar. Se trata de una lista dinámica, que irá evolucionando a medida que lo hace el producto y el entorno del proyecto. La finalidad de crear esta lista no es otra que identificar las necesidades del producto para lograr su máxima utilidad.

En el presente proyecto se define el *Product Backlog* para una aplicación web tipo DApp, la cual se compone de las historias de usuario, ilustradas en las Tablas 5, 6, 7 y 8:

Tabla 5. Historia de usuario 1

Como	Colaborador
Quiero	Pedir acceso a la aplicación web.
Para	Comenzar a usar la aplicación web.
Criterio de aceptación	Registrar con su billetera digital el nombre y código de empleado en la aplicación web.

Fuente: propia de la investigación

Tabla 6. Historia de usuario 2

Como	Profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo.
Quiero	Registrarse en la aplicación web.
Para	Administrar los datos de colaboradores y aceptar nuevos colaboradores.
Criterio de aceptación	Registrarse con su billetera digital como profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Fuente: propia de la investigación

Tabla 7. Historia de usuario 3

Como	Colaborador
Quiero	Registrar los datos de Seguridad y Salud en el Trabajo en dos jornadas
Para	Un cómodo y simple registro de los datos
Criterio de aceptación	Navegación simple y rápida de envío

Fuente: propia de la investigación

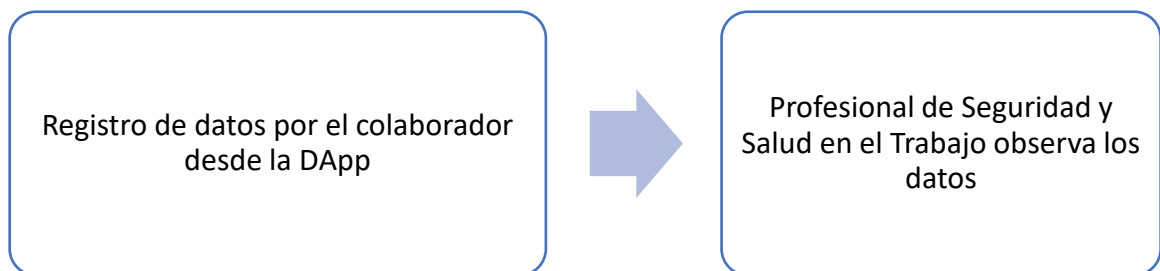
Tabla 8. Historia de usuario 4

Como	Profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo.
Quiero	Observar los datos registrados por los colaboradores.
Para	Acceder de forma instantánea a los nuevos registros
Criterio de aceptación	Gráficos ilustrativos sobre los datos registrados, seccionados por clasificación como se indica en la Tabla 1 y por colaborador

Fuente: propia de la investigación

Con el aplicativo web tipo DApp se pretende disminuir los tiempos de operación, mejorando la integridad de los datos, con lo cual se obtiene un flujo de información en dos etapas, ilustrado en la Figura 11. Por tanto, al eliminar las etapas de traslado, retorno y digitalización en el proceso de toma de información de la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de la empresa CEA, se reducen los tiempos de análisis y toma de decisiones sobre estos.

Figura 12. Etapas del proceso de registro de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de la empresa CEA mediante aplicativo web tipo DApp



Fuente: propia de la investigación

2.2 RED BLOCKCHAIN

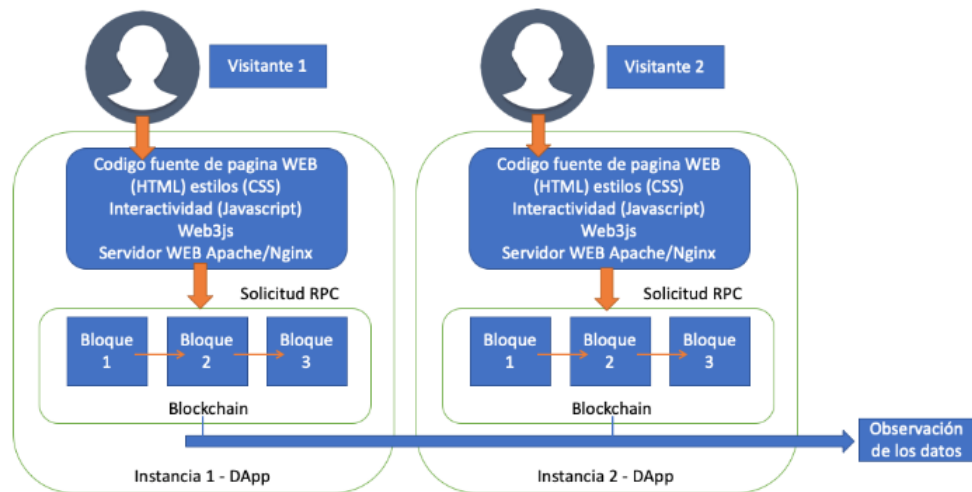
En el desarrollo de aplicación web tipo DApp se debe escoger la mejor red *blockchain* ya que será donde se publican y despliegan los *smart contracts* producto de las transacciones sobre los datos de Seguridad y Salud en el Trabajo, tal como los ilustrados en la Tabla 8, y cada uno de estos permite utilizar diferentes lenguajes de programación de alto y bajo nivel para los *smart contracts*, además de la facilidad para integrarlos en una aplicación web.

Una aplicación web tipo DApp consta de un entorno de desarrollo web con interacciones a una red *blockchain*, como se ilustra en la Figura 13. Siguiendo lo indicado por N. Ernesto Garcia “la arquitectura de una DApp consiste básicamente en un cliente que realiza interacciones con un servicio web en diversos lenguajes, donde, el servidor web3 brinda respuesta y enlaza la información con la red *blockchain* mediante peticiones tipo RPC (*Remote Procedure Call*)”[25]. Y según AMD “Este modelo garantiza la seguridad de los datos tomados, ya que los datos están protegidos por encriptación de la red *blockchain*”[26].

La diferencia de una DApp radica en que el modelo Cliente-Servidor de una aplicación web clásica centraliza los datos en un servidor, lo que significa que cualquiera que sea dueño puede ejercer poder sobre él, y si la información

contenida es delicada, puede negar el acceso o modificar los datos. En cambio, al montar una DApp sobre la arquitectura de una red *blockchain*, esa información es respaldada y verificada por toda la red de mineros que lo sostienen. Lo interesante de las redes *blockchain*, es que, dentro de estos bloques, además de guardar información podemos ejecutar código en su lenguaje de desarrollo. Permitiendo el desarrollo de diversos tipos de *smart contracts*, dada la capacidad de que este código sea inalterado y ejecutado de acuerdo a lo estipulado.




Figura 13. Arquitectura de aplicativo web tipo DApp



Fuente: propia de la investigación

Por tanto, será de vital importancia reconocer cual es la mejor red *blockchain* para la aplicación web, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Comparación de las redes *blockchain* más importantes y su interacción de *smart contracts*

Criterio	Redes Blockchain		
	<i>Ethereum</i>	<i>NEO</i>	<i>Bitcoin</i>
			
Valor de la transacción con contratos inteligentes	Alto	Bajo	Alto

Lenguaje de integración con aplicaciones web	Si, JavaScript con soporte Web3 y React	Si, Python soporte a muy bajo nivel, se debe desarrollar desde cero las interacciones	Si, por medio de Lightning Node
Lenguaje de desarrollo de lógica en Smart Contracts	Si, Solidity con mucho soporte por parte de Ethereum	Si, Python sin soporte y difícil integración	No soporta contratos inteligentes
Existen FrameWorks para el desarrollo ágil	Si, vigentes con soporte	No	No
Capacidad de realizar máquinas virtuales para pruebas	Si, fáciles de instalar en cualquier sistema operativo	Si, complicado de instalar y solo se puede instalar en sistemas operativos MAC	Si, fáciles de instalar en cualquier sistema operativo
Tiempo de desarrollo	Bajo	Alto	Medio

Fuente: propia de la investigación

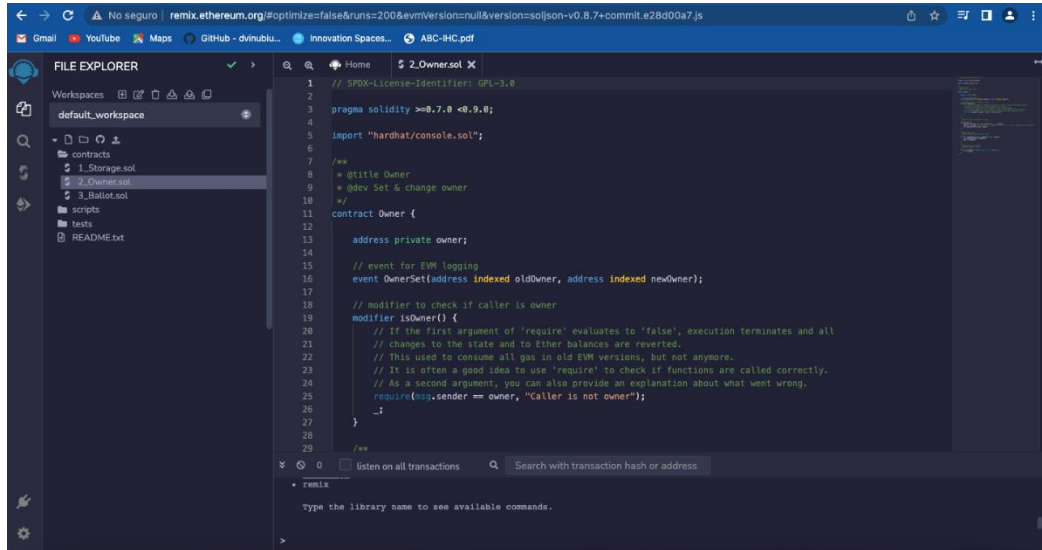
Aunque el costo es bajo de la red *NEO* y que se pueden implementar aplicaciones web con *Bitcoin*, se evidencia que el tiempo de desarrollo y facilidad de integración con aplicaciones web es complicado de sobrellevar, por tanto, *Bitcoin* se desecha como posibilidad ya que no posee tecnología de *smart contract* que es fundamental para este proyecto, por ello, se elige a la red *Ethereum* para la aplicación web tipo DApp. Además de que la red *Ethereum* tiene más soporte ya que es una de las redes más usadas en el momento en todo el mundo para la creación de DApp y existe una gran comunidad de desarrollo por lo que se puede conseguir soporte fácilmente en la red

Smart Contract en Solidity

Según la empresa creadora *Ethereum* “*Solidity* es un lenguaje de alto nivel orientado a *smart contracts* en la red *blockchain* de *Ethereum*. Su sintaxis es similar a la de *JavaScript* y está enfocado específicamente a la EVM. *Solidity* está tipado de manera estática y acepta, entre otras cosas, herencias, librerías y tipos complejos definidos por el usuario”[27]

El lenguaje de *Solidity* se integra fácilmente con las aplicaciones web ya que su estructura es compatible con *JavaScript* y existen servicios para la interacción en EVM como *Hardhat*, además, el lenguaje tiene mucho soporte, por tanto, también es muy sencillo el proceso de probar la lógica de programación y verificar si el *smart contract* realiza lo que se requiere, para ello se usa el entorno *Remix* de pruebas de *Solidity*, el cual, se ilustra en la Figura 14.

Figura 14. Entorno de desarrollo de pruebas Remix



Fuente: REMIX [9].

Figura 15. Proceso para la creación del smart contract



Fuente: propia de la investigación

A continuación, se describen los pasos ilustrados en la Figura 15 para el desarrollo del smart contract

- **Aprendizaje del lenguaje Solidity:** para llevar a cabo este paso se realizó un curso en la plataforma *Udemy* llamado “*SmartContracts y Blockchain con Solidity de la A a la Z*”[28], con este curso se obtiene una vista mejorada de como programar en el lenguaje *Solidity*, además de alimentar este conocimiento con seminarios en línea y tutoriales en plataformas digitales de video.
- **Realizar la lógica de programación:** La lógica del *smart contract* se basa en el guardado de variables provenientes de la Seguridad y Salud en el Trabajo siguiendo los formatos ya establecidos por la empresa para los colaboradores, además de conceder permisos con direcciones de billetera digital para poder

introducir u observar datos en la aplicación web tipo DApp, la lógica de programación del *smart contract* se puede observar a continuación en la Tabla 10.

Tabla 10. Lógica de programación para el *smart contract*

Función para validar dirección del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo	Entrada: Dirección desde la billetera digital
	Guardar dirección en contrato
	Emitir evento de validación de Seguridad y Salud en el Trabajo
Función para validar dirección de colaborador en la empresa	Entrada: Dirección desde la billetera
	Guardar dirección en contrato
	Emitir evento de validación con nombre de colaborador y código de empleado
Mapeo de validación de empleados	Relaciona una dirección de billetera con un booleano (True si esta aceptado, False si esta rechazado)
Vectores para guardado de solicitudes	Vector de direcciones de los colaboradores
	Vector de nombres de los colaboradores
	Vector con códigos de los colaboradores
Eventos	Solicitudes de trabajadores (dirección trabajador, nombre, código)
	Trabajador validado (dirección trabajador)
	Nuevo contrato diario (dirección trabajador, dirección contrato)
	Visualizar los datos que se registran a la entrada del trabajo
Modificadores	Visualizar los datos que se registran a la salida del trabajo
	Modificador para que la dirección del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo tenga permiso de acceder a todos los contratos publicados
Función para solicitar visualización de direcciones que han solicitado acceso	Modificador para que solamente a una dirección de billetera validada se le permita hacer uso de las funciones
	Entrada: solo dirección desde billetera del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo
Función para validar nuevos empleados	Salida: retorna el vector de direcciones y el mapping con el nombre y código
	Entrada: Dirección del trabajador, dirección del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo
	Cambiar el estado en el mapeo de validación de empleados
Mapeo de direcciones de empleados con los datos introducidos en las transacciones	Salida: emitir el trabajador validado
	Relación de la dirección del trabajador con los datos registrados a la entrada de la jornada laboral
Estructuras de los datos ingresados	Relación de la dirección del trabajador con los datos registrados a la salida de la jornada laboral
	Estructura para los datos registrados a la entrada del trabajo
Función para registrar datos a la entrada de la jornada laboral	Estructura para los datos registrados a la salida del trabajo
	Entrada: dirección del trabajador, datos desde el front en formato JSON
Función para registrar datos a la salida de la jornada laboral	Guardado de datos
	Salida: Emitir evento "visualizar datos de entrada de la jornada laboral"
Función para visualizar datos de entrada a la jornada laboral	Entrada: dirección del trabajador, datos desde el front en formato JSON
	Guardado de datos
Función para visualizar datos de salida a la jornada laboral	Salida: Emitir evento "visualizar datos de salida de la jornada laboral"
	Entrada: Dirección del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo, dirección del trabajador
Función para visualizar datos de entrada a la jornada laboral	Salida: formato JSON con los datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo registrada
	Entrada: Dirección del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo, dirección del trabajador a la entrada de la jornada laboral
Función para visualizar datos de salida a la jornada laboral	Salida: formato JSON con los datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo registrada a la salida de la jornada laboral
	Entrada: Dirección del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo, dirección del trabajador a la entrada de la jornada laboral

Fuente: propia de la investigación

- **Elaboración del código:** El código se elaboró siguiendo la lógica establecida con el lenguaje *Solidity* antes aprendido, (Ver Anexo B).
- **Prueba de funcionamiento:** Las pruebas se realizaron en el entorno *Remix*, verificando que se cumplan las condiciones establecidas en la lógica del *smart contract*.

2.3 FRAMEWORK SCAFFOLD ETH

Según el desarrollador de *Scaffold-eth* Griffit, Austin “*Scaffold-eth* proporciona un proyecto listo estructuralmente el cual se puede usar para la creación rápida de prototipos en la red *blockchain Ethereum*, lo que brinda a los desarrolladores acceso a herramientas de última generación para aprender y crear rápidamente una DApp basada en *Ethereum* y *smart contracts*”[29]. *Scaffold-eth* no es un producto en sí mismo, sino más bien una combinación de otros productos. Los cuales permiten construir e iterar rápidamente sobre *smart contracts* y el *frontend* del aplicativo web tipo DApp. La combinación de productos contiene:

- **Solidity:** Según su desarrollador “*Solidity* es un lenguaje de alto nivel orientado a objetos para implementar *smart contracts*. Los *smart contracts* son programas que rigen el comportamiento de las cuentas dentro del estado *Ethereum*.”[30] Este lenguaje se usará dentro de la DApp para escribir los *smart contract*.
- **HardHat:** Según su desarrollador “*hardhat* es un entorno de desarrollo para *Ethereum*. Consta de diferentes componentes para editar, compilar, depurar e implementar sus *smart contracts* y DApps, todos los cuales trabajan juntos para crear un entorno de desarrollo completo”[31] este entorno se usará para elaborar redes *blockchain* locales, desplegar y testear *smart contracts*.
- **React:** Según su desarrollador “es una biblioteca *Javascript* para crear interfaces de usuario”[32] Dentro de la DApp se usará para construir el *frontend* de la aplicación web tipo DApp, utilizando muchos componentes y enlaces útiles prefabricados.
- **Ethers.js:** Según su desarrollador “La biblioteca *ethers.js* pretende ser una biblioteca completa y compacta para interactuar con la *blockchain Ethereum* y su ecosistema.”[33] Dentro de la DApp se usará para interactuar con los *smart contracts* desplegados en la red *blockchain* desde el *frontend* de la aplicación web tipo DApp.
- **Ant:** Según su desarrollador “*Apache Ant* es una biblioteca de *Java* y una herramienta de línea de comandos cuya misión es impulsar los procesos descritos en los archivos de compilación como objetivos y puntos de extensión que dependen unos de otros.”[34] La cual se usará para el desarrollo de la interfaz de usuario. Y además se puede usar fácilmente a *Bootstrap*, el cual según su desarrollador “*Bootstrap* es un potente conjunto de herramientas de *front-end* repleto de funciones.”[35] El cual servirá de soporte para efectos visuales o gráficos.

Para ello se debe instalar el proyecto completo, el cual es de uso libre y fácil de instalar en cualquier sistema operativo con *Node* en su versión 16, *Yarn* en su versión 1.22.19 y *Git* en la versión 2.37.3

Figura 16. El *Framework Scaffold* en *Git*






File/Folder	Commit Message	Time Ago
.github/workflows	add husky pre-commit	6 days ago
.husky	remove strict check for local commit & just show warning	4 days ago
.vscode	Added Codespace config	3 months ago
ISSUE_TEMPLATE	Getting up to date on master branch	8 months ago
docker	Fix typo in setup.sh	9 months ago
packages	Merge pull request #871 from scaffold-eth/update-header-props	5 hours ago
.devcontainer.json	Added Codespace config	3 months ago
.editorconfig	added config for .sol files	15 months ago
.gitignore	bump graph & tidy docker	4 months ago
.gitmodules	Refactor: hardhat-deploy, contractLoader, signers, ethers, rollup-rea...	15 months ago
.gitpod.yml	Update .gitpod.yml	7 months ago
LICENSE	LICENSE	2 years ago
README.md	Update README.md	3 months ago
package.json	remove strict check for local commit & just show warning	4 days ago
yarn.lock	add lint-staged	6 days ago

Fuente: *GitHub Griffit A.*

Billetera Digital *Metamask*

Desde los requerimientos de la práctica profesional con la empresa CEA se tiene que los colaboradores deben identificarse con una dirección de billetera encriptada y relacionarlos dentro de la aplicación web con el nombre y código de trabajador, esto se debe realizar con una billetera digital que se enlace a la red *blockchain Ethereum* desde local en *hardhat*, para ello, se debía elegir la billetera con más funcionalidades, a continuación, se indica en la Tabla 9 las posibles billeteras a usar.

Tabla 11. Comparación de las posibles billeteras para la interacción colaborador – aplicación web

Criterio	Billeteras Digitales				
	<i>Portis</i>	<i>Formatic</i>	<i>MetaMask</i>	<i>CoinBase</i>	<i>Authereum</i>
Logo					
Pago por el uso	No	No	No	No	No
Integración de dinero (<i>ether</i>) ficticio o <i>token</i>	No	No	Si	No	No
Uso en navegador web	Si, mediante una aplicación	Si, mediante una aplicación	Si, mediante extensión de navegador o aplicación móvil	No	Si, mediante una aplicación
Fácil de usar	Si	Si	Si	Si	No
Capacidad de conexión a la red virtual local de <i>Ethereum</i>	No	No	Si	No	No
Seguridad	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta

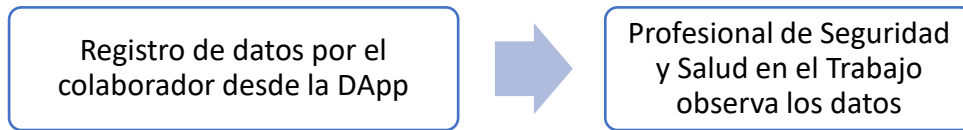
Fuente: propia de la investigación

Observando la Tabla 11, se puede evidenciar que *Metamask* es la única billetera que puede manejar dinero ficticio y conectarse a la red en máquina virtual desde un puerto local, además, por su fácil uso ya que existen extensiones fáciles de instalar en el navegador, por tanto, es seleccionada para el registro de los colaboradores.

