

Desarrollo y validación de una plataforma híbrida basada en blockchain para la gamificación de hábitos saludables

Development and validation of a hybrid blockchain-based platform for the gamification of healthy habits

Juan Lopez-Barreiro, Jose-Luis Garcia-Soidan, Luis-Modesto Alvarez-Sabucedo, Juan-Manuel Santos-Gago
Universidad de Vigo (España)

Resumen. El objetivo fue desarrollar y evaluar una herramienta de gamificación para promover hábitos saludables utilizando blockchain. Se realizó un estudio pre-experimental con una muestra de conveniencia en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de Vigo, con 47 participantes sanos (36 hombres y 11 mujeres), de $21,5 \pm 2,3$ años. Se desarrolló un entorno de gamificación híbrido que combina tecnología blockchain y bases de datos tradicionales para fomentar hábitos saludables a través de retos, recompensando de forma automática y transparente al usuario. La herramienta, accesible mediante una interfaz web, busca mejorar la adopción de estas prácticas. El sistema fue evaluado utilizando la Escala de Usabilidad del Sistema, con el test Alpha de Cronbach aplicado para medir su fiabilidad. La herramienta obtuvo una puntuación de $78,09 \pm 10,63$ puntos, con un máximo de 97,5 y un mínimo de 47,5, situándola en la categoría “Buena” en la Escala de Usabilidad del Sistema, a la que se le aplicó el Alpha de Cronbach, mostrándose una consistencia interna aceptable con un valor de 0,77. Se ha desarrollado una plataforma que utiliza la gamificación para fomentar hábitos saludables, apoyada en tecnología blockchain. El prototipo recompensa los desafíos de salud completados y ha demostrado alta usabilidad. La plataforma aprovecha las ventajas del blockchain, como la transparencia y confiabilidad en los datos, sin necesidad de intermediarios. Además, respeta la privacidad del usuario, mejorando su experiencia en la práctica de actividad física.

Palabras clave: actividad física, sedentarismo, salud, blockchain, gamificación, calidad de vida.

Abstract. The objective was to develop and evaluate a gamification tool to promote healthy habits using blockchain technology. A pre-experimental study was conducted with a convenience sample at the Faculty of Physical Activity and Sports Sciences, University of Vigo, involving 47 healthy participants (36 men and 11 women), aged 21.5 ± 2.3 years. A hybrid gamification environment was developed, combining blockchain technology with traditional databases to foster healthy habits through challenges, rewarding users automatically and transparently. The tool, accessible through a web interface, aims to improve the adoption of these practices. The system was evaluated using the System Usability Scale, with the Alpha Cronbach test applied to measure its reliability. The tool scored 78.09 ± 10.63 points, with a maximum of 97.5 and a minimum of 47.5, placing it in the “Good” category on the System Usability Scale. The Cronbach's Alpha test showed an acceptable internal consistency, with a value of 0.77. A platform was developed using gamification to promote healthy habits, supported by blockchain technology. The prototype rewards completed health challenges and has demonstrated high usability. The platform takes advantage of blockchain's benefits, such as transparency and reliability in data handling, without the need for intermediaries. Additionally, it respects user privacy, improving the overall experience in practicing physical activities.

Keywords: physical activity, sedentary lifestyle, health, blockchain, gamification, quality of life.

Fecha recepción: 26-03-24. Fecha de aceptación: 13-09-24

Juan Lopez-Barreiro
juan.lopez.barreiro@uvigo.es

Introducción

El sedentarismo y los malos hábitos alimenticios son problemas graves en el mundo occidental, tanto en población joven como en adultos (Alarcón et al., 2023; Park et al., 2020), contribuyendo a enfermedades no transmisibles (Aune et al., 2017; World Health Organization, 2003), que representan el 74% de las muertes globales (World Health Organization, 2023). Estas enfermedades, exacerbadas por la inactividad física, se consideran la pandemia de la salud pública del siglo XXI, incurriendo en significativos costes económicos (Bueno-Antequera & Munguía-Izquierdo, 2023).

Además de esto, en la actualidad, la mayoría de las muertes y enfermedades se podrían evitar llevando un estilo de vida saludable (Bull et al., 2020). La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos enfatiza la promoción de estilos de vida saludables. Esto incluye una nutrición adecuada y la práctica de actividad física (AF), tanto para mejorar los niveles de calidad de vida en etapas tempranas como para mantener y mejorar esos niveles a lo largo

de la vida, enfatizando su necesidad en los adultos mayores (Heredia et al., 2021). Sin embargo, la baja adherencia a planes nutricionales y de AF persiste como un desafío (López-Barreiro et al., 2023b). Es imperativo enseñar y difundir hábitos saludables durante toda la vida para inculcar comportamientos beneficiosos persistentes (Owen & Çelik, 2018). Estas actuaciones podrían ser parte de la prevención primaria de enfermedades cardiovasculares o asociadas a la obesidad y malos hábitos.