2.4 PROPUESTA DE LA APLICACIÓN WEB TIPO DAPP

Con base al requerimiento definido en la Sección 2.1, cuyo objetivo es el proceso de mejora ilustrado en la Figura 12, reduciendo los tiempos de análisis y toma de decisiones sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de colaboradores de CEA; se propone el desarrollo de una aplicación web tipo DApp basada en el *Framework Scaffold*, uso de la red *blockchain Ethereum* y uso de *smart contracts* programados en *Solidity*, de tal manera que se pueda acceder en tiempo real a dicha información sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores desde la DApp con el usuario del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo desde las oficinas de CEA, Ingeniería que Evolucionada.

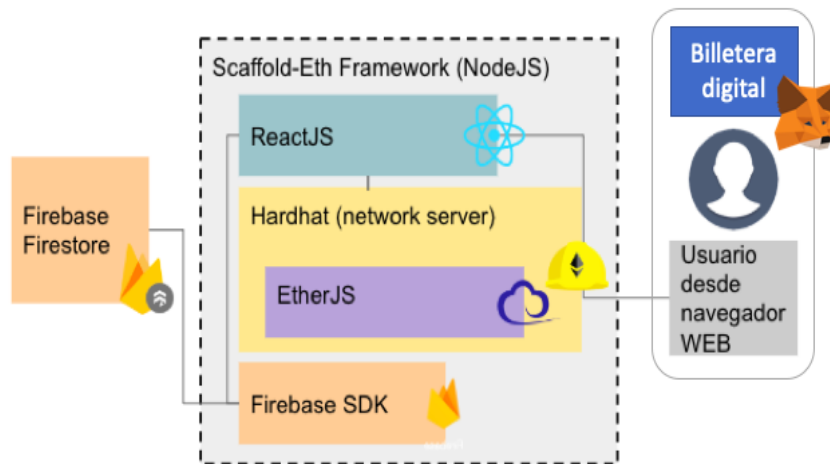
Figura 17. Etapas del proceso de registro de datos en la DApp



Fuente: propia de la investigación

2.4.1 Arquitectura de aplicativo web tipo DApp. La estructura del flujo de información y herramientas a implementar en la propuesta se ilustra en la Figura 18, donde el colaborador de la empresa en labores diarias a través de una aplicación web tipo DApp, ingresa sus datos de Seguridad y Salud en el Trabajo, luego son convertidos a transacción de un *smart contract* donde al mismo tiempo son almacenados en la base de datos *Firebase* con la seguridad de solo ser leídos por las direcciones que admite el *smart contract*, y posteriormente son exportados nuevamente a la página web donde se pueden visualizar en tiempo real desde gráficos realizados por *Bootstrap*, para ser consultados en las oficinas de CEA. De esta manera, se accede en tiempo real a los datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores en obras, evitando retrasos y pérdida en la entrega de la información por parte de los operarios.

Figura 18. Arquitectura del aplicativo web



Fuente: propia de la investigación

A continuación, se detalla la arquitectura:

- **Billetera digital, usuario desde navegador web:** La primera interacción con el aplicativo web es desde una billetera digital, la cual contiene la dirección única del trabajador y maneja su dinero en *tokens* basados en *Ether* (moneda de transacción en la red *Ethereum*), con esta dirección interactúa directamente de forma “anónima” para usuarios externos ya que la identidad está protegida por un valor encriptado de 16 bits, el cual para desencriptar requiere un gran costo computacional.
- **Scaffold-Eth Framework (NodeJS):** Aplicación base con interacción a la red *blockchain* y *smart contracts* por medio de *NodeJS*
 - o **ReactJS:** Controla en *frontend* de la aplicación web tipo DApp, en esta aplicación se tienen tres ventanas visuales, una para el profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo, otra para el colaborador de la empresa y la ventana principal o *home*.
 - o **HardHat (Network Server):** Crea una red *blockchain* tipo EVM y despliega el Smart Contract en la red creada
 - o **EtherJS:** Controla el flujo de información desde el *frontend* con el *Backend* en *HardHat* desplegando la información necesaria desde el *frontend*.
 - o **FireBase SDK:** Guarda los datos encriptados por la dirección del *smart contract* para luego ser leídos y graficados por el *frontend* de la aplicación web.
- **FireBase Firestore:** Repositorio donde se almacenan los datos registrados en la red *blockchain* encriptados por la dirección del *smart contract* para mantener la seguridad de los datos.

2.4.2 Ventanas del aplicativo web DApp. Como primer paso en el desarrollo de la aplicación web basada en *Scaffold*, se definen las ventanas de interacción entre el usuario y el *frontend* de la aplicación. Ya que la aplicación web solo será usada por dos actores.

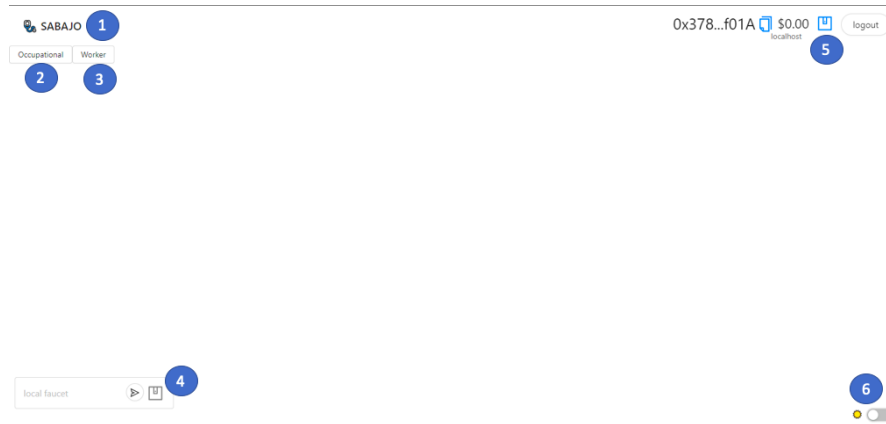
- **Profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo:** Permisos para usar la aplicación web y visualización de datos.
- **Colaborador:** Permisos para usar la aplicación web, introducción de los datos de Seguridad y Salud en el Trabajo al ingreso y salida de la jornada laboral.

Con ello, se decide que para que la aplicación sea fácil de usar e intuitiva solo tenga tres ventanas como se especifica a continuación:

1) Ventana principal o Home

Se ilustra en la Figura 19, en esta ventana se solicita primero acceder por medio de la billetera digital en Metamask, en la cual el usuario indica sus contraseñas a la billetera, donde automáticamente con la dirección propia del empleado dentro de la red *blockchain* puede acceder a realizar sus funciones dentro de la aplicación web.

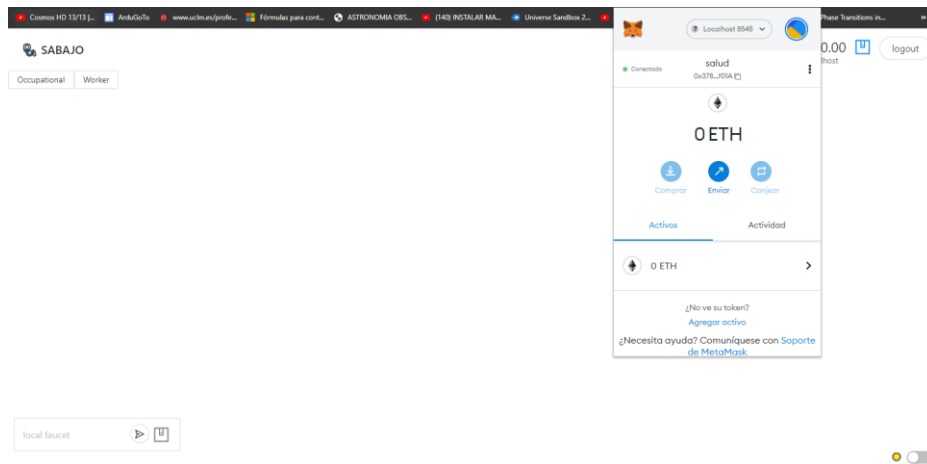
Figura 19. Ventana principal de la DApp



Fuente: propia de la investigación

1. **Logo-Icono de la aplicación:** se usa para volver a *Home*.
2. **Occupational:** Botón para ir a la ventana del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo.
3. **Worker:** Botón para ir a la ventana del trabajador.
4. **Local Faucet:** Ventana para hacer transacciones de dinero con la billetera, esta opción solo se instaló para darle dinero a los colaboradores ya que no se está corriendo en la *Main Net* de *Ethereum* sino en una EVM.
5. **Interacción con la billetera:** Se pueden observar tres items importantes, la dirección que está interactuando desde Metamask en el momento, el dinero traducido a dólares y por último un botón para desenlazar la billetera de la DApp.
6. **Light-Dark:** Botón para cambiar estilo claro - oscuro de la DApp

Figura 20. Ingreso de usuario por medio de billetera digital



Fuente: propia de la investigación

2) Ventana para el colaborador (*worker*)

Se ilustra en la Figura 21, en esta ventana se muestran 3 botones, el primero de ellos “solicitar acceso a la empresa” es para pedir permiso al profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo para poder enviar datos con lo cual también pide el nombre y su código de trabajador, el segundo “jornada de trabajo” es para escoger si los datos son de inicio de la jornada laboral o del final de la jornada laboral y el tercero “enviar datos” para enviar datos.

Figura 21. Pantalla de la ventana *worker* completa

Worker

Nombre
Escribe tu nombre

Codigo
Escribe tu codigo

Solicitar Acceso a la Empresa
Crear Contrato del Trabajador

Jornada de trabajo Inicio

Actividades

Actividad Primaria
Escribe tu actividad primaria

Actividad Secundaria
Escribe tu actividad secundaria

Actividad Faltante
Escribe tu actividad faltante

Protección

¿Usa guantes de protección?
¿Usa chaleco reflectivo?
¿Usa botas industriales?

¿Usa botas industriales?
¿Usa casco de protección?
¿Usa máscara facial de protección?
¿Usa gafas de protección?
¿Usa arnés para trabajar en la altura?

Capacitación

¿Capacitación en alturas vigente?
¿Capacitación de riesgos eléctricos?
¿Capacitación de primeros auxilios y uso del botiquín?
¿Capacitación para uso de máquinas?

Bienestar Físico y Mental

¿Presenta dolor de cabeza?
¿Presenta dolor de brazos?
¿Presenta dolor abdominal?
¿Presenta dolor de piernas?
¿Se ha sentido bajo de ánimo o triste los últimos 2 días?
¿Siente que tiene problemas familiares?
¿Ha sufrido de emociones fuertes los últimos dos días?

Sueño y descanso

Hora de dormir 22:00
Hora en la que despertó 08:00
¿Se siente cansado?

Enviar datos

local faucet

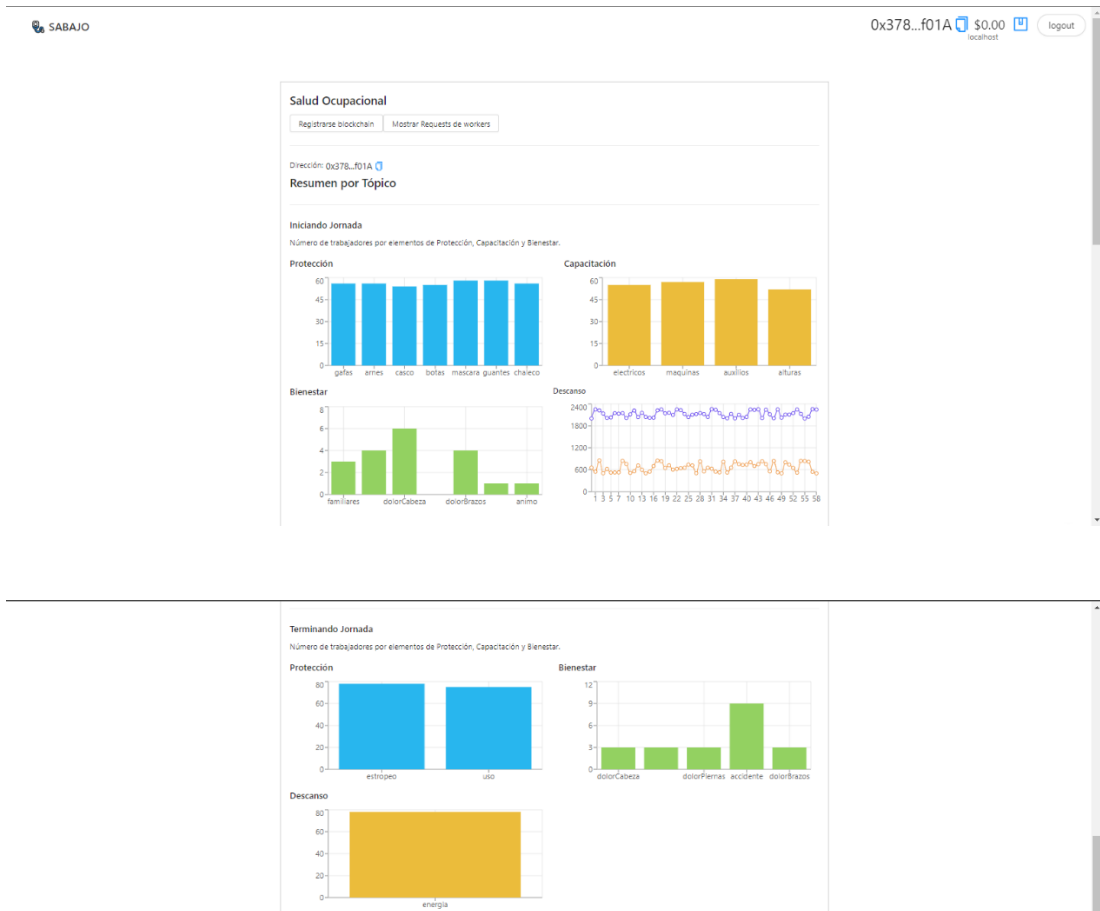
0x4F2...8Cc2 localhost \$0.00 logout

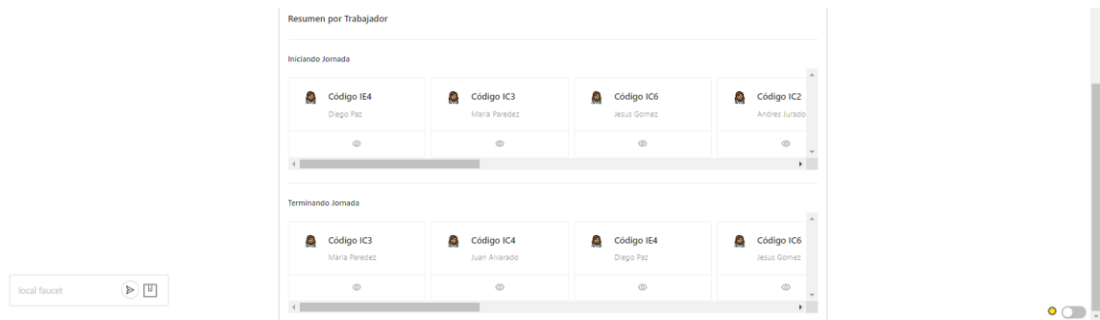
Fuente: propia de la investigación

3) Ventana para el profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo (*Occupational*)

Se ilustra en la Figura 22, que está dividida en 5 partes, en la primera se encuentran dos botones, “registrarse *blockchain*”, para registrar la dirección de la billetera de *Metamask* activa como profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo, “mostrar *requests* de *workers*” para observar solicitudes de colaboradores y aceptarlos o denegarlos. En la segunda parte se observan resúmenes gráficos de los datos ya enviados por los colaboradores al inicio de la jornada, esta es una vista general y estadística de todos los registrados hasta el momento. En la tercera parte se observan resúmenes gráficos de los datos ya enviados por los colaboradores al finalizar de la jornada, esta es una vista general y estadística de todos los registrados hasta el momento. En la cuarta parte se pueden observar botones por cada colaborador con su código y nombre para discriminar los datos al inicio de la jornada por cada trabajador. Y en la quinta parte se pueden observar botones por cada colaborador con su código y nombre para discriminar los datos a la salida de la jornada laboral por cada trabajador como se ilustra en la Figura 22

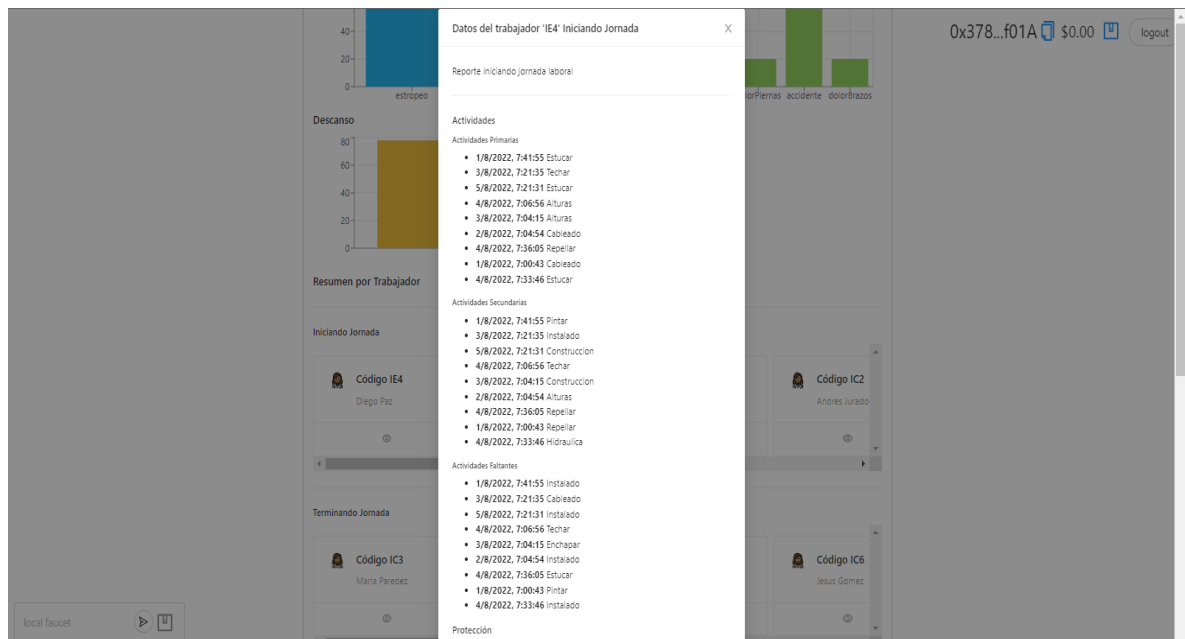
Figura 22. Pantalla de la ventana *occupational* completa





Fuente: propia de la investigación

Figura 23. Pantalla de la ventana de visualización de datos discriminada por trabajador



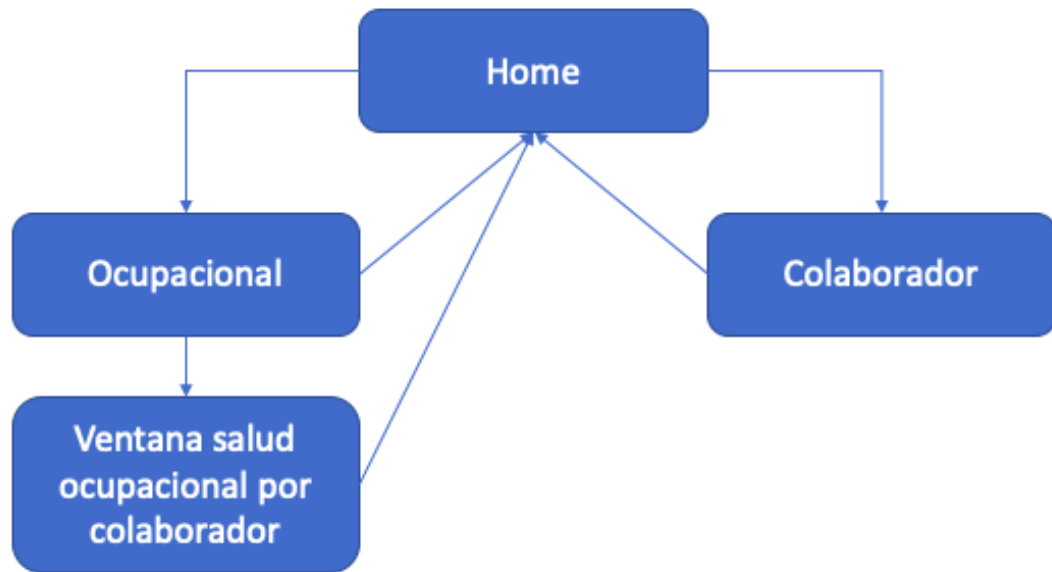
Fuente: propia de la investigación

En la Figura 23 se observa la vista de datos discriminada por colaborador, donde en primera instancia se identifican las fechas y horas de las actividades realizadas, además de gráficas que indican el registro de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo, con esto, se puede observar el historial de la Seguridad y Salud en el Trabajo del empleado y sacar conclusiones de las mismas

De esta manera se dan a conocer las diferentes vistas de interacción de la aplicación web tipo DApp, para la gestión de la información sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de CEA.

2.4.3 Interacción entre ventanas de la aplicación web tipo DApp. En la Figura 24 se muestra el diagrama de interacción general de la aplicación web, donde se observan las ventanas ocupacional y colaborador, con el respectivo retorno.

Figura 24. Diagrama de interacción general



Fuente: propia de la investigación

De esta manera se dan a conocer las ventanas de la aplicación web, para el registro de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de CEA.

El código fuente de las ventanas (*Frontend*) se encuentra en el Anexo B, recurriendo al repositorio del código en *GitHub*

3 Capítulo 3. ANÁLISIS DE DESEMPEÑO

En el presente capítulo se lleva a cabo una comparación entre el proceso de toma de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores llevado a cabo manualmente con formatos físicos y el proceso con el aplicativo web tipo DApp, dando a conocer las ventajas y mejoras en el proceso, validando la usabilidad de la herramienta software en la empresa CEA, Ingeniería que Evoluciona.

A continuación, se describe el proceso de implementación en campo del aplicativo web tipo DApp y el proceso manual; realizando una comparación de los tiempos en promedio del registro, los costos de operación, la trazabilidad e integración de la información de los datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores; concluyendo con las bondades del aplicativo web en el proceso de registro.

3.1 IMPLEMENTACIÓN EN CAMPO

En el proceso de toma de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores en campo, es implementado el aplicativo web tipo DApp, ejecutándose en paralelo el proceso llevado a cabo manualmente, estableciendo con ello una comparación que manifieste mejoras en el proceso.

1) Proceso manual

El proceso de toma de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores manualmente por medio de formatos físicos incorpora las siguientes etapas

- Impresión y entrega de los formatos.
- Traslado a campo.
- Toma de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores.
- Retorno.
- Digitación de datos.
- Análisis de resultados.
- Toma de decisiones por el profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo.

2) Proceso con aplicativo web

El proceso de toma de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores con el aplicativo web, posee las siguientes etapas

- Registro de datos desde la aplicación web tipo DApp.
- Análisis de resultados.
- Toma de decisiones por el profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo.

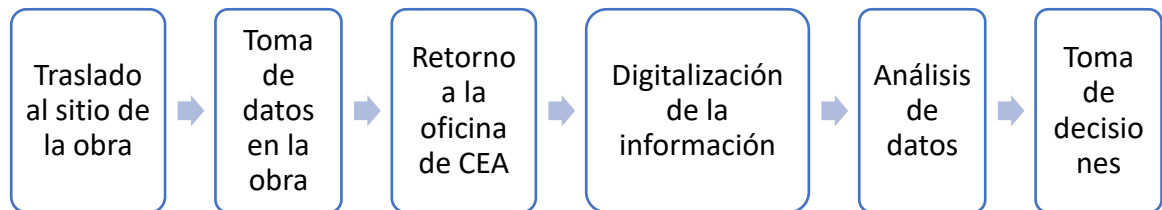
3.2 COMPARACIÓN DE PROCESOS

Se da a conocer la recolección de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores manualmente y el proceso con el aplicativo web tipo DApp, como se muestra en las Figuras 25 y 26. El proceso manual requiere transporte, una persona encargada de la transcripción de los registros impresos a un formato de *Google docs*, para los datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores, como se muestra en las Figuras 27, 28 y 29.

En el proceso con el aplicativo web tipo DApp, se elimina la transcripción de los formatos, y por tanto la necesidad de utilizar formatos impresos, la transcripción de los registros a un formato de *Google docs* y los viajes a las obras, minimizando el impacto ambiental al no usar papel y reduciendo emisiones de gases por la minimización de los viajes a las obras, además, de reducir tiempos de operación al eliminar los tiempos del proceso de transcripción.

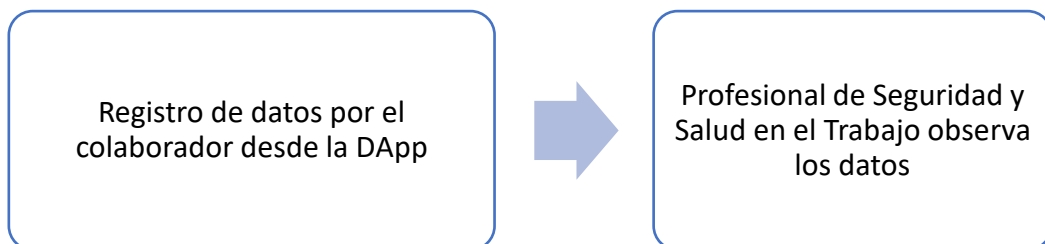
Dicha mejora, representa para CEA, una disminución en costos de operación, con base a un menor tiempo de trabajo requerido y de recursos físicos como los formatos impresos y viajes.

Figura 25. Proceso manual para la toma de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores



Fuente: Propia de la investigación

Figura 26. Proceso de registro con aplicativo web



Fuente: Propia de la investigación

Figura 27. Formato para registrar la Seguridad y Salud en el Trabajo en obras civiles

Plantilla para el seguimiento de la salud ocupacional.
 OBRAS CIVILES – Inicio de la jornada laboral FOR-SOC-IC-01 V1



Datos de la persona que diligencia			
Nombre		Hora(24h):	
Cedula		Fecha(dd/mm/AAA):	
Ocupación en la entidad			

Datos del colaborador	
Nombre	
Cedula	
Edad	

Datos de las actividades del día	
Actividad principal a realizar	
Actividad secundaria a realizar sino N/A	
Actividad o actividades faltantes en labores anteriores	

Datos sobre protección en el trabajo (obras civiles)		
Responder con una X donde corresponda	SI	NO
Buen uso de los elementos de protección personal (Botas, Casco, Chaleco, Gafas, Guantes)		
Capacitaciones al riesgo de la tarea a desarrollar		

Datos básicos sobre la salud física del colaborador			
Responder con una X donde corresponda	SI	NO	Descripción
Formato de comportamiento de salud física			

----- **FIN DEL DOCUMENTO** -----

Fuente: Propia de la investigación

Figura 28. Formato para registrar la Seguridad y Salud en el Trabajo en obras eléctricas

Plantilla para el seguimiento de la salud ocupacional.

OBRAS ELÉCTRICAS – Inicio de la jornada laboral FOR-SOC-IE-01 V1



Datos de la persona que diligencia			
Nombre		Hora(24h):	
Cedula		Fecha(dd/mm/AAA):	
Ocupación en la entidad			

Datos del colaborador	
Nombre	
Cedula	
Edad	

Datos de las actividades del día	
Actividad principal a realizar	
Actividad secundaria a realizar sino N/A	
Actividad o actividades faltantes en labores anteriores	

Datos sobre protección en el trabajo (obras eléctricas)		
Responder con una X donde corresponda	SI	NO
Buen uso de los elementos de protección personal (Botas, Casco, chaleco, Gafas, Guantes)		
Capacitaciones al riesgo de la tarea a desarrollar		

Datos básicos sobre la salud física del colaborador			
Responder con una X donde corresponda	SI	NO	Descripción
Formato de comportamiento de salud física			

-----FIN DEL DOCUMENTO-----

Fuente: Propia de la investigación

Figura 29. Formato para registrar el comportamiento de salud física

FORMATO DE COMPORTAMIENTO DE SALUD FISICA
FOR-SOC-SF V1



Datos del colaborador	
Nombre	
Cedula	
Edad	

Comportamiento de salud física del colaborador						
Entrada a la jornada laboral - HORA:				Salida de la jornada laboral - HORA:		
	SI	NO	Descripción		SI	NO
Bienestar Físico - Mental				Presencia de dolor de cabeza		
Consumo de alcohol o sustancias psicoactivas				Presencia de dolores musculares		
Presencia dolores corporales				Presencia de molestias o dolor en los ojos		
				Presenta dolor de oídos		
Insomnio (Sueño)				Presenta laceraciones		
FIRMA ENTRADA				Fracturas		
FIRMA SALIDA				Atrapamientos		
				Trastorno por movimientos repetitivos		

| FIN DEL DOCUMENTO

Fuente: Propia de la investigación

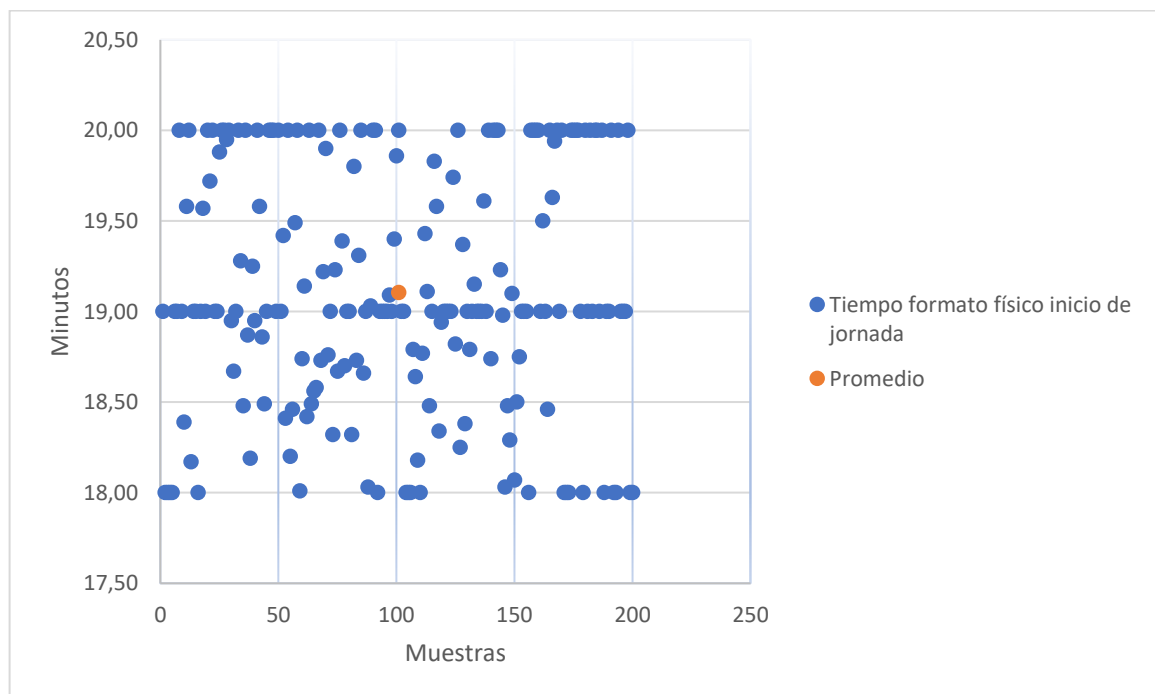
3.3 COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE REGISTRO

Con base a las implementaciones bajo el proceso manual y con el aplicativo web, se establece una comparación con la finalidad de evidenciar una mejora en cuanto a tiempos de flujo de información y entrega de los datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores en CEA.

Se tiene el caso práctico de toma de datos en dos obras por parte de la empresa CEA y el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo de forma manual, en cuyo proceso se obtienen los registros de tiempos en la toma de los datos en el inicio de la jornada laboral, como se ilustra en la Figura 30, también se obtienen los registros de tiempos en la toma de los datos en el final de la jornada laboral, como se ilustra en la Figura 30.

Se observa un rango de tiempo de registro entre 18 y 20 minutos, presentando un tiempo promedio de 19,10 minutos con base a 200 registros sobre los formatos de Seguridad y Salud en el Trabajo en el inicio de la jornada laboral.

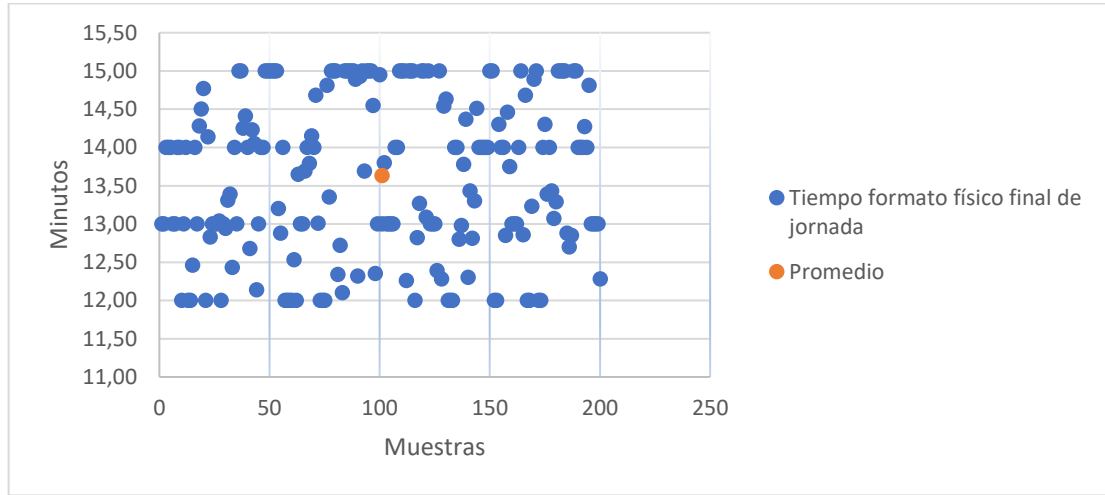
Figura 30. Muestras tomadas proceso manual a la entrada de la jornada laboral



Fuente: Propia de la investigación

Se observa un rango de tiempo de registro entre 12 y 15 minutos, presentando un tiempo promedio de 13,63 minutos con base a 200 registros sobre los formatos de Seguridad y Salud en el Trabajo en el final de la jornada laboral.

Figura 31. Muestras tomadas proceso manual a la salida de la jornada laboral

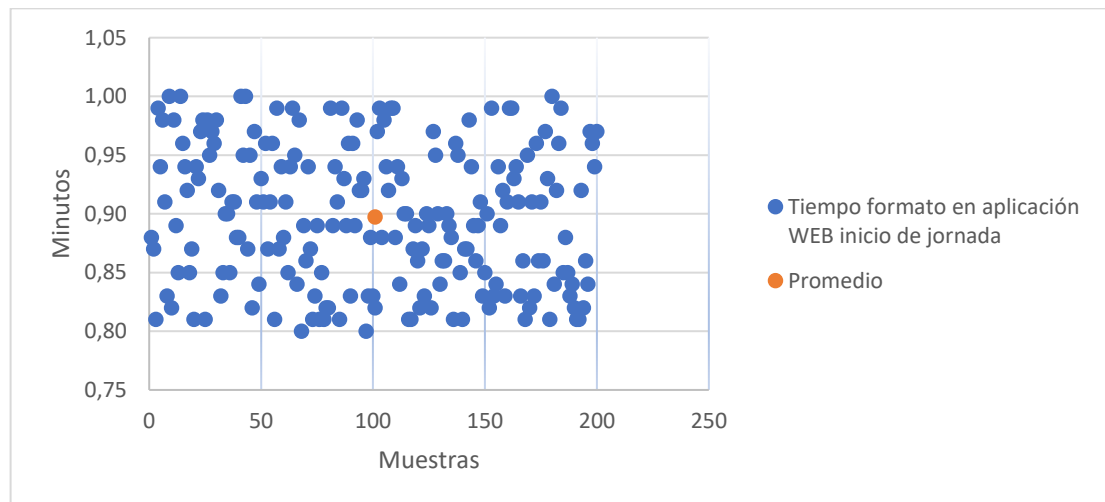


Fuente: Propia de la investigación

Posteriormente se realiza la toma de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo con el aplicativo web tipo DApp, tanto al inicio como al finalizar la jornada laboral, como se ilustra en las Figuras 31 y 32.

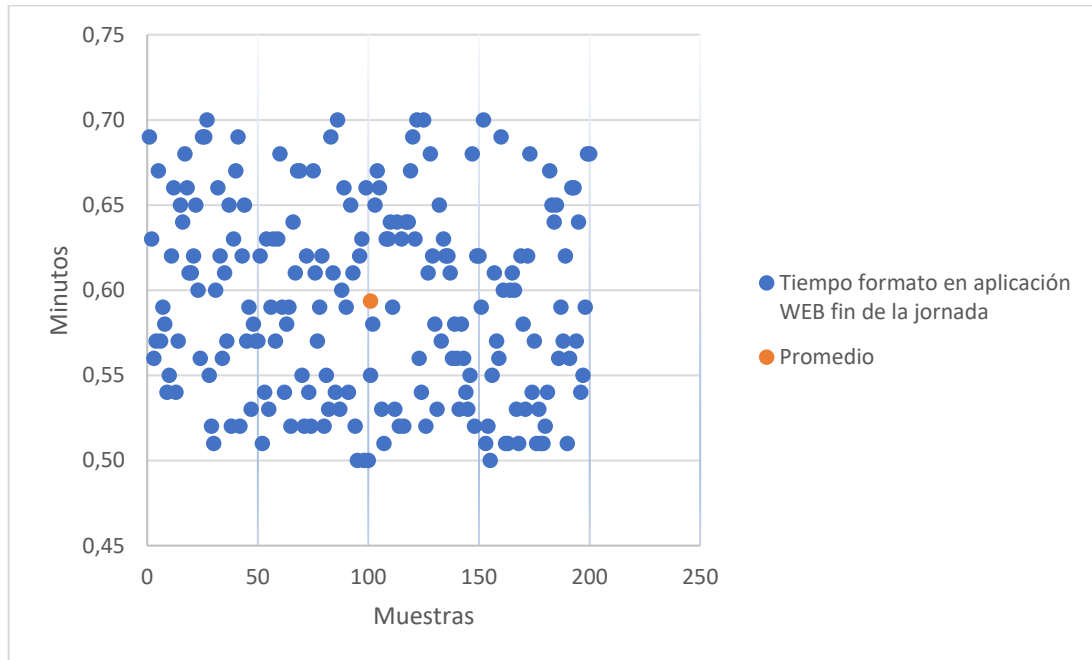
- Para los registros en el inicio de la jornada se observa un rango entre 0.8 y 1 minutos con un valor promedio de 0,90 minutos para una muestra de 200 registros.
- Para los registros al finalizar la jornada se observa un rango entre 0.5 y 0.7 minutos con un valor promedio de 0,59 minutos para una muestra de 200 registros.

Figura 32. Muestras tomadas con aplicativo web



Fuente: Propia de la investigación

Figura 33. Muestras tomadas con aplicativo web



Fuente: Propia de la investigación

Realizando una comparación de los tiempos promedios entre los procesos manuales con 19.1 minutos al inicio de la jornada, 13.63 minutos al finalizar la jornada y el proceso del aplicativo web con 0.90 minutos al iniciar la jornada laboral, 0.59 minutos al finalizar la jornada, es notable la mejora en tiempo de entrega de los registros sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo.

3.4 COMPARACIÓN EN EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA ADOPTADA POR LA EMPRESA CEA PARA EL SG-SST BASADA EN EL DECRETO 1072 DE 2015 CAPÍTULO 6

Parte importante de esta práctica profesional es observar el grado de cumplimiento de la normativa dictada en el Decreto 1072 de 2015 Capítulo 6 para la toma, almacenamiento y análisis de los datos tomados sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo para los colaboradores de la empresa CEA. En la Sección 1.5.2 se esbozó una matriz sobre los indicadores de cumplimiento que se tienen en la empresa para evaluar su SG-SST que se puede observar en la tabla 2 con la cual, luego se realizó la evaluación para observar el grado de cumplimiento de la norma para el proceso manual, obteniendo un resultado de cumplimiento del 70%, ahora ya con los datos obtenidos por el aplicativo web se desarrolló la misma evaluación para el proceso digital, obteniendo lo que se puede observar en la tabla 12.