Para conseguir este hito, la gamificación se ha mostrado como una estrategia efectiva. La gamificación consiste en la utilización elementos de juego, como pueden ser las insignias, las recompensas, las tablas de clasificación... en contextos no lúdicos (Gómez-Díaz & García-Rodríguez, 2018). Se ha popularizado en aplicaciones de salud y fitness, incorporando insignias, puntos, tablas de clasificación y desafíos para motivar a los usuarios (Ferrer et al., 2024). Hay evidencia creciente de su eficacia en el ámbito de la salud (Miller et al., 2016). Sin embargo, se necesita más investigación para explorar su potencial en inducir cambios de comportamiento significativos y duraderos (Miller et al.,

2016). Por lo tanto, es crucial diseñar retos que sean apropiados y beneficien la salud del individuo, considerando sus características únicas (López-Barreiro et al., 2023b).

Además del ámbito de la promoción de las prácticas saludables, las estrategias de gamificación han sido introducidas en otros ámbitos con resultados positivos, utilizando, por ejemplo, los juegos para mejorar los procesos de aprendizaje en niños (Çakto & Akin, 2024).

Existen en la actualidad propuestas de gamificación para la promoción de hábitos saludables como la presentada en Escobosa et al. (2024), que propuso un entorno de gamificación para promover los hábitos saludables entre 255 estudiantes universitarios de la asignatura “Educación Física en la educación primaria” durante la pandemia, obteniendo resultados satisfactorios gracias a los procesos de gamificación y el aprendizaje cooperativo. En este caso, el fomento de la participación se incentivaba por medio de recompensas que recibían los usuarios por realizar ciertos retos a través de las plataformas específicas.

En este ámbito de la gamificación cobra gran valor una tecnología emergente, la denominada tecnología blockchain. Por sus características particulares, permite generar un entorno facilitador para la integración de los elementos mencionados anteriormente para motivar a las personas a adquirir unos hábitos de vida saludables. Por su naturaleza, la tecnología blockchain se caracteriza por la descentralización, trazabilidad, fiabilidad, transparencia, código abierto, autonomía, inmutabilidad, anonimidad (Lin & Liao, 2017) e interoperabilidad (Schulte et al., 2019). Estas características favorecen la provisión de estrategias que permiten potenciar los modelos de gamificación.

La tecnología blockchain se basa en una estructura P2P en la que los nodos colaboran para garantizar la integridad y disponibilidad de los datos sin servidores centrales (Lin & Liao, 2017). Esto elimina la necesidad de un tercero de confianza, asegurando que la información no pueda ser manipulada. Adicionalmente, esta tecnología ofrece soporte a técnicas adicionales como los smart contracts, programas inalterables una vez desplegados en la red (Szabo, 1997).

La gamificación se beneficia de estas características y del uso de eventos en las redes blockchain. Los eventos son registros en bloques de datos asociados a temas específicos sin coste computacional asociado para su generación, facilitando notificaciones no repudiables sobre sucesos internos a todos los usuarios de la red. Estas notificaciones permiten ofrecer servicios para mejorar las características de gamificación. La emisión de estos eventos constituye un mecanismo eficiente para la notificación de circunstancias que ocurren en la red, informando a todos los usuarios de manera sencilla.

Este nuevo paradigma de datos descentralizados es ideal para soluciones finales con enfoques no convencionales, utilizando aplicaciones descentralizadas (dApps). Estas dApps se alojan en redes P2P, utilizando blockchain como *backend* para datos y lógica, basándose en reglas codificadas como smart contracts (Cai et al., 2018; Pop et al., 2020). Esta tecnología se ha extendido a entornos más allá del conocido

de las criptomonedas a áreas como la gestión de procesos de negocio, anti-falsificación, cadenas de suministros, o cuidado de la salud (Li et al., 2019). Esto ha generado la necesidad de interoperabilidad entre blockchains y protocolos para transferencias de activos e interacciones de smart contracts, permitiendo la participación sencilla de diversos entes o empresas en la red.