Tabla 12. Evaluación y grado de cumplimiento de la normativa con el proceso por el aplicativo web tipo DApp

Evaluación y grado de cumplimiento de la normativa en el proceso manual			
Identificador	Valoración cuantitativa de cumplimiento de la normativa (%)	Requerimiento de cumplimiento	Verificación de cumplimiento por parte del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo
Id7.1	3.3	Toma de datos a la entrada y salida del trabajo sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo desde una <i>tablet</i> con mayor facilidad de usar	Si
Id7.2	3.3	Toma de datos sobre salud física como dolores, molestias o daños en la integridad del trabajador a la salida del trabajo desde una <i>tablet</i> con mayor facilidad de usar	Si
Id7.3	3.1	Verificación de uso adecuado de los implementos de seguridad con un <i>check</i> por medio de la aplicación	Si, pero con susceptibilidad al fallo
Id8.1	2.5	Evaluación de capacitaciones sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo con un <i>check</i> por medio de la aplicación	Si
Id8.2	2.5	Llenado obligatorio del formato por todos los colaboradores de la empresa desde una <i>tablet</i>	Si
Id8.3	2.5	Evaluación de capacitaciones sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo con un <i>check</i> por medio de la aplicación	Si
Id8.4	2.5	Evaluación de datos tomados en la DApp e inmediato análisis por medio de la aplicación web	Si
Id9.1	1.6	Verificación de uso adecuado de los implementos de seguridad con un <i>check</i> por medio de la aplicación	Si
Id9.2	2	Firma digital por medio de la billetera digital imposible de falsificar	Si
Id9.3	1.6	Firma digital por medio de la billetera digital imposible de falsificar	Si
Id9.4	1.6	Profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo puede ver en tiempo real alertas de los trabajadores por medio de la DApp	Si
Id9.5	1.6	Evaluación de capacitaciones sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo con un <i>check</i> por medio de la aplicación	Si, con susceptibilidad al fallo
Id9.6	1.6	Llenado diario de los formatos digitales desde la DApp para el seguimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo	Si
Id12.1	1.4	Resumen anual sobre datos recolectados el cual se obtiene inmediatamente desde la DApp	Si
Id12.2	1.4	Resumen anual generado por la DApp sobre datos recolectados con firma del colaborador con verificación por la billetera digital	Si
Id12.3	1.4	Verificación de uso adecuado de los implementos de seguridad con un <i>check</i> por medio de la aplicación	Si
Id12.4	1.4	Observando los resultados en tiempo real sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo	Si
Id12.5	1.4	Actas de revisión y facturas de mejoras a las maquinarias	Si

Id12.6	1.4	Actas de visita a obras	Si
Id12.7	1.6	Formatos digitales en base de datos encriptadas de <i>Firestore</i> , además de los almacenados en la red <i>blockchain</i>	Si
Id13.1	10	Documentos en base de datos encriptadas de <i>Firestore</i> , además de los almacenados en la red <i>blockchain</i>	Si
Id23.1	2	Análisis de datos recolectados por la DApp en tiempo real	Si
Id23.2	2	Acta de sustitución de actividades asociadas a peligros que se pueden observar en tiempo real desde las gráficas obtenidas en la DApp	Si
Id23.3	2	Actas de revisiones de maquinaria en la obra que se pueden observar en tiempo real desde las gráficas obtenidas en la DApp	Si
Id23.4	2	Actas desde la administración sobre supresión o mejora de actividades que se pueden observar en tiempo real desde las gráficas obtenidas en la DApp	Si
Id23.5	2	Verificación de uso adecuado de los implementos de seguridad con un <i>check</i> por medio de la DApp	Si
Id32.1	2.5	Gráficos en tiempo real sobre la tendencia a algunos malestares en el trabajo	Si
Id32.2	2.5	Visitas a la obra para dar solución a aspectos dañinos repetitivos en los datos tomados (con la aplicación se reducen las visitas a las obras)	Si, pocas veces
Id32.3	2.5	Observación de los datos de Seguridad y Salud en el Trabajo obtenidos en tiempo real desde la DApp	Si
Id32.4	2.5	Análisis diario de los datos registrados en Seguridad y Salud en el Trabajo que se pueden observar fácilmente desde la DApp	Si
IdS1	10	Los datos ingresados están encriptados bajo direcciones y solo los puede observar el profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa	Si
IdS2	10	La información se recolecta en <i>Firestore</i> y además esta replicada de forma encriptada en todos los nodos de la red <i>blockchain</i>	Si
IdS3	10	Ya que la información se encuentra replicada en los nodos de la red, es muy difícil perder la información	Si
Total de cumplimiento de la normativa			92.8%

Fuente: Propia de la investigación

3.5 RESULTADOS

Con base al presente proyecto se encontraron los siguientes aspectos de mejora en el proceso de registro de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores en CEA, tales como tiempos de operación, costos de operación, trazabilidad de los datos de salud, integración del proceso y grado de cumplimiento de la normativa de los SG-SST:

3.5.1 Tiempos de operación. En el proceso de toma de datos de la Seguridad y Salud en el Trabajo de los trabajadores, al eliminar la etapa de impresión y digitalización de los formatos para toma de datos, con un tiempo en promedio de 20 minutos por día.

En el proceso de entrega de los datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores a CEA se obtuvo una notable mejora en los tiempos de operación, donde se disminuyó en promedio de 13.43 minutos al finalizar la jornada y el proceso del aplicativo web con 0.99 minutos al iniciar la jornada laboral, 0.66 minutos al finalizar la jornada. De esta manera, se mejora el tiempo de recolección de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo.

3.5.2 Costos de operación. Con base a la disminución del tiempo de operación, resulta un ahorro en la ejecución de tareas por parte de los operarios tanto en impresión de formatos, choferes y el traslado del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo, representando en beneficios económicos. Adicional a ello, con la implementación del aplicativo web tipo DApp, resulta innecesaria la utilización de formatos impresos, y con ello la sobreutilización de papel, resultando en beneficios económicos para CEA y el medio ambiente.

3.5.3 Trazabilidad del proceso y cumplimiento de la normativa:

- **Legibilidad y confiabilidad de la información**

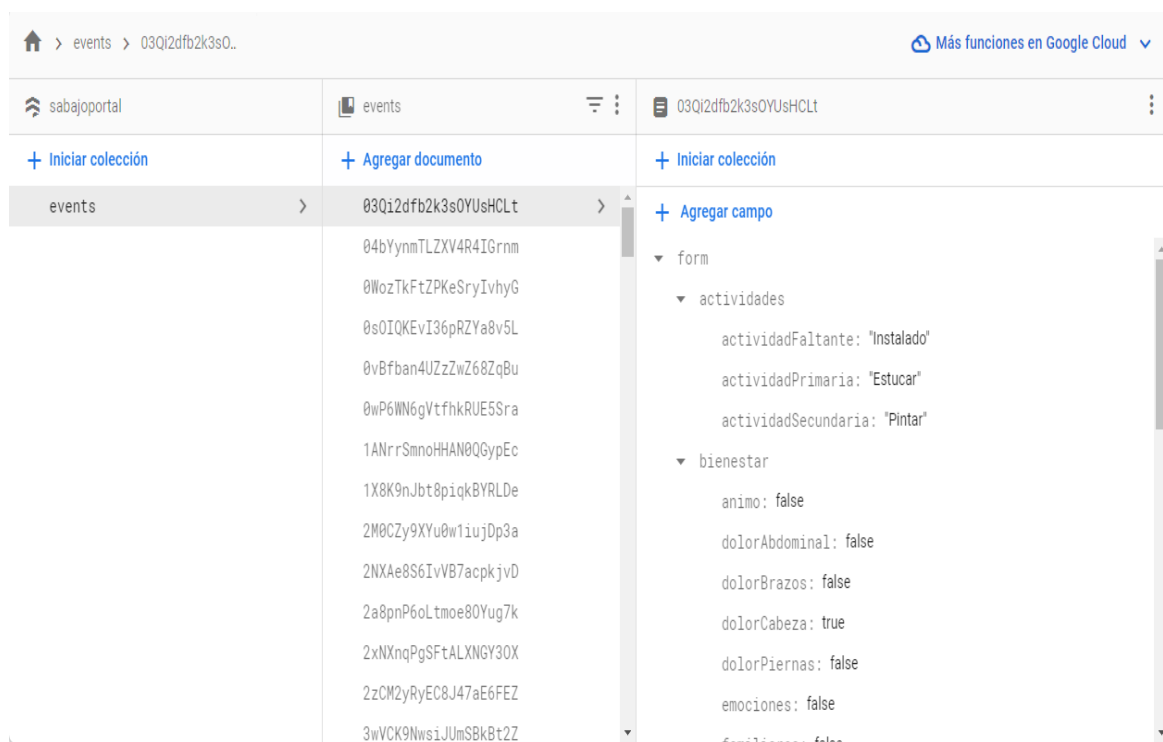
En el proceso de registro de los datos de Seguridad y Salud en el Trabajo en CEA con el aplicativo web tipo DApp, se mitiga la falta de legibilidad en los formatos físicos, con el proceso manual; dado que, en el diligenciamiento de datos, los colaboradores presentan faltas ortográficas, incorrecto llenado de campos, pérdida del formato, daños físicos en el papel, omisión de campos obligatorios y demoras en el proceso por no tener un esfero. Por otra parte, la confiabilidad de la información se basa en el artículo 2.2.4.6.10 en su inciso 2 el cual dicta “el colaborador debe suministrar información clara, veraz y completa sobre su estado de salud”, por tanto, ya que es una obligación del empleado, debe decir la verdad al momento de llenar el formato en la DApp y no hay necesidad por norma de utilizar herramientas de verificación, con la dirección de la billetera digital es suficiente.

- **Integridad de la información**

Dentro de los requerimientos de la DApp, se tiene seguridad con los datos para garantizar su integridad en el tiempo, en primer lugar cada *smart contract* publicado tiene un identificador único en la red *blockchain* y por naturaleza es inmodificable, ya que se usó una base de datos para graficar los datos de Seguridad y Salud en el Trabajo la integridad de la información se consideró guardando documentos en la base de datos *Firebase* en forma encriptada como se indica en la Figura 34 con la

dirección del *smart contract*, por tanto, para ser modificados o leídos desde la base de datos se debe desplegar la información con las direcciones del *smart contract* y la dirección de la billetera activa en la DApp en el momento, por tanto es casi imposible acceder a la información contenida en ella y si por algún evento se logra acceder a ella no se podrá saber a quién pertenecen porque no está el nombre sino la dirección de la billetera del colaborador la cual es una clave publica de la red *blockchain*. Con esto se garantiza la integridad de los datos publicados sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores en la empresa CEA.

Figura 33. Base de datos *Firebase* con datos registrados



Fuente: Propia de la investigación

- **Disponibilidad de la información**

En el desarrollo de la DApp, se desarrolló una interface para observación de los datos en tiempo real desde *FireBase*, la cual, solo la puede ver el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo registrado en la red *blockchain*, los datos siempre están disponibles y se pueden observar desde cualquier dispositivo con conexión a la red *blockchain* y acceso a la billetera digital del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo la cual es muy improbable de ser hackeada por la seguridad inherente de la red y la billetera digital.

3.5.4 Integración del proceso. En el proceso de registro de los datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de CEA, se realizaba una transcripción de los datos a Google Docs, pero aquellos datos eran graficados para ser interpretados rápidamente, la DApp creada se integra al proceso de manera satisfactoria ya que automáticamente genera datos gráficos globales y por trabajador para que el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo tome decisiones rápidamente.

3.5.5 Grado de cumplimiento de la normativa adoptada por la empresa CEA para el SG-SST basada en el Decreto 1072 de 2015, Capítulo 6. Se realizó un proceso en el cual se dio un punto de vista cuantitativo a la normativa, dejando así el estudio a valoraciones del porcentaje de cumplimiento de la norma tal cual lo dicta el Artículo 2.2.4.6.4 en su párrafo 1 que dicta “El SG-SST debe adaptarse al tamaño y características de la empresa”, por tanto cada empresa es autónoma de gestionar bajo la norma su sistema de valoración para el SG-SST, ese sistema está basado en la matriz de indicadores que se puede observar en la Tabla 2 y con la cual se realizó la evaluación del proceso manual que se puede observar en la Tabla 3 sobre el proceso de evaluación para observar el grado de cumplimiento de la norma basados en la toma de datos de Seguridad y Salud en el Trabajo el porcentaje o grado de cumplimiento es del 70%, mientras que si observamos la Tabla 10 donde se realizó el proceso de evaluación del grado de cumplimiento de la norma para el proceso digital por medio de la DApp se puede observar que el porcentaje o grado de cumplimiento de la norma es del 92.8%, dando así un resultado interesante y favorable ante el uso de la DApp para la toma, almacenamiento y posterior análisis de los datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo para los colaboradores de la empresa CEA.

Capítulo 4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

4.1 CONCLUSIONES

- *Blockchain* es una tecnología relativamente nueva y en constante descubrimiento de nuevas posibilidades, el acercamiento con la DApp desarrollada para la empresa CEA es interesante ya que incrementa y fomenta el uso de nuevas tecnologías en nuestro país.
- La migración del proceso manual del registro de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de CEA a un proceso digital con la aplicación web tipo DApp, no presenta una alta resistencia al cambio por parte de los colaboradores, dado que es mucho más sencillo marcar con un *click* que tener que escribir en un formato físico; por ello fue un acople rápido y sencillo del registro con formatos impresos, al registro con el aplicativo.
- Los tiempos de operación en el registro de los datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores en CEA disminuyeron notoriamente, tras utilizar el aplicativo web en dicho proceso; gracias a ello, los datos una vez registrados por el colaborador, pueden ser consultados en línea por el profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo, y posteriormente realizar el análisis de los mismos para tomar decisiones sobre ellos.
- Respecto al costo de las transacciones de *smart contracts* en la red *blockchain Ethereum* se puede decir que son costosos, pero no tanto como el proceso de los formatos físicos, ya que se reduce dinero en viajes, personal, implementos y tiempo.
- Con el aplicativo web se abrió una puerta hacia la digitalización de procesos manuales en la empresa CEA, dada las mejoras y disminución de costos en el proceso de registro de los datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo, y la buena acogida del aplicativo por parte del personal operativo. Ello facilita su futura adopción en actividades propias de la empresa.
- Se evidencia que este tipo de tecnologías son propias para mantener segura información confidencial como los datos de salud de una persona, además el uso de Scaffold ayuda a acercar más este tipo de tecnologías que están en continuo desarrollo.
- Adoptando estas medidas digitales en la empresa, se evidencia que su uso incrementa la capacidad en la evaluación de la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores bajo las normas establecidas por el Ministerio de Salud y por el Ministerio de Trabajo, disminuyendo riesgos de demandas por accidentes laborales.

- La evaluación en tiempo real de la Seguridad y Salud en el Trabajo, se evidenció en el proceso una mejora en la toma de decisiones por parte del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo, como darse cuenta del mal estado de los equipos de protección y ruidos persistentes en las maquinas que generaban mal estar en el ambiente de trabajo.
- Haciendo una revisión de las redes *blockchain* para elaborar aplicaciones Descentralizadas se evidencia en esta práctica profesional que la más desarrollada es Ethereum, aunque tiene un elevado costo por transacción y operación, su entorno y desarrolladores son más amigables para este tipo de aplicaciones.
- En el desarrollo de la DApp para esta práctica profesional se encontró que la mejor forma de guardar los datos para luego hacer un análisis de ellos es *Firebase*, por su seguridad y fácil integración con aplicaciones web, pero hoy en día también existen alternativas descentralizadas de guardado de datos como *Interplanetary File System* (IPFS), la cual, sería una gran alternativa pero no se estudió por su alta complejidad de integración y la poca comunidad que desarrolla aplicaciones descentralizadas con el servicio.

4.2 TRABAJOS FUTUROS

En el desarrollo de la aplicación web tipo DApp se encontraron posibles trabajos a futuro, con el objetivo de mejorar las funcionalidades y el alcance tales como:

- Realizar una prueba con el aplicativo desplegado en la red principal de Ethereum.
- Trasladar la aplicación a más ámbitos a nivel laboral, para que ya no sea un caso específico de la empresa CEA, sino que sea un producto viable para varias empresas a nivel nacional e internacional.

Trasladar el aplicativo web a una aplicación para dispositivo móvil, ya que sería más versátil para que cada colaborador suba la información diaria requerida.

BIBLIOGRAFÍA

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Compendio, tesis y otros trabajos de grado. Sexta Actualización. Bogotá. ICONTEC, 2008. Disponible en: https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_15/recursos/01_general/09062014/n_icontec.pdf

[1] D. Johnston *et al.*, “TheGeneralTheoryofDecen-tralizedApplications, DApps,” 2014.

[2] J. Li and M. Kassem, “Applications of distributed ledger technology (DLT) and Blockchain-enabled smart contracts in construction,” *Autom Constr*, vol. 132, p. 103955, 2021.

[3] H. Natarajan, S. Krause, and H. Gradstein, “Distributed ledger technology and blockchain,” 2017.

[4] R. Sobti and G. Geetha, “Cryptographic hash functions: a review,” *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, vol. 9, no. 2, p. 461, 2012.

[5] W. Zou *et al.*, “Smart contract development: Challenges and opportunities,” *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 47, no. 10, pp. 2084–2106, 2019.

[6] C. D. Clack, V. A. Bakshi, and L. Braine, “Smart contract templates: foundations, design landscape and research directions,” *arXiv preprint arXiv:1608.00771*, 2016.

[7] J. L. Romero Ugarte, “Distributed ledger technology (DLT): introduction,” *Banco de Espana Article*, vol. 19, p. 18, 2018.

[8] K. D. Pandl, S. Thiebes, M. Schmidt-Kraepelin, and A. Sunyaev, “On the convergence of artificial intelligence and distributed ledger technology: A scoping review and future research agenda,” *IEEE access*, vol. 8, pp. 57075–57095, 2020.

[9] J. Buford, H. Yu, and E. K. Lua, *P2P networking and applications*. Morgan Kaufmann, 2009.

[10] A. Panwar and V. Bhatnagar, “Distributed ledger technology (DLT): the beginning of a technological revolution for blockchain,” in *2nd International Conference on Data, Engineering and Applications (IDEA)*, 2020, pp. 1–5.

- [11] M. Nofer, P. Gomber, O. Hinz, and D. Schiereck, "Blockchain," *Business & Information Systems Engineering*, vol. 59, pp. 183–187, 2017.
- [12] M. Crosby, P. Pattanayak, S. Verma, and V. Kalyanaraman, "Blockchain technology: Beyond bitcoin," *Applied Innovation*, vol. 2, no. 6–10, p. 71, 2016.
- [13] M. di Pierro, "What is the blockchain?," *Comput Sci Eng*, vol. 19, no. 5, pp. 92–95, 2017.
- [14] WonderHowTo, "Null Byte - Xoring," <https://null-byte.wonderhowto.com/how-to/hack-like-pro-basics-xoring-0156158/>, Feb. 28, 2023.
- [15] F. Calvão, "Crypto-miners: Digital labor and the power of blockchain technology," *Economic Anthropology*, vol. 6, no. 1, pp. 123–134, 2019.
- [16] J. Díaz Vico, L. Hernández Encinas, and D. Arroyo Guardado, "Blockchain," *Blockchain*, pp. 1–142, 2019.
- [17] P. Szalachowski, D. Reijsbergen, I. Homoliak, and S. Sun, "StrongChain: Transparent and Collaborative Proof-of-Work Consensus.," in *USENIX Security Symposium*, 2019, pp. 819–836.
- [18] C. T. Nguyen, D. T. Hoang, D. N. Nguyen, D. Niyato, H. T. Nguyen, and E. Dutkiewicz, "Proof-of-stake consensus mechanisms for future blockchain networks: fundamentals, applications and opportunities," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 85727–85745, 2019.
- [19] marketsandmarkets, "marketsandmarkets," <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/blockchain-technology-market-90100890.html>, Feb. 26, 2023.
- [20] N. Szabo, "Formalizing and securing relationships on public networks," *First monday*, 1997.
- [21] W. Cai, Z. Wang, J. B. Ernst, Z. Hong, C. Feng, and V. C. M. Leung, "Decentralized applications: The blockchain-empowered software system," *IEEE access*, vol. 6, pp. 53019–53033, 2018.
- [22] S. Escobar, D. Insuasty, and C. Mahecha, "HISTORIA CLÍNICA ELECTRÓNICA EN COLOMBIA: Diseño de un aplicativo para la validación de estándares jurídicos.," 2021.
- [23] Atlassian, "Atlassian - SCRUM," <https://www.atlassian.com/es/agile/scrum>, Dec. 13, 2022.

- [24] A. Srivastava, S. Bhardwaj, and S. Saraswat, "SCRUM model for agile methodology," in *2017 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)*, 2017, pp. 864–869. doi: 10.1109/CCAA.2017.8229928.
- [25] N. Ernesto Garcia, "Aprende Blockchain: Tu primera DAPP en Ethereum — Parte 1," <https://ernestognw.medium.com/aprende-blockchain-tu-primera-dapp-en-ethereum-parte-1-a86773d44ca0>, Feb. 03, 2022.
- [26] AMD, "Las redes de bloques," [https://www.amd.com/es/technologies/blockchain-explained#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20cadena%20de,algor%C3%ADmico\)%20para%20proteger%20su%20estructura.](https://www.amd.com/es/technologies/blockchain-explained#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20cadena%20de,algor%C3%ADmico)%20para%20proteger%20su%20estructura.), Feb. 13, 2022.
- [27] Ethereum, "Solidity," <https://solidity-es.readthedocs.io/es/latest/>, Feb. 10, 2022.
- [28] Udemy, "SmartContract's y Blockchain con Solidity de la A a la Z," <https://www.udemy.com/course/solidity-a-z/>, Jan. 10, 2022.
- [29] A. Griffit, "Scaffold-eth," <https://docs.scaffoldeth.io/scaffold-eth/>, Jan. 20, 2022.
- [30] Ethereum, "Solidity docs," <https://docs.soliditylang.org/en/v0.8.19/>, Dec. 13, 2022.
- [31] NomicFundation, "HardHat," <https://hardhat.org/hardhat-runner/docs/getting-started#overview>, Dec. 13, 2022.
- [32] React, "React Docs," <https://es.reactjs.org/docs/getting-started.html>, Dec. 13, 2022.
- [33] Ether js, "Ethers docs," <https://docs.ethers.org/v5/>, Dec. 13, 2022.
- [34] Apache, "Aache Ant," <https://ant.apache.org/>, Dec. 13, 2022.
- [35] Bootstrap, "Bootstrap docs," <https://getbootstrap.com/docs/5.3/getting-started/introduction/>, Dec. 13, 2022.

ANEXOS

Anexo A

Actividades de la práctica profesional con la empresa CEA para la toma de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores en labores de ingeniería.

Objetivo	Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Evaluación del proceso de seguimiento de Seguridad y Salud en el Trabajo en la empresa (civil, eléctrica y ambiental) CEA Ingeniería que Evoluciona para las labores de Ingeniería desarrolladas por la empresa	1.1. Elaboración de formatos físicos para el seguimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo de los empleados de la empresa CEA según normativas expuestas en el Decreto 1072 de 2015 - Capítulo 6 sobre Seguridad y Salud en el Trabajo.																								
	1.2. Realizar la evaluación de métodos y tiempos en el proceso y adquisición de información relevante para el seguimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo de los trabajadores																								
2. Definir una red de implementación bajo tecnología <i>blockchain</i> para el desarrollo de los <i>smart contract</i> (Contratos Inteligentes) entre la empresa CEA y sus empleados.	2.1. Realizar una búsqueda de las redes <i>blockchain</i> disponibles para casos de uso relacionados con Seguridad y Salud en el Trabajo en organizaciones																								
	2.2. Realizar un proceso de selección para el uso de una red <i>blockchain</i> que cumpla con los requerimientos establecidos para su implementación																								
	2.3. Establecer los parámetros de uso de la red <i>blockchain</i> escogida para la implementación de los <i>smart contract</i> necesarias para el uso de datos personales relacionados para uso en Seguridad y Salud en el Trabajo.																								

Anexo B

Código Fuente

Para mejor comprensión del código fuente, donde se podrá ver con detalle la aplicación web tipo DApp para el registro de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo en CEA, se puede remitir al repositorio en el siguiente enlace:

https://github.com/Yedimon/SABAJO_ETH.git

Con ello se finaliza el código asociado con la aplicación web tipo DApp para el registro de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo en CEA.

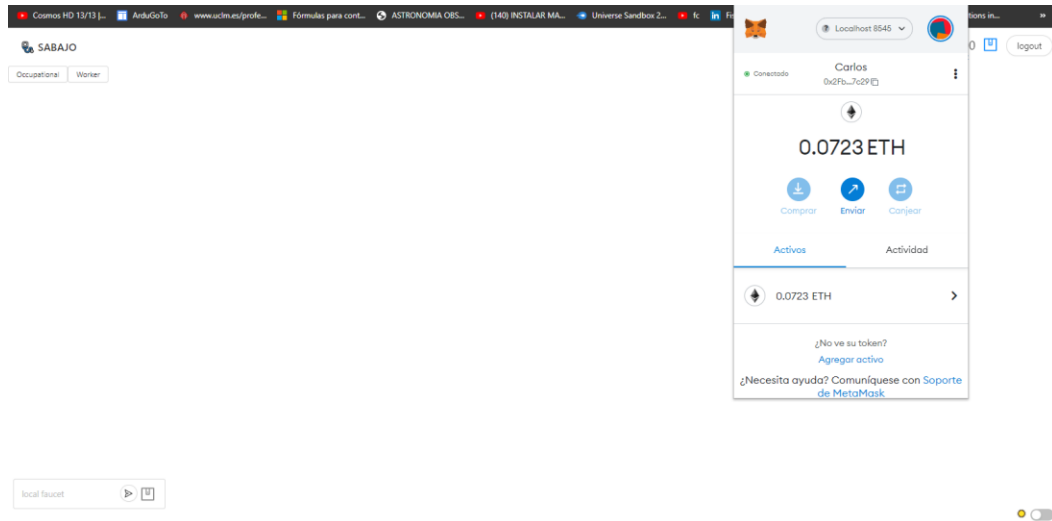
Anexo C Manual del Usuario

A continuación, se anexa el manual de usuario del aplicativo web:

Para un mejor uso de la aplicación se indicará su uso por medio de los dos actores que interactúan en la DApp, ya que dependiendo del mismo son las ventanas activas y lo que puede realizar dentro de la DApp

MANUAL DE INTERACCIÓN PARA EL PROFESIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

1. Inicie la aplicación web en el puerto local localhost:3000 con lo cual, se inicia automáticamente la aplicación y se abre la billetera Metamask

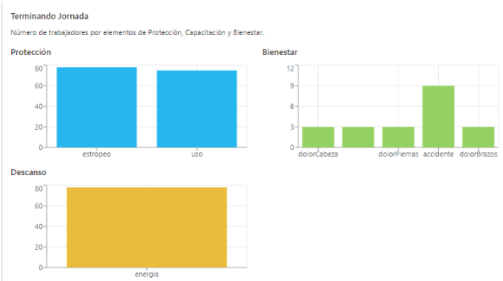
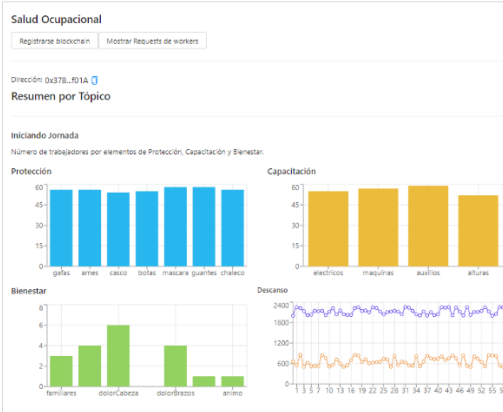


2. Inicie sesión en su billetera de Metamask con su contraseña.
3. Luego de iniciada la sesión en la billetera digital Metamask, dar *click* en el botón Occupational como indica en la siguiente imagen, donde se despliega la ventana del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo

Occupational Worker



local faucet



Resumen por Trabajador

Iniciando Jornada

Código	Nombre
Código IE4	Diego Paz
Código IC3	Maria Paredes
Código IC6	Jesus Gomez
Código IC2	Andres Jurado

Terminando Jornada

Código	Nombre
Código IC3	Maria Paredes
Código IC4	Juan Alvarado
Código IE4	Diego Paz
Código IC6	Jesus Gomez

local faucet

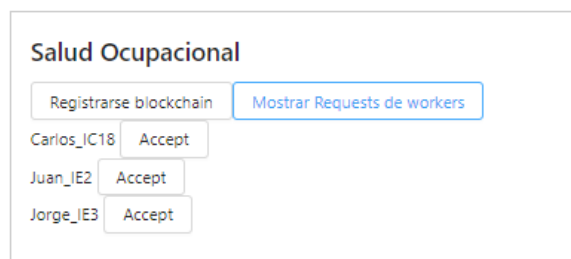
4. En la ventana anterior se pueden observar varias opciones de interacción que se indican a continuación:

a. Interacción de permisos del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo: ya que el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo tiene todos los permisos dentro del *smart contracts* es el único que con su dirección de Metamask puede aprobar a que los colaboradores les permite enviar datos, dentro de esta interacción se observan dos botones.

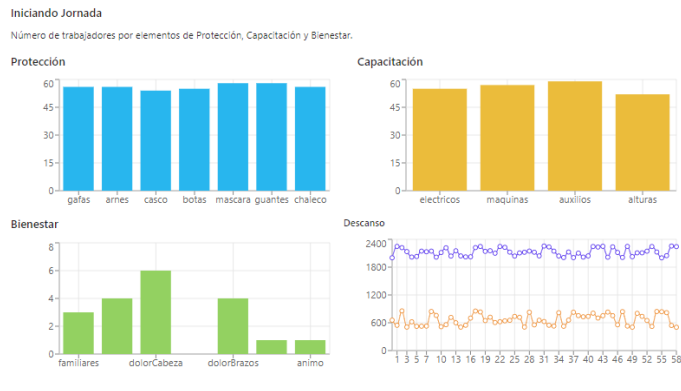


- Botón "Registrarse en *blockchain*": este botón tiene la función de poder registrar un nuevo profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo, solo se hace una vez por cada profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo con su billetera de Metamask activada.

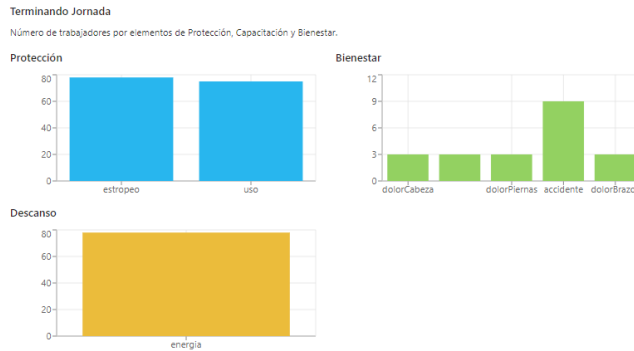
- Botón "Mostrar *Requests de Workers*": este botón se usa para observar los colaboradores que deseen ingresar para enviar transacciones con los datos de Seguridad y Salud en el Trabajo y se los acepta mediante un botón.



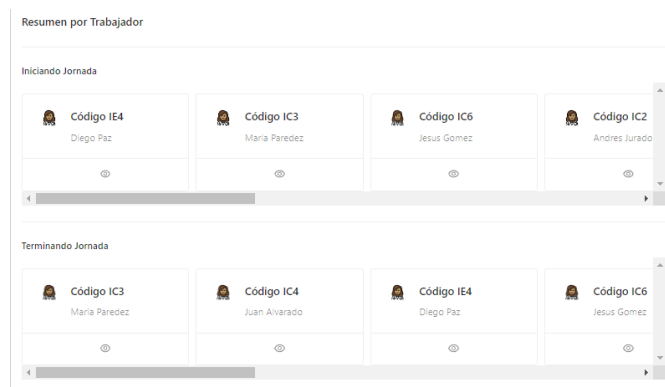
b. Observar datos del inicio de la jornada laboral: El profesional puede observar un histórico tipo grafica de las variables que más se usan para determinar la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores en labores en ingeniería en el inicio de la jornada laboral.



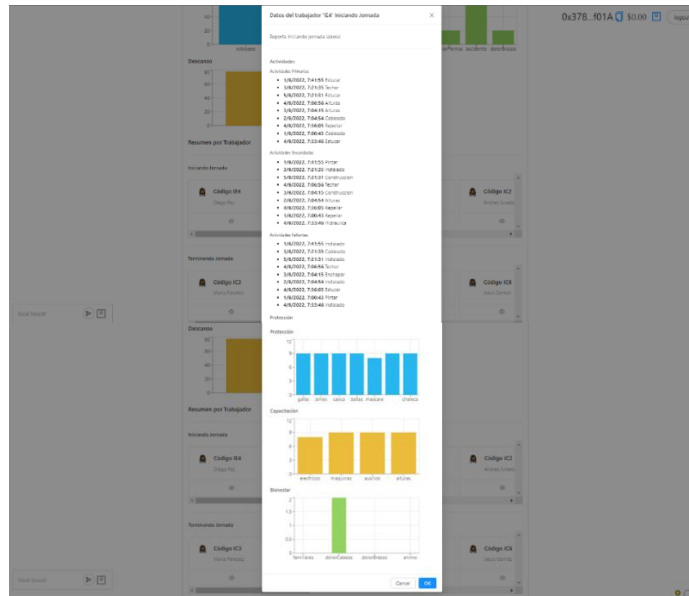
c. Observar datos al final de la jornada laboral: El profesional puede observar un histórico tipo grafica de las variables que más se usan para determinar la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores en labores en ingeniería a la salida de la jornada laboral



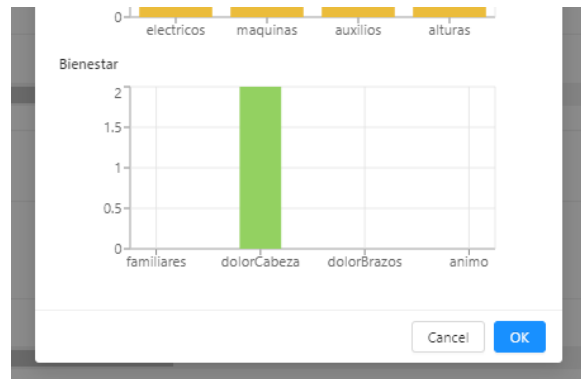
d. Resumen por trabajador: Muchas veces es complicado observar los registros históricos ya que están incluidos todos los trabajadores, por tanto, en esta sección el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo tendrá la información ordenada por trabajador



i. Dando *click* sobre alguno de ellos se puede ingresar a la ventana discriminada por trabajador, se pueden observar sus actividades con fecha y hora, además de las variables de medición de la Seguridad y Salud en el Trabajo más relevantes graficadas.



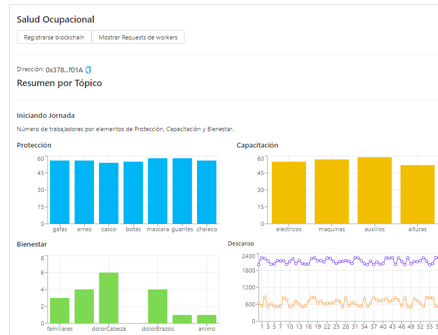
ii. Dando *click* en “OK”, se vuelve a la ventana anterior



e. Para salir simplemente se da *click* en el botón de “Sabajo” en la parte superior izquierda de la aplicación web.

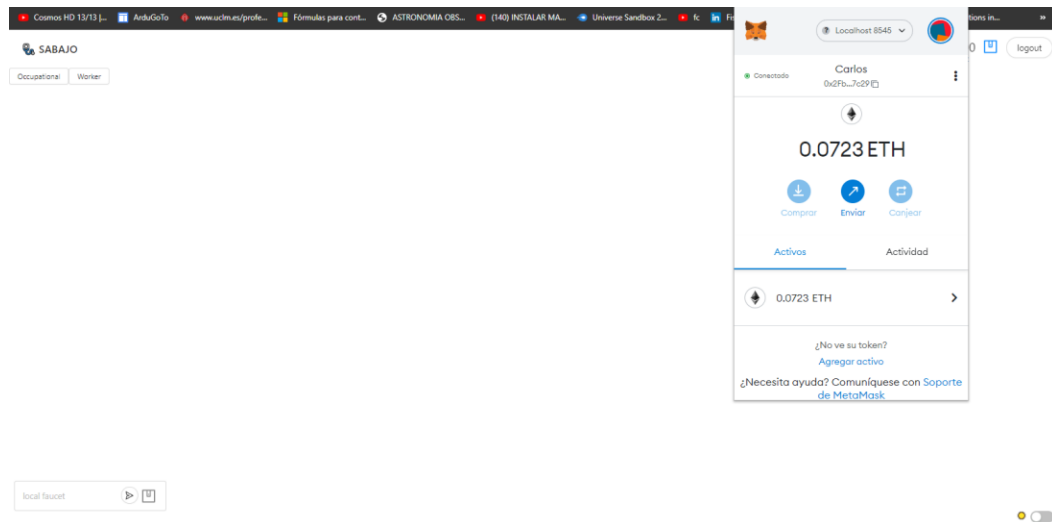


Ox378...f01A \$0.00 [logout](#)

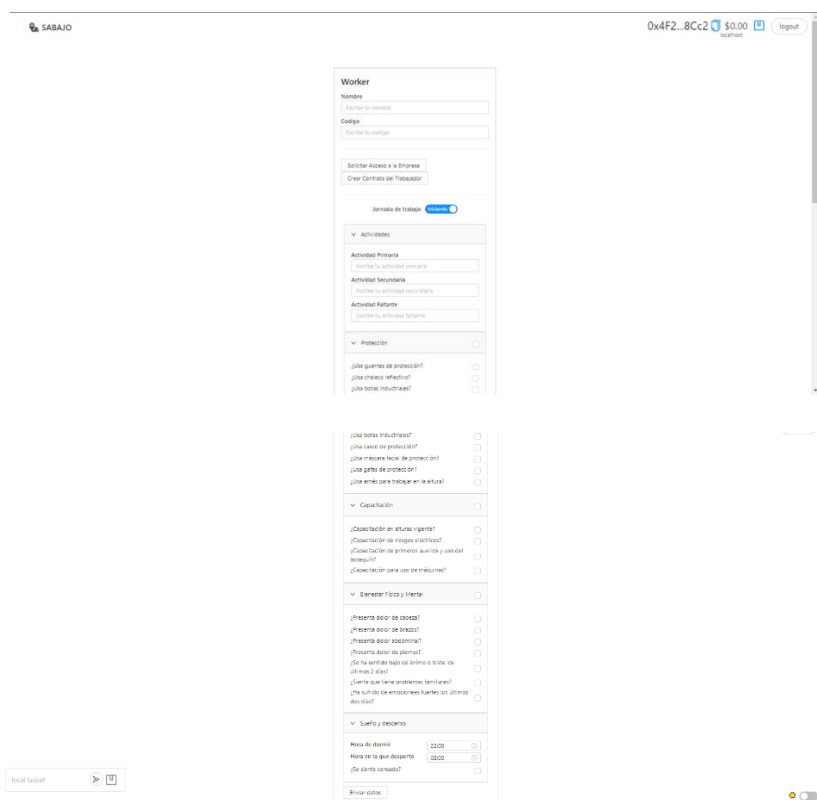
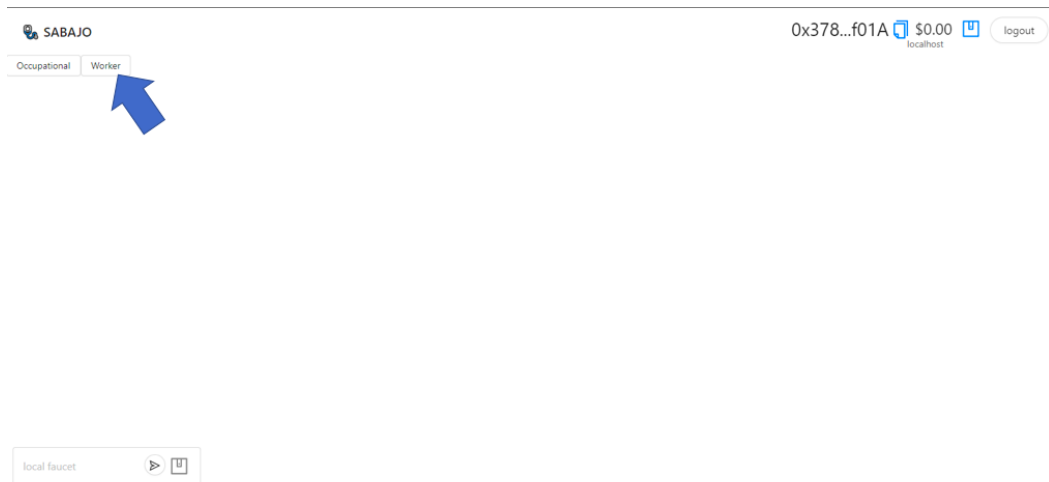


MANUAL DE INTERACCIÓN PARA EL COLABORADOR

1. Inicie la aplicación web en el puerto local localhost:3000 con lo cual, se inicia automáticamente la aplicación y se abre la billetera Metamask.



2. Inicie sesión en su billetera de Metamask con su contraseña.
3. Luego de iniciada la sesión en la billetera digital Metamask, dar *click* en la ventana de "Worker" como indica la siguiente imagen, donde se despliega la ventana del colaborador.



4. En la ventana anterior se pueden observar varias opciones de interacción que se indican a continuación:

a. Interacción para pedir permisos: Este proceso solo se realiza la primera vez que se quieren enviar datos, luego no es necesario ya que la dirección queda guardada en el *smart contract*, el proceso para pedir permisos para enviar datos es el siguiente dirigiéndose a la primera parte de la ventana.

Worker

Nombre

Codigo

Solicitar Acceso a la Empresa

Crear Contrato del Trabajador

- i. En “Nombre” se debe indicar el nombre completo del colaborador.
- ii. En “Código” debe ir su código único de empleado dentro de la empresa CEA.
- iii. Dar *click* en el botón “Solicitar acceso a la empresa”, inmediatamente se confirma la transacción por Metamask y el profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo puede observar los datos enviados.
- iv. Cuando el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo acepte la solicitud ya puede seguir registrando los datos, tanto a la entrada como fin de la jornada laboral. Cabe resaltar que este proceso solo se realiza una vez, cuando recién es contratado el colaborador y nunca más en el proceso se vuelve a realizar.

b. Registro de datos: El colaborador registra los datos de Seguridad y Salud en el Trabajo al inicio y final de la jornada para ello, se debe seleccionar el deslizador con la jornada especifica a llenar.

Jornada de trabajo iniciando

Jornada de trabajo terminando

Los datos que se deben llenar se muestran a continuación:

- c. Al inicio de la jornada (pantalla completa)

▼ Actividades

Actividad Primaria

Escribe tu actividad primaria

Actividad Secundaria

Escribe tu actividad secundaria

Actividad Faltante

Escribe tu actividad faltante

▼ Protección

¿Usa guantes de protección?

¿Usa chaleco reflectivo?

¿Usa botas industriales?

¿Usa botas industriales?

¿Usa casco de protección?

¿Usa máscara facial de protección?

¿Usa gafas de protección?

¿Usa arnés para trabajar en la altura?

▼ Capacitación

¿Capacitación en alturas vigente?

¿Capacitación de riesgos eléctricos?

¿Capacitación de primeros auxilios y uso del botequín?

¿Capacitación para uso de máquinas?

▼ Bienestar Físico y Mental

¿Presenta dolor de cabeza?

¿Presenta dolor de brazos?

¿Presenta dolor abdominal?

¿Presenta dolor de piernas?

¿Se ha sentido bajo de ánimo o triste los últimos 2 días?

¿Siente que tiene problemas familiares?

¿Ha sufrido de emociones fuertes los últimos dos días?

▼ Sueño y descanso

Hora de dormir

22:00

Hora en la que despertó

08:00

¿Se siente cansado?

Enviar datos

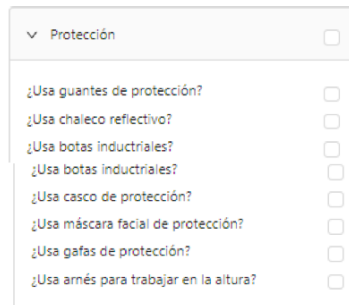
i. **Actividades:** En esta parte se deben digitar las actividades a realizar en el día



Formulario de Actividades:

- Actividad Primaria:
- Actividad Secundaria:
- Actividad Faltante:

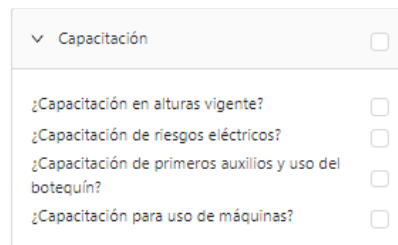
ii. **Protección:** En esta parte debe seleccionar los implementos de protección que va a usar para sus labores diarias.



Formulario de Protección:

- ¿Usa guantes de protección?
- ¿Usa chaleco reflectivo?
- ¿Usa botas industriales?
- ¿Usa botas industriales?
- ¿Usa casco de protección?
- ¿Usa máscara facial de protección?
- ¿Usa gafas de protección?
- ¿Usa arnés para trabajar en la altura?

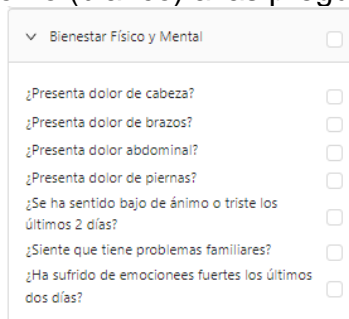
iii. **Capacitación:** En esta parte debe seleccionar las capacitaciones que tiene vigente para realizar las actividades del día.



Formulario de Capacitación:

- ¿Capacitación en alturas vigente?
- ¿Capacitación de riesgos eléctricos?
- ¿Capacitación de primeros auxilios y uso del botequín?
- ¿Capacitación para uso de máquinas?

iv. **Bienestar físico y mental:** En esta parte se debe seleccionar el estado físico y mental marcando si (azul) o no (blanco) a las preguntas indicadas.



Formulario de Bienestar Físico y Mental:

- ¿Presenta dolor de cabeza?
- ¿Presenta dolor de brazos?
- ¿Presenta dolor abdominal?
- ¿Presenta dolor de piernas?
- ¿Se ha sentido bajo de ánimo o triste los últimos 2 días?
- ¿Siente que tiene problemas familiares?
- ¿Ha sufrido de emociones fuertes los últimos dos días?

v. Sueño y descanso: En esta parte se debe indicar la hora de dormir además de la hora de despertarse y también marcar la variable de si se siente cansado si (azul), no (rojo).

▼ Sueño y descanso

Hora de dormir

Hora en la que despertó

¿Se siente cansado?

vi. Por último se da *click* en el botón “enviar datos”, con lo cual, se envían los datos registrados directamente al profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo.

d. Al finalizar la jornada (pantalla completa)

Jornada de trabajo terminando

▼ Actividades

¿Cumplió con todas las actividades?

¿Qué actividad faltó por realizar?

▼ Protección

¿Uso los elementos de protección durante toda la jornada laboral?

¿Se dañó o estropeó algún elemento de seguridad?

▼ Bienestar Físico y Mental

¿Presenta dolor de cabeza?

¿Presenta dolor de brazos?

¿Presenta dolor abdominal?

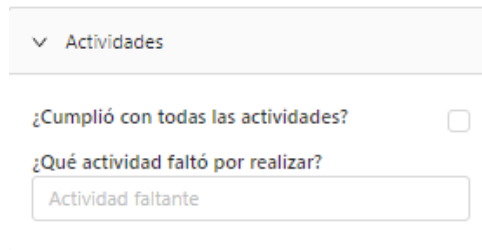
¿Presenta dolor de piernas?

¿Ocurrió algún accidente?

▼ Sueño y descanso

¿Se sintió con energía durante toda la jornada laboral?

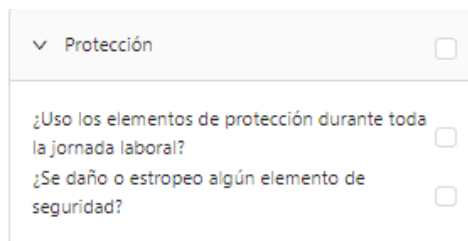
i. Actividades: En esta parte se deben digitar la actividad que faltó por realizar, si se realizaron todas actividades marcar la casilla de cumplimiento de actividades.



Formulario de Actividades:

- Actividades
- ¿Cumplió con todas las actividades?
- ¿Qué actividad faltó por realizar?
- Actividad faltante

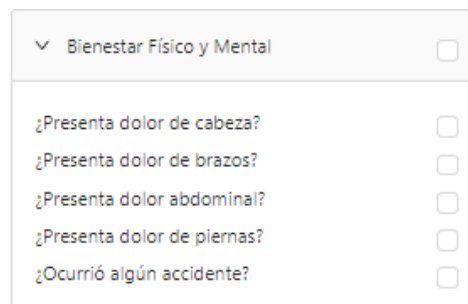
ii. Protección: En esta parte debe seleccionar si uso los implementos de seguridad y además si se estropeo algún elemento de protección durante la jornada laboral.



Formulario de Protección:

- Protección
- ¿Uso los elementos de protección durante toda la jornada laboral?
- ¿Se daño o estropeo algún elemento de seguridad?

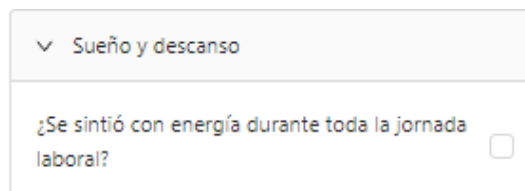
iii. Bienestar físico y mental: En esta parte se debe seleccionar el estado físico y mental marcando si (azul) o no (blanco) a las preguntas indicadas.



Formulario de Bienestar Físico y Mental:

- Bienestar Físico y Mental
- ¿Presenta dolor de cabeza?
- ¿Presenta dolor de brazos?
- ¿Presenta dolor abdominal?
- ¿Presenta dolor de piernas?
- ¿Ocurrió algún accidente?

iv. Sueño y descanso: En esta parte solo se debe indicar si se sintió con energía en el trabajo realizado.



Formulario de Sueño y descanso:

- Sueño y descanso
- ¿Se sintió con energía durante toda la jornada laboral?

e. Por último se da *click* en el botón “enviar datos”, con lo cual, se envían los datos registrados directamente al profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo.

Anexo D

Artículo Científico

Título

SABAJO, una aplicación descentralizada para el seguimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo de los trabajadores, un caso observado en la empresa CEA, Ingeniería que Evoluciona S.A.S.

SABAJO, a decentralized application for monitoring the occupational health of workers, a case observed in the company CEA, engineering that evolves S.A.S.

Autores:

Jason Steven Díaz Molina

Estudiante de ingeniería en automática industrial de la Universidad del Cauca, pasante de ingeniería en CEA, Ingeniería que Evoluciona S.A.S.

jsdiaz@unicauca.edu.co, 3158863731

ORCID: 0000-0002-3625-0074

Carlos Fernando Realpe Garcés

Ingeniero Físico Universidad del Cauca, estudiante de maestría en ingeniería Física Universidad del Cauca, Investigador e ingeniero de soluciones en CEA, Ingeniería que Evoluciona S.A.S.

cfrealpe@unicauca.edu.co, 3136795576

ORCID: 0000-0002-4399-7280

Camilo Andrés Segura Quintero

Estudiante de ingeniería electrónica de la Universidad del Cauca.

camilosegura@unicauca.edu.co, 3155591000

ORCID: 0000-0003-3398-5670

Fabio Hernán Realpe Martínez

Ingeniero Físico de la Universidad del Cauca, Magister en ingeniería mecánica de la Universidad Industrial de Santander, profesor en Universidad del Cauca

frealpe@unicauca.edu.co, 3113449655

ORCID: 0000-0002-9632-1196

Leonardo Efraín Molina Realpe

Profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo de la Institución Universitaria Antonio José Camacho, Profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo de CEA, Ingeniería que Evoluciona S.A.S.

efrainmolina88@hotmail.com,

ORCID: 0000-0001-6533-2274

Resumen

Antecedentes

Hasta el momento en Colombia el registro y control de la Seguridad y Salud en el Trabajo ha sido por dos métodos, uno de ellos es la forma manual en la cual cada uno de los trabajadores llenan formatos físicos donde luego el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo los analiza y toma decisiones lo cual toma mucho tiempo para llegar a resultados, últimamente se observan tendencias para sistematizar esta toma de datos para un posterior análisis, las cuales hasta el momento no cuentan con la seguridad suficiente para tomar y guardar datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo los cuales son confidenciales, por este motivo este tipo de aplicaciones son muy pocas veces utilizadas por organizaciones. En esta investigación se propone utilizar tecnologías descentralizadas como *blockchain* para crear una aplicación descentralizada en la cual no interfiera un tercero para el control de los datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo.

Objetivo

El objetivo de la presente investigación se centra en el desarrollo y la verificación de una aplicación web tipo DApp para el seguimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo bajo la normativa dictada en el Decreto 1072 de 2015 – Capítulo 6 para los colaboradores de la empresa CEA Ingeniería que evoluciona S.A.S.

Métodos

La investigación se basa en dos métodos, para el desarrollo de la aplicación se utilizó la metodología Scrum y para la verificación con investigación acción participativa IAP en la empresa CEA, Ingeniería que Evoluciona S.A.S. en labores de ingeniería, con la participación de 10 colaboradores de la empresa, tomando datos 2 veces al día por 20 días.

Resultados

Se desarrolla una aplicación web Descentralizada para el seguimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores en la empresa CEA, observando las mejoras en los tiempos de recolección de datos y posterior análisis por el profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo.

Conclusiones

Esta investigación ayudo a realizar un primer acercamiento a la sistematización de los procesos de toma de datos y posterior análisis de la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores en la empresa CEA, mejorando así los tiempos sobre toma de decisiones por el profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo sobre los colaboradores en labores diarias de ingeniería a campo abierto.

Palabras clave

Blockchain, Smart Contract, DApps y Seguimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Abstract

So far in Colombia, the registration and control of occupational health has been by two methods, one of them is the manual way in which each one of the workers fill out physical formats where the occupational health professional analyzes them and makes decisions accordingly. which takes a long time to reach results, lately there are trends to systematize this data collection for further analysis, which so far do not have sufficient security to collect and store occupational health data which are confidential, for this reason, these types of applications are rarely used by organizations. In this research, it is proposed to use decentralized technologies such as Blockchain to create a decentralized application in which a third party does not interfere to control data on occupational health.

Objective

The objective of this research is focused on the development and verification of a DApp-type web application for monitoring occupational health under the regulations issued in Decree 1072 of 2015 - Chapter 6 for employees of the company CEA Engineering that evolves. S.A.S.

Methods

The research is based on two methods, for the development of the application the Scrum methodology was used and for the verification with participatory action research IAP in the company CEA, engineering that evolves S.A.S. in engineering work, with the participation of 10 company collaborators, taking data twice a day for 20 days.

Results

A Decentralized web application is developed to monitor the occupational health of employees in the CEA company, observing the improvements in data collection times and subsequent analysis by the occupational health professional.

Conclusions

This research helped to carry out a first approach to the systematization of the data collection processes and subsequent analysis of the occupational health of the collaborators in the CEA company, thus improving the decision-making times by the occupational health professional about the collaborators. in daily engineering tasks in the open field.

Key Words

Blockchain, Smart Contract and Occupational Health Monitoring.

Introducción

Uno de los grandes desafíos en las organizaciones colombianas donde se cuente con mano de obra humana es llevar un control estricto de Seguridad y Salud en el Trabajo, muy pocas organizaciones llevan este registro como lo indica la ley colombiana en el Decreto 1072 de 2015[1], donde el seguimiento estricto de problemas de salud provenientes en la actividad laboral, el almacenamiento y posterior verificación de los mismos. Es por esto que en la siguiente investigación se propone el desarrollo y verificación una aplicación web tipo DApp basada en tecnología *blockchain* y *smart contract* para el seguimiento de la Seguridad y Salud en el Trabajo en las labores de ingeniería en campo abierto y donde se verifica su uso en la empresa CEA, Ingeniería que Evolucionada S.A.S [2] [3].

Materiales y métodos

Los métodos utilizados para esta investigación tienen dos vertientes, una de ellas se basa en el desarrollo de la aplicación tipo DApp y la otra en la verificación de la herramienta creada por parte del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa CEA.

Métodos utilizados en el desarrollo de la Aplicación Descentralizada DApp

Metodología para el desarrollo de la aplicación Descentralizada DApp:

Se tiene en la investigación el desarrollo de una aplicación descentralizada, la cual es un tipo de software que funciona como aplicación web (con acceso desde un navegador de internet), las DApp's tienen una particularidad ya que no son supervisadas por un tercero y funcionan bajo una red descentralizada *blockchain*. La metodología para desarrollar la aplicación descentralizada de ahora en adelante (DApp) que denominamos SABAJO es Scrum, donde, en primera instancia se define el *Product Backlog*, la cual, es una lista con los requerimientos que debe tener la aplicación para cada uno de los usuarios que interactúan con la aplicación [4], a continuación, se indican las tablas que definen las historias de los usuarios en la DApp.

Tabla 1. Historia de usuario 1

Como	Colaborador
Quiero	Pedir acceso a la aplicación web.
Para	Comenzar a usar la aplicación web.
Criterio de aceptación	Registrar con su billetera digital el nombre y código de empleado en la aplicación web.

Fuente: Propia de la investigación

Tabla 2. Historia de usuario 2

Como	Profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo.
Quiero	Registrarse en la aplicación web.
Para	Administrar los datos de colaboradores y aceptar nuevos colaboradores.
Criterio de aceptación	Registrarse con su billetera digital como profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Fuente: Propia de la investigación

Tabla 3. Historia de usuario 3

Como	Colaborador
Quiero	Registrar los datos de Seguridad y Salud en el Trabajo en dos jornadas
Para	Un cómodo y simple registro de los datos
Criterio de aceptación	Navegación simple y rápida de envío

Fuente: Propia de la investigación

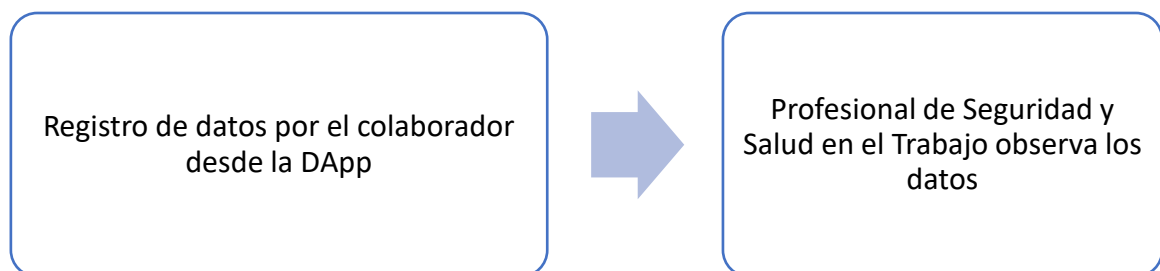
Tabla 4. Historia de usuario 4

Como	Profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo.
Quiero	Observar los datos registrados por los colaboradores.
Para	Acceder de forma instantánea a los nuevos registros
Criterio de aceptación	Gráficos ilustrativos sobre los datos registrados, seccionados por clasificación como se indica en la Tabla 1 y por colaborador

Fuente: Propia de la investigación

Con el aplicativo web tipo DApp se pretende disminuir los tiempos de operación, mejorando la integridad de los datos, con lo cual se obtiene un flujo de información en dos etapas, ilustrado en la Figura 2. Por tanto, al eliminar las etapas de traslado, retorno y digitalización en el proceso de toma de información de la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de la empresa CEA, se reducen los tiempos de análisis y toma de decisiones sobre estos.

Figura 1. Etapas del proceso de registro de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de la empresa CEA mediante aplicativo web tipo DApp



Fuente: Propia de la investigación

Selección de la red *blockchain* a utilizar en la DApp

En el desarrollo de aplicación web tipo DApp se debe escoger la mejor red *blockchain* ya que será donde se publican y despliegan los *smart contracts* producto de las transacciones sobre los datos de seguridad y salud en el trabajo, tal como los ilustrados en la Tabla 6, y cada uno de estos permite utilizar diferentes lenguajes de programación de alto y bajo nivel para los *smart contracts*, además de la facilidad para integrarlos en una aplicación web.

Una aplicación web Descentralizada consta de un entorno de desarrollo web con interacciones a una red *blockchain*, como se ilustra en la Figura 3. Esta arquitectura consiste básicamente en un cliente que realiza interacciones con un servicio web en diversos lenguajes, donde, el servidor web brinda respuesta y enlaza la información con la red *blockchain* mediante peticiones tipo *remote procedure call (RPC)* [5]. Este modelo garantiza la seguridad de los datos tomados sobre seguridad y salud en el trabajo, ya que los datos están protegidos por encriptación de la red *blockchain* [6].

La diferencia de una *DApp* radica en que el modelo Cliente-Servidor de una aplicación web clásica centraliza los datos en un servidor, lo que significa que cualquiera que sea dueño puede ejercer poder sobre él, y si la información contenida es delicada, puede negar el acceso o modificar los datos. En cambio, al montar una *DApp* sobre la arquitectura de una red *blockchain*, esa información es respaldada y verificada por toda la red de mineros que la sostienen.

Lo interesante de las redes *blockchain*, es que, dentro de estos bloques, además de guardar información podemos ejecutar códigos en su lenguaje de desarrollo. Permitiendo el desarrollo de diversos tipos de contratos inteligentes “*Smart contracts*”, dada la capacidad de que este código sea inalterado y ejecutado de acuerdo a lo estipulado [6].

Tabla 5. comparación de las redes *blockchain* más importantes y su interacción de *smart contracts*

Criterio	Ethereum	NEO	BitCoin
Valor de la interacción	Alto	Bajo	Alto
Lenguaje de integración con aplicaciones web	Si, JavaScript con soporte Web3 y React	Si, Python soporte a muy bajo nivel, se debe desarrollar desde cero las interacciones	Si, por medio de Lightning Node
Lenguaje de desarrollo de lógica en Smart Contracts	Si, Solidity con mucho soporte por parte de Ethereum	Si, Python sin soporte y difícil integración	No soporta contratos inteligentes
Existen FrameWorks para el desarrollo ágil	Si, vigentes con soporte	No	No

Capacidad de realizar máquinas virtuales para pruebas	Si, fáciles de instalar en cualquier sistema operativo	Si, complicado de instalar y solo se puede instalar en sistemas operativos MAC	Si, fáciles de instalar en cualquier sistema operativo
Tiempo de desarrollo	Bajo	Alto	Medio

Fuente: Propia de la investigación

Aunque el costo es bajo de la red NEO y que se pueden implementar aplicaciones web con BitCoin, se evidencia que tiempo de desarrollo y facilidad de integración con aplicaciones web es complicado de sobrellevar, por el lado de BitCoin se desecha ya que no posee tecnología de *smart contract* que es fundamental para este proyecto, por ello, se elige a la red Ethereum para la DApp.

Además de que la red Ethereum tiene más soporte ya que es una de las redes más usadas en el momento en todo el mundo

Elaboración del *Smart contract* para la DApp

Ya que se tiene la red *blockchain* a utilizar en la DApp, se procede a escribir la lógica de programación para que los colaboradores ingresen los datos de Seguridad y Salud en el Trabajo y que los mismos se desplieguen en la red *blockchain*, como se tiene que se usara la red *blockchain Ethereum*, el lenguaje para escribir la lógica será Solidity, con la siguiente lógica de programación ilustrada en la tabla 6

Tabla 6. Lógica de programación para el *smart contracts*

Función para validar dirección del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo	Entrada: Dirección desde la billetera digital
	Guardar dirección en contrato
	Emitir evento de validación de Seguridad y Salud en el Trabajo
Función para validar dirección de colaborador en la empresa	Entrada: Dirección desde la billetera
	Guardar dirección en contrato
	Emitir evento de validación con nombre de colaborador y código de empleado
Mapeo de validación de empleados	Relaciona una dirección de billetera con un booleano (True si esta aceptado, False si esta rechazado)
Vectores para guardado de solicitudes	Vector de direcciones de los colaboradores
	Vector de nombres de los colaboradores
	Vector con códigos de los colaboradores
Eventos	Solicitudes de trabajadores (dirección trabajador, nombre, código)
	Trabajador validado (dirección trabajador)
	Nuevo contrato diario (dirección trabajador, dirección contrato)
	Visualizar los datos que se registran a la entrada del trabajo
	Visualizar los datos que se registran a la salida del trabajo
Modificadores	Modificador para que la dirección del profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo tenga permiso de acceder a todos los contratos publicados
	Modificador para que solamente a una dirección de billetera validada se le permita hacer uso de las funciones

Función para solicitar visualización de direcciones que han solicitado acceso	Entrada: solo dirección desde billetera del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo Salida: retorna el vector de direcciones y el mapping con el nombre y código
Función para validar nuevos empleados	Entrada: Dirección del trabajador, dirección del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo Cambiar el estado en el mapeo de validación de empleados Salida: emitir el trabajador validado
Mapeo de direcciones de empleados con los datos introducidos en las transacciones	Relación de la dirección del trabajador con los datos registrados a la entrada de la jornada laboral Relación de la dirección del trabajador con los datos registrados a la salida de la jornada laboral
Estructuras de los datos ingresados	Estructura para los datos registrados a la entrada del trabajo Estructura para los datos registrados a la salida del trabajo
Función para registrar datos a la entrada de la jornada laboral	Entrada: dirección del trabajador, datos desde el front en formato JSON Guardado de datos Salida: Emitir evento "visualizar datos de entrada de la jornada laboral"
Función para registrar datos a la salida de la jornada laboral	Entrada: dirección del trabajador, datos desde el front en formato JSON Guardado de datos Salida: Emitir evento "visualizar datos de salida de la jornada laboral"
Función para visualizar datos de entrada a la jornada laboral	Entrada: Dirección del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo, dirección del trabajador Salida: formato JSON con los datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo registrada
Función para visualizar datos de salida a la jornada laboral	Entrada: Dirección del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo, dirección del trabajador a la entrada de la jornada laboral Salida: formato JSON con los datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo registrada a la salida de la jornada laboral

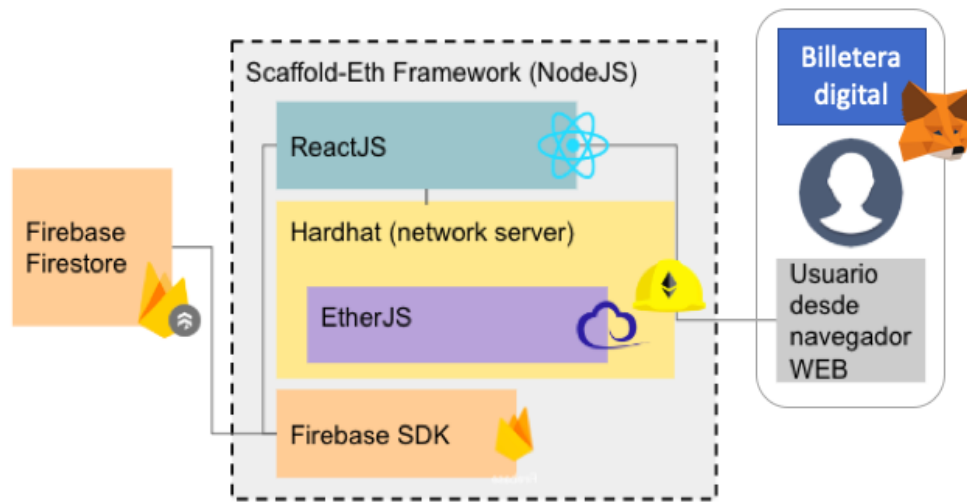
Fuente: Propia de la investigación

Elaboración de la DApp

Para el desarrollo de la DApp, se utilizó como base el Frame Work Scaffold eth, el cual proporciona un proyecto listo estructuralmente el cual se puede usar para la creación rápida de prototipos en la red *blockchain Ethereum*, lo que brinda a los desarrolladores acceso a herramientas de última generación para aprender y crear rápidamente una DApp basada en Ethereum y *smart contracts* [7]

Con este Framework se desarrolla en su totalidad la DApp, con la siguiente arquitectura

Figura 2. Arquitectura del aplicativo web



Fuente: Propia de la investigación

A continuación, se detalla la arquitectura:

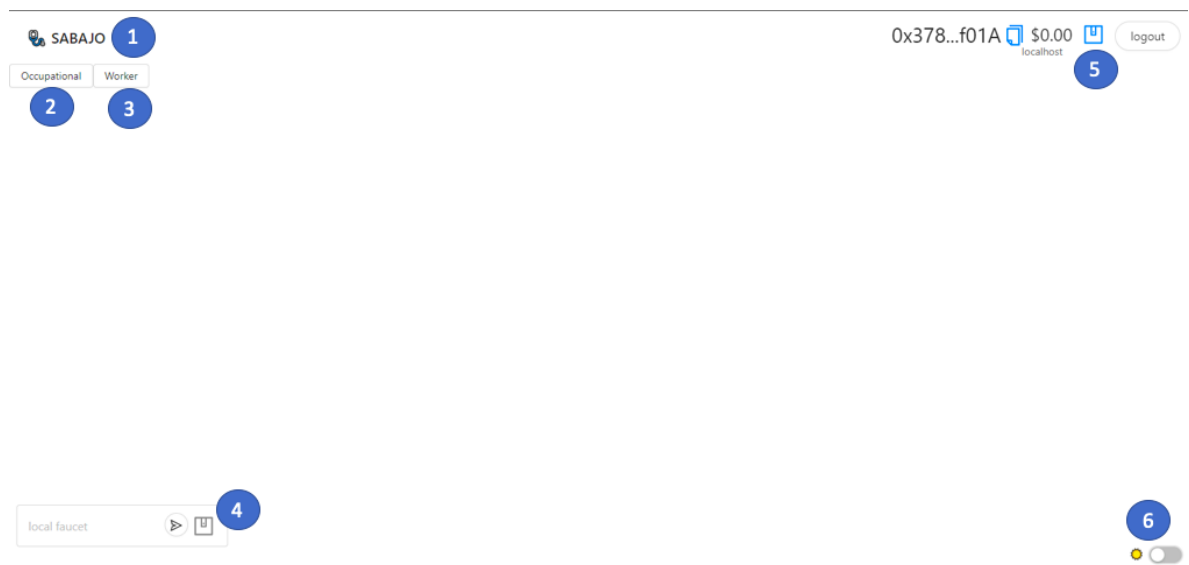
- Billetera digital, usuario desde navegador web: La primera interacción con el aplicativo web es desde una billetera digital, la cual contiene la dirección única del trabajador y maneja su dinero en *Ether* (moneda de transacción en la red Ethereum), con esta dirección interactúa directamente de forma “anónima” para usuarios externos ya que la identidad está protegida por un valor encriptado de 16 bits tipo 1PPVzjfPZece9mwJKdPB5Kbhv4JiSemFCu, el cual para des encriptar requiere un gran costo computacional.
- *Scaffold-Eth Framework (NodeJS)*: Aplicación base con interacción de red *blockchain* y *smart contracts* por medio de *NodeJS*
 - o *ReactJS*: Controla en Front de la aplicación web tipo DApp, en esta aplicación se tienen dos ventanas visuales, una para el profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo y otra para el colaborador de la empresa.
 - o *HardHat (Network Server)*: Crea una red *blockchain* tipo Máquina Virtual de *Ethereum* (EVM) y despliega el *smart contract* en la red creada.
 - o *EtherJS*: Controla el flujo de información desde el *front* con el *back* en *HardHat* desplegando la información necesaria desde el *front*.
 - o *FireBase SDK*: Guarda los datos encriptados por la dirección del *smart contract* para luego ser leídos y graficados por el *front* de la aplicación web.
- *FireBase FireStore*: Repositorio donde se almacenan los datos registrados en la red *blockchain* encriptados por la dirección del *smart contract* para mantener la seguridad de los datos.

La aplicación descentralizada terminada

Ventana principal o *home*

Se ilustra en la Figura 3, en esta ventana se solicita primero acceder por medio de la billetera digital en Metamask, en la cual el usuario indica sus contraseñas a la billetera, donde automáticamente con la dirección propia del empleado dentro de la red *blockchain* puede acceder a realizar sus funciones dentro de la aplicación web.

Figura 3. Ventana principal de la DApp



Fuente: Propia de la investigación

1. Logo – Icono de la aplicación: se usa para volver al Home en cualquier momento
2. *Occupational*: Botón para ir a la ventana del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo
3. *Worker*: Botón para ir a la ventada del trabajador
4. *Local Faucet*: Ventana para hacer transacciones de dinero con la billetera, esta opción solo se instaló para darle dinero a los colaboradores ya que no se está corriendo en la *Main Net de Ethereum* sino una Máquina Virtual de *Ethereum* (EVM).
5. Interacción con la billetera: Se pueden observar tres ítems importantes, la dirección que esta interactuando desde Metamask en el momento, el dinero traducido a dólares y por último un botón para desenlazar la billetera de la DApp.
6. Light-Dark: Botón para cambiar estilo claro - oscuro de la DApp

Ventana para el colaborador (*worker*)

Se ilustra en la Figura 4, en esta ventana se muestran 3 botones, el primero de ellos “solicitar acceso a la empresa” es para pedir permiso al profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo para poder enviar datos con lo cual también pide el nombre y

su código de trabajador, el segundo “jornada de trabajo” es para escoger si los datos son de inicio de la jornada laboral o del final de la jornada laboral y el tercero “enviar datos” para enviar datos.

Figura 4. Pantalla de la ventana *worker* completa

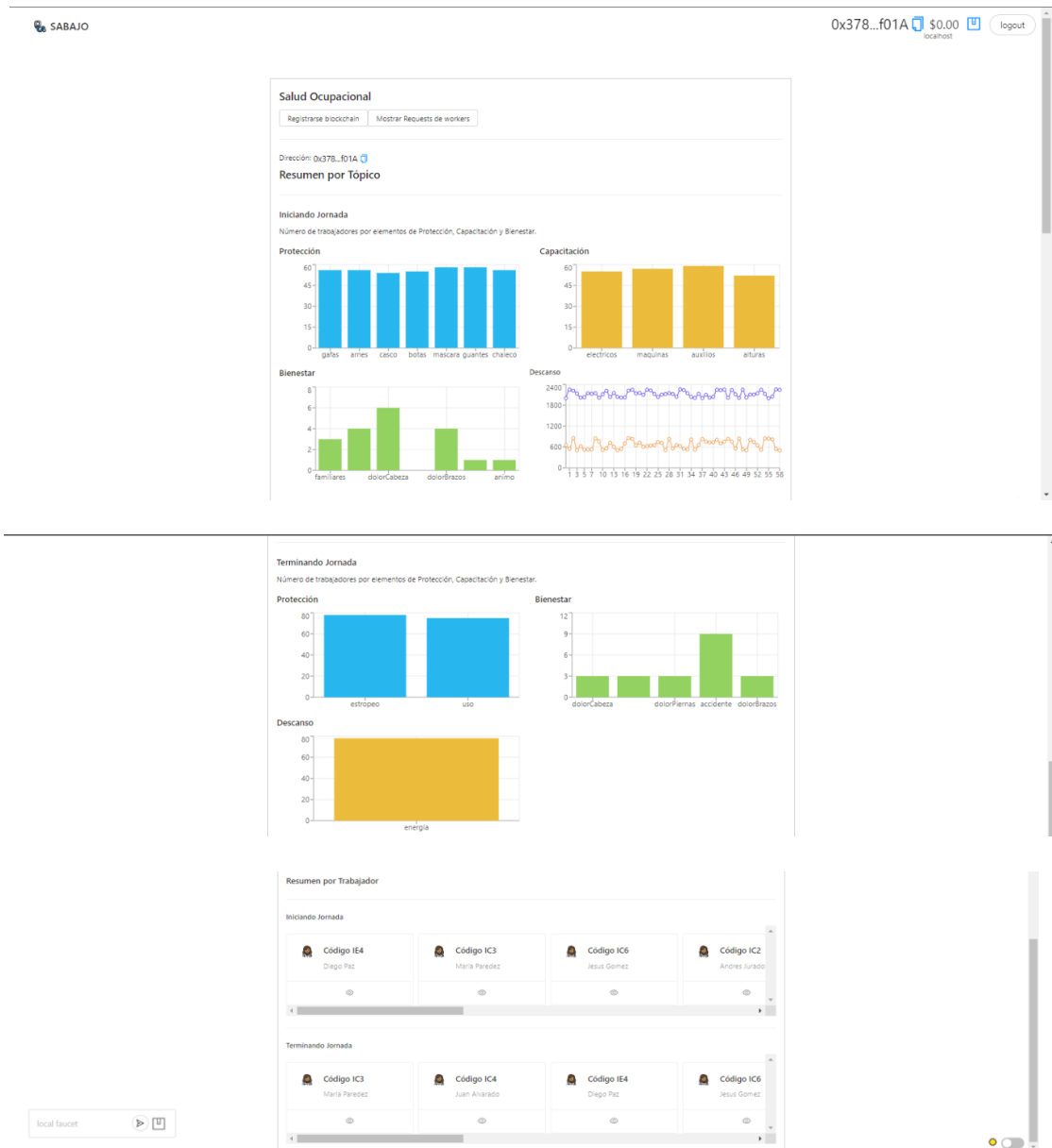
Fuente: Propia de la investigación

Ventana para el profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo (*Occupational*)

Se ilustra en la Figura 5. En esta se pueden observar que está dividida en 5 partes, en la primera se encuentran dos botones, “registrarse *blockchain*”, para registrar la dirección de la billetera de Metamask activa como profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo, “mostrar *requests* de *workers*” para observar solicitudes de colaboradores y aceptarlos o denegarlos. En la segunda parte se observan resúmenes gráficos de los datos ya enviados por los colaboradores al inicio de la jornada, esta es una vista general y estadística de todos los registrados hasta el

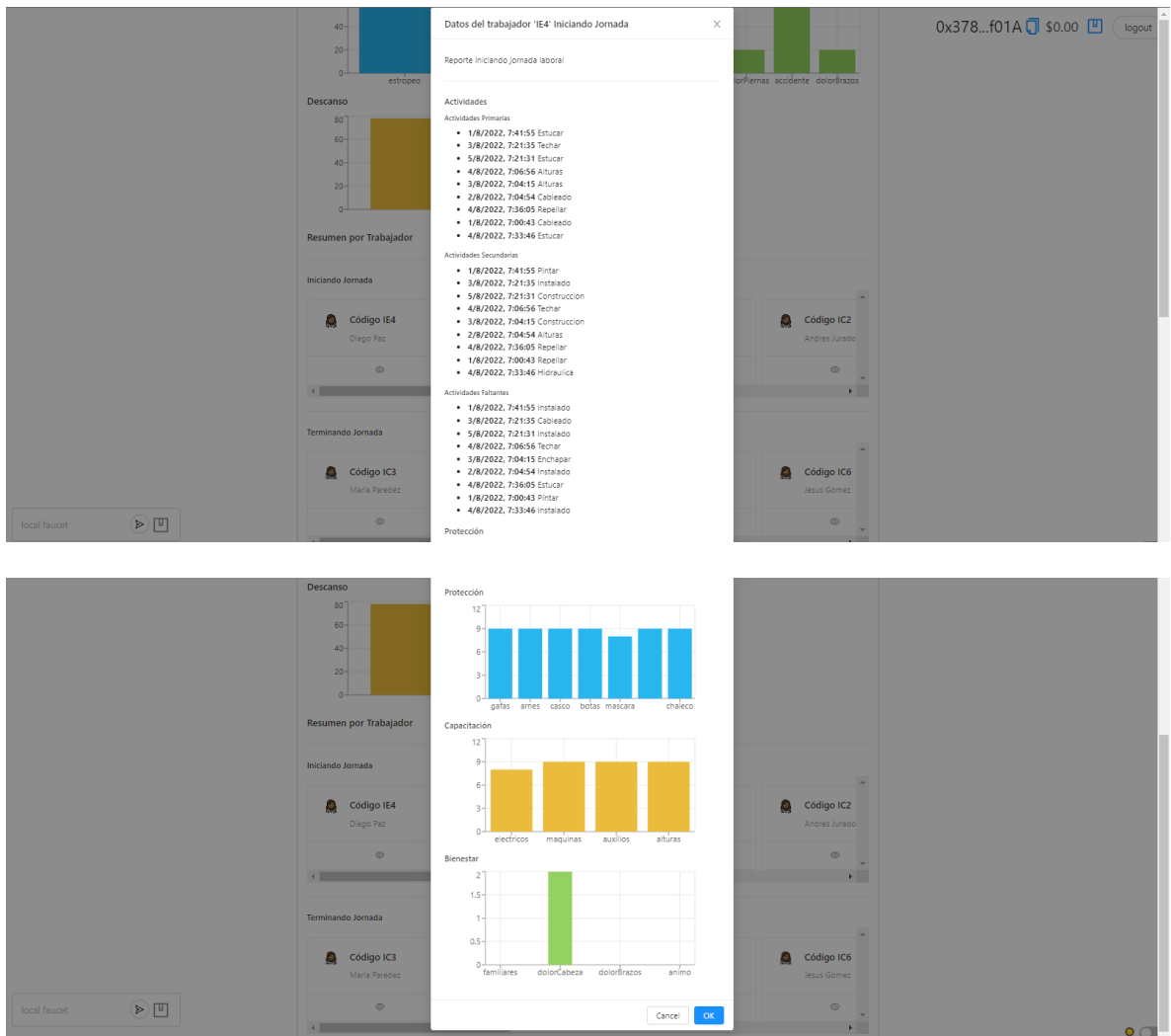
momento. En la tercera parte se observan resúmenes gráficos de los datos ya enviados por los colaboradores al finalizar de la jornada, esta es una vista general y estadística de todos los registrados hasta el momento. En la cuarta parte se pueden observar botones por cada colaborador con su código y nombre para discriminar los datos al inicio de la jornada por cada trabajador como se ilustra en la Figura 5. Y en la quinta parte se pueden observar botones por cada colaborador con su código y nombre para discriminar los datos a la salida de la jornada laboral por cada trabajador como se ilustra en la Figura 6.

Figura 5. Pantalla de la ventana *Occupational* completa



Fuente: Propia de la investigación

Figura 6. Pantalla de la ventana de visualización de datos discriminada por trabajador



Fuente: Propia de la investigación

En la Figura 5 se observa la vista de datos discriminada por colaborador, donde en primera instancia se identifican las fechas y horas de las actividades realizadas, además de gráficas que indican el registro de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo, con esto, se puede observar el historial de la Seguridad y Salud en el Trabajo del empleado y sacar conclusiones de las mismas.

De esta manera se dan a conocer las diferentes vistas de interacción de la aplicación web tipo DApp, para la gestión de la información sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de CEA.

Métodos utilizados en la verificación de la Aplicación Descentralizada DApp

En el proceso de toma de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores en campo, es implementado el aplicativo web tipo DApp, ejecutándose en paralelo el proceso llevado a cabo manualmente, estableciendo con ello una comparación que manifieste mejoras en el proceso.

Proceso manual

El proceso de toma de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores manualmente por medio de formatos físicos incorpora las siguientes etapas:

- o Impresión y entrega de formatos.
- o Traslado a campo.
- o Toma de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores.
- o Retorno a las oficinas de CEA.
- o Digitación de datos.
- o Análisis de resultados.
- o Toma de decisiones por el profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo.

Proceso con la DApp

El proceso de toma de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores con el aplicativo web, posee las siguientes etapas:

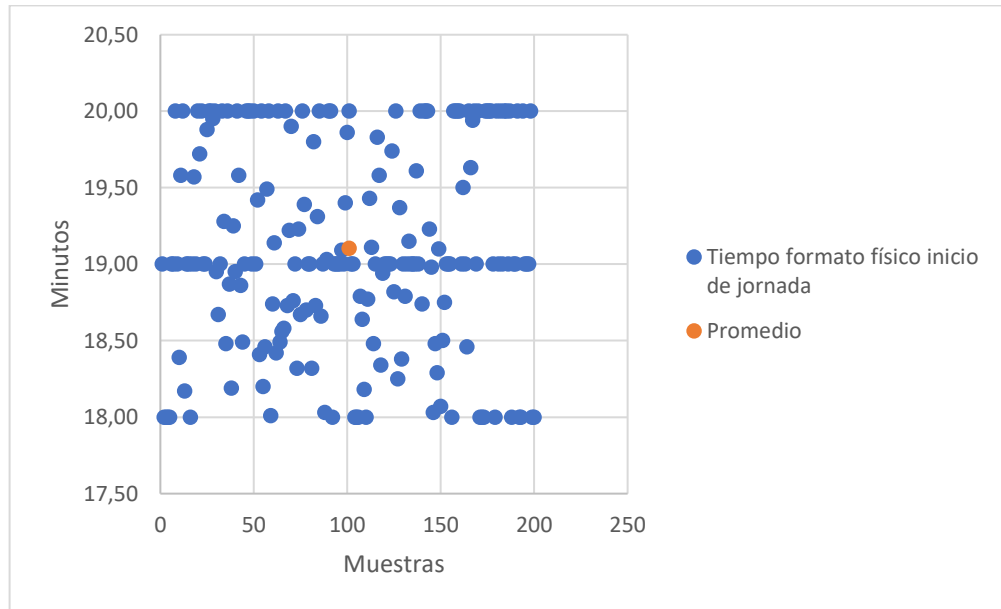
- o Registro de datos desde la aplicación web tipo DApp.
- o Análisis de resultados.
- o Toma de decisiones por el profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo.

Con base a las implementaciones bajo el proceso manual y con la DApp, se establece una comparación con la finalidad de evidenciar una mejora en cuanto a tiempos de flujo de información y entrega de los datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores en CEA.

Se tiene el caso práctico de toma de datos en dos obras por parte de la empresa CEA y el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo de forma manual, en cuyo proceso se obtienen los registros de tiempos en la toma de los datos en el inicio de la jornada laboral, como se ilustra en la Figura 7, también se obtienen los registros de tiempos en la toma de los datos en el final de la jornada laboral, como se ilustra en la Figura 8.

Se observa un rango de tiempo de registro entre 18 y 20 minutos, presentando un tiempo promedio de 19,10 minutos con base a 200 registros sobre los formatos de Seguridad y Salud en el Trabajo en el inicio de la jornada laboral.

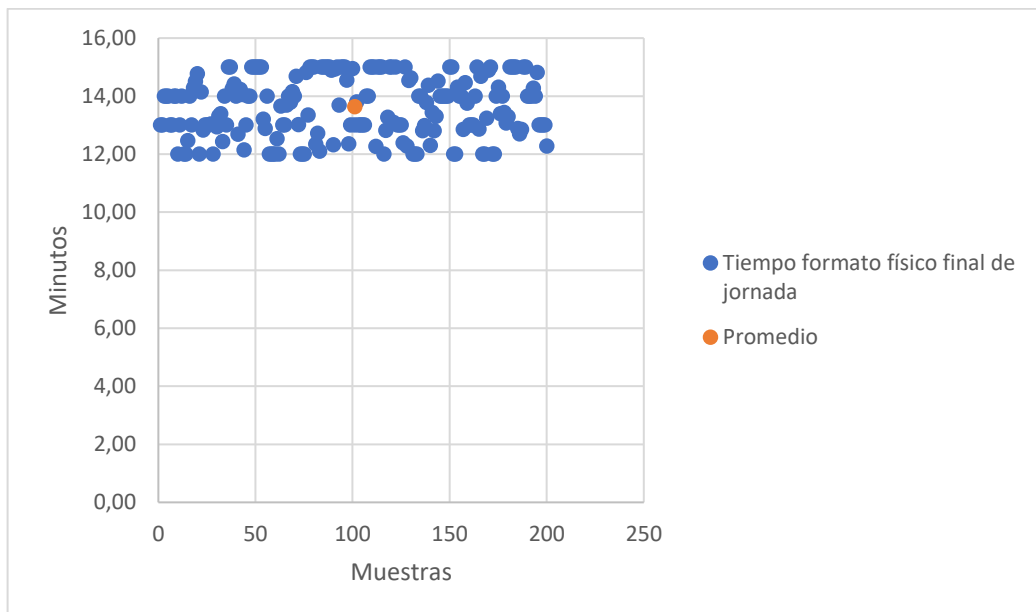
Figura 7. Muestras tomadas proceso manual a la entrada de la jornada laboral



Fuente: Propia de la investigación

Se observa un rango de tiempo de registro entre 12 y 15 minutos, presentando un tiempo promedio de 13,63 minutos con base a 200 registros sobre los formatos de Seguridad y Salud en el Trabajo en el final de la jornada laboral.

Figura 8. Muestras tomadas proceso manual a la salida de la jornada laboral



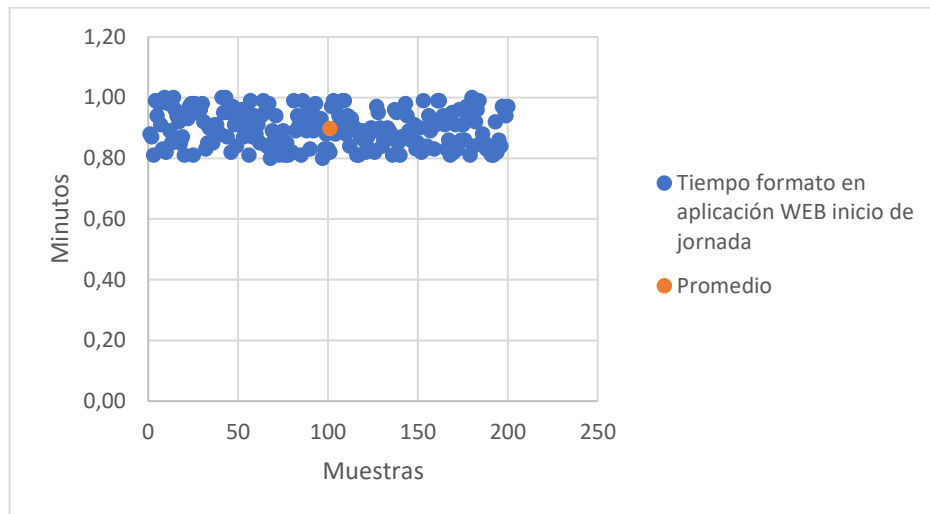
Fuente: Propia de la investigación

Posteriormente se realiza la toma de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo con el aplicativo web tipo DApp, tanto al inicio como al finalizar la jornada laboral, como se ilustra en las Figuras 9 y 10.

o Para los registros en el inicio de la jornada se observa un rango entre 0.8 y 1 minutos con un valor promedio de 0,90 minutos para una muestra de 200 registros.

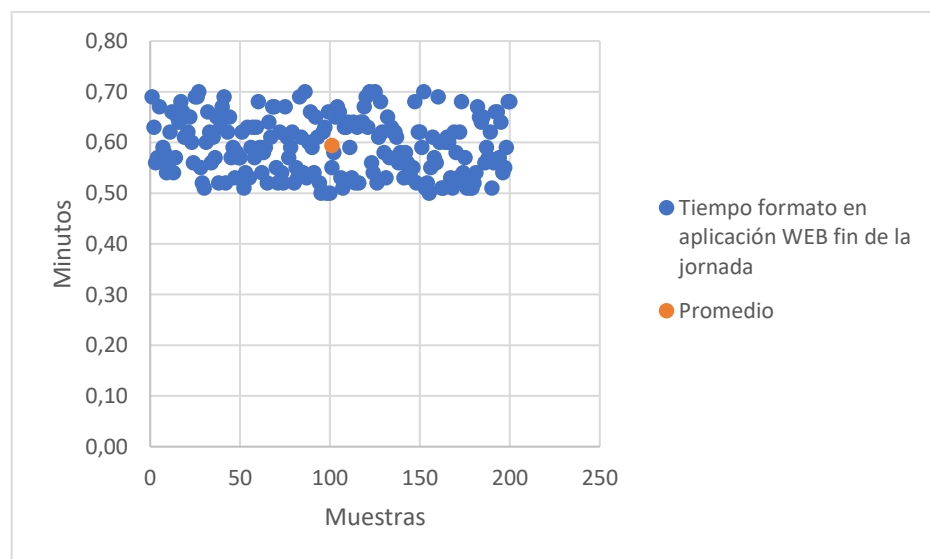
o Para los registros al finalizar la jornada se observa un rango entre 0.5 y 0.7 minutos con un valor promedio de 0,59 minutos para una muestra de 200 registros.

Figura 9. Muestras tomadas con aplicativo web



Fuente: Propia de la investigación

Figura 10. Muestras tomadas con aplicativo web



Fuente: Propia de la investigación

Realizando una comparación de los tiempos promedios entre los procesos manuales con 19,1 minutos al inicio de la jornada, 13,63 minutos al finalizar la jornada y el proceso del aplicativo web con 0,90 minutos al iniciar la jornada laboral, 0.59 minutos al finalizar la jornada, es notable la mejora en tiempo de entrega de los registros sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Resultados y discusión

Con base al presente proyecto se encontraron los siguientes aspectos de mejora en el proceso de registro de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores en CEA, tales como tiempos de operación, costos de operación, trazabilidad de los datos de salud e integración del proceso:

Tiempos de operación

En el proceso de toma de datos de la Seguridad y Salud en el Trabajo de los trabajadores, al eliminar la etapa de impresión y digitalización de los formatos para toma de datos, con un tiempo en promedio de 20 minutos por día.

En el proceso de entrega de los datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores a CEA se obtuvo una notable mejora en los tiempos de operación, donde se disminuyó en promedio de 13,43 minutos al finalizar la jornada y el proceso del aplicativo web con 0,99 minutos al iniciar la jornada laboral, 0.66 minutos al finalizar la jornada. De esta manera, se mejora el tiempo de recolección de datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo.

Costos de operación

Con base a la disminución del tiempo de operación, resulta un ahorro en la ejecución de tareas por parte de los operarios tanto en impresión, choferes y el traslado del profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo, representando en beneficios económicos. Adicional a ello, con la implementación del aplicativo web tipo DApp, resulta innecesaria la utilización de formatos impresos, y con ello la adquisición de papel, resultando en beneficios económicos para CEA y el medio ambiente [8].

Trazabilidad del proceso y cumplimiento de la normativa

Legibilidad y confiabilidad de la información

En el proceso de registro de los datos de Seguridad y Salud en el Trabajo en CEA con el aplicativo web tipo DApp, se mitiga la falta de legibilidad en los formatos físicos, con el proceso manual; dado que, en el diligenciamiento de datos, los colaboradores presentan faltas ortográficas, incorrecto llenado de campos, pérdida del formato, daños físicos en el papel, omisión de campos obligatorios y demoras en el proceso por no tener un esfera.

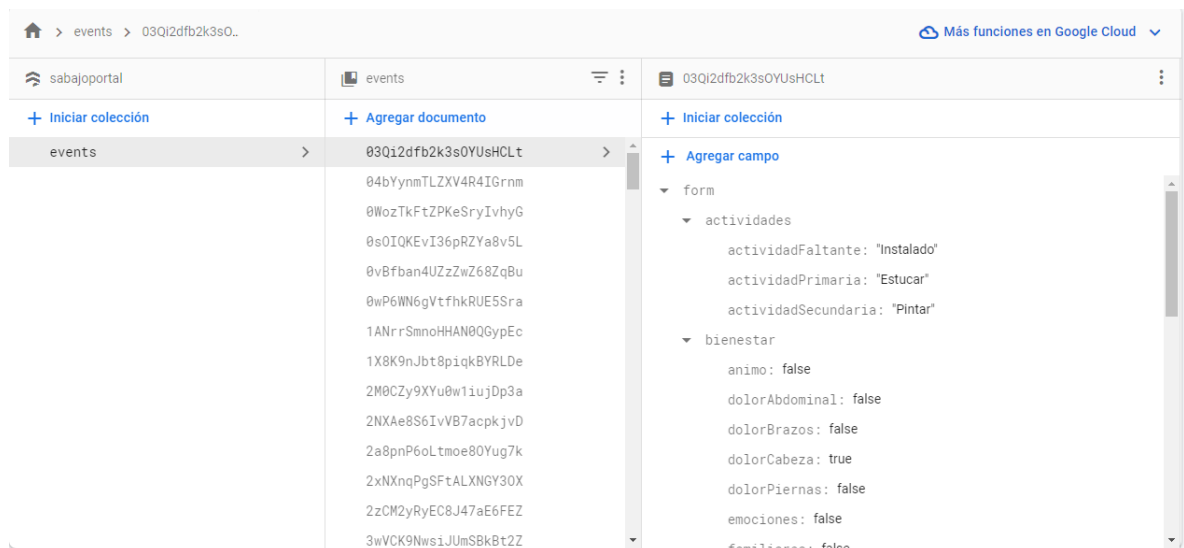
Integridad de la información

Dentro de los requerimientos de la *DApp*, se tiene seguridad con los datos para garantizar su integridad en el tiempo, en primer lugar cada *smart contract* publicado tiene un identificador único en la red *blockchain* y por naturaleza es inmodificable,

ya que se usó una base de datos para graficar los datos de seguridad y salud en el trabajo la integridad de la información se consideró guardando documentos en la base de datos *Firebase* en forma encriptada como se indica en la Figura 11 con la dirección del *smart contract*, por tanto, para ser modificados o leídos desde la base de datos se debe desplegar la información en los mismos bloques donde se publicó el *smart contract*, por tanto es casi imposible acceder a la información contenida en ella.

Con esto se garantiza la integridad de los datos publicados sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores en la empresa CEA.

Figura 11. Base de datos *Firebase* con datos registrados



Fuente: Propia de la investigación

Disponibilidad de la información

En el desarrollo de la DApp, se desarrolló una interface para observación de los datos en tiempo real desde *Firebase*, la cual, solo la puede ver el profesional de Seguridad y Salud en el Trabajo registrado en la red *blockchain*, los datos siempre están disponibles y se pueden observar desde cualquier dispositivo con conexión a la red *blockchain* la cual es muy improbable de ser hackeada por la seguridad inherente de la red.

Conclusiones

- o *Blockchain* es una tecnología relativamente nueva y en constante descubrimiento de nuevas posibilidades, el acercamiento con la DApp desarrollada para la empresa CEA es interesante ya que incrementa y fomenta el uso de nuevas tecnologías en nuestro país.
- o La migración del proceso manual del registro de datos sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores de CEA a un proceso digital con la aplicación web, no presenta una alta resistencia al cambio por parte de los colaboradores, dado que es mucho más sencillo marcar con un click que tener que escribir en un formato físico; por ello fue un acople rápido y sencillo del registro con formatos impresos, al registro con el aplicativo web.
- o Los tiempos de operación en el registro de los datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo de los colaboradores en CEA disminuyeron notoriamente, tras utilizar el aplicativo web en dicho proceso; gracias a ello, los datos una vez registrados por el colaborador, pueden ser consultados en línea por el profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo, y posteriormente realizar el análisis de los mismos para tomar decisiones sobre ellos.
- o Respecto al costo de las transacciones de *smart contracts* en la red *blockchain* Ethereum se puede decir que son costosos, pero no tanto como el proceso de los formatos físicos, ya que se reduce dinero en viajes, personal, implementos y tiempo.
- o Con el aplicativo web se abrió una puerta hacia la digitalización de procesos manuales CEA, dada las mejoras y disminución de costos en el proceso de registro de los datos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo, y la buena acogida del aplicativo por parte del personal operativo. Ello facilita su futura adopción en actividades propias de la empresa.
- o Se evidencia que este tipo de tecnologías son propias para mantener segura información confidencial como los datos de salud de una persona, además el uso de Scaffold ayuda a acercar más este tipo de tecnologías que están en continuo desarrollo.

Bibliografía

- [1] Ministerio del trabajo, «Salud en el trabajo,» Ministerio del trabajo, 26 06 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/0/DUR+Sector+Trabajo+Actualizado+a+15+de+abril++de+2016.pdf/a32b1dcf-7a4e-8a37-ac16-c121928719c8> . [Último acceso: 13 01 2022].
- [2] CEA, Ingeniería que Evoluciona S.A.S., «Contrato GP-2376,» Documentos CEA, Popayan - Cauca, 2021.
- [3] CEA, Ingeniería que Evoluciona, «Procesos y procedimientos en la empresa,» Documentos CEA, Popayan - Cauca, 2021.
- [4] C. DRUMOND, «SCRUM,» Atlassian, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.atlassian.com/es/agile/scrum>. [Último acceso: 02 01 2022].
- [5] E.G.N., «Aprende Blockchain: Tu primera DApp en Ethereum - Parte 1,» Ernestognw, 05 03 2018. [En línea]. Disponible en: <https://ernestognw.medium.com/aprende-blockchain-tu-primera-dapp-en-ethereum-parte-1-a86773d44ca0> . [Último acceso: 13 02 2022].
- [6] AMD, «Las redes de bloques,» AMD, 2020. [En línea]. Disponible en: [https://www.amd.com/es/technologies/blockchain-explained#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20cadena%20de,algor%C3%ADtmico\)%20para%20proteger%20su%20estructura](https://www.amd.com/es/technologies/blockchain-explained#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20cadena%20de,algor%C3%ADtmico)%20para%20proteger%20su%20estructura). [Último acceso: 13 02 2022].
- [7] A. Griffit, «Scaffold-eth,» Scaffold-eth, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://docs.scaffoldeth.io/scaffold-eth/> . [Último acceso: 02 01 2022].
- [8] CEA, Ingeniería que Evoluciona, «Documentos de seguimiento para la Seguridad y Salud en el Trabajo,» CEA, Popayan - Cauca, 2021.

REGISTRO DE ENVIO A REVISTA PARA REVISION:

Revista Colombiana de Salud Ocupacional

Envíos

Mi lista 1 Archivos Ayuda

Mis envíos asignados

9817 Realpe Garces et al.
una SABAJO, una aplicación descentralizada para el seguimiento de la salud ocupacional de los trabajad...

Envío Ver