Actualmente, las propuestas de uso de blockchain en AF, deporte y envejecimiento activo están en una etapa inmadura, sin aprovechar completamente utilidades como smart contracts, dApps y gamificación (López-Barreiro et al., 2022). Sin embargo, hay iniciativas que buscan mejorar la calidad de vida utilizando algunas de estas características. Alsalamah et al. (2021) propusieron una plataforma blockchain que recompensa la práctica de AF con su propia criptomoneda. Jamil et al. (2021a) y Jamil et al. (2021b) asignaron programas de entrenamiento y dieta a los usuarios utilizando blockchain para garantizar la seguridad de los datos. En Mulyati et al. (2020) desarrollaron un modelo de almacenamiento de datos para el registro de puntuaciones en Taekwondo. Aunque estas propuestas utilizan blockchain, no se aprovechan completamente de sus características especiales y no se han probado en entornos reales. Por otro lado, existen aplicaciones que implementan la gamificación de manera tradicional sin usar blockchain, como Hoevenaars et al. (2021), que desarrolló una aplicación para promover hábitos saludables en personas en silla de ruedas, Cameron et al. (2019), que evaluó un chatbot para mejorar la salud mental, y Fuentes et al. (2024), que desarrollaron un entorno de gamificación utilizando realidad virtual para facilitar la práctica de ejercicio físico

Este trabajo se centra en desarrollar una herramienta que permita implementar y probar un modelo de gamificación basado en la tecnología blockchain. El objetivo es investigar su funcionalidad y viabilidad para fomentar hábitos saludables en la población. Esto se realizará a través de una dApp que se enfoca en un reto específico de AF.

Método

El sistema propuesto consiste en un entorno de gamificación basado en el uso de retos como modo de estimulación a los usuarios. Estos retos se componen de acciones concretas y mensurables para actividades físicas, mentales, nutricionales o de sueño, definidas en términos de frecuencia y duración, destinadas a promover la mejora holística de la salud de las personas en función de sus necesidades y características (López-Barreiro et al., 2023a).

El reto denominado *Planking* se utiliza para realizar el pilotaje y validación de un prototipo. Consiste en realizar una plancha abdominal sostenida en el tiempo, imitando la postura del *prone plank test* como se describe en Durall et al. (2012). Los usuarios inician sesión en la aplicación, adoptan la postura requerida y usan un cronómetro para medir la duración del ejercicio. Cuando pierden la postura correcta, detienen el cronómetro y registran el tiempo. Al confirmar el dato, reciben un mensaje de motivación. Completar cada

acción del reto y lograr el reto global (15 días seguidos) les recompensa con *Fungible Tokens*, una criptomoneda de la plataforma *Sepolia* en el presente caso. La figura 1 muestra a un usuario probando la aplicación con un cronómetro y un panel de motivación.



Figura 1. Usuario testeando la dApp realizando correctamente la plancha abdominal

En este reto, los usuarios registran el tiempo que mantienen cada plancha abdominal usando una dApp para fomentar este hábito saludable. Se seleccionó un grupo de 47 personas sanas (36 hombres y 11 mujeres) de $21,5 \pm 2,3$ años. La dApp verifica el cumplimiento de las condiciones y asigna recompensas automáticamente para reforzar el hábito. Se integra un smart contract que verifica el cumplimiento del reto y asigna 0,01 tokens como recompensa. Los usuarios también reciben correos electrónicos motivacionales descritos en López-Barreiro et al. (2023a) y pueden ver su progreso y el de otros para fomentar la competencia saludable. Esta aplicación, para validar su funcionamiento, es sometida a un test que verificará su usabilidad como prototipo.

Arquitectura del sistema

Se propone un modelo donde los usuarios interactúan con una dApp para acceder a las funcionalidades descritas (figura 2).

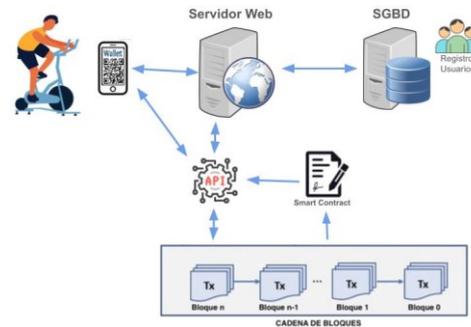


Figura 2. Representación de la arquitectura del sistema

El usuario se conecta a un servidor que aloja una aplicación con interfaz web para interactuar con el sistema y la red de blockchain. Un Sistema Gestor de Bases de Datos maneja el acceso y modificación de datos sensibles del usuario. El sistema soporta una red blockchain abierta, en este caso, la red de pruebas Sepolia, basada en el protocolo Ethereum, usada para registrar datos de actividades de los usuarios de forma anónima.

La figura 3 muestra una secuencia de interacción típica en el sistema. El usuario inicia sesión (punto 1 de la figura 3), introduce sus credenciales, entra en el reto utilizado para testear el prototipo (punto 2 de la figura 3) y registra acciones del reto *Planking* en la blockchain (punto 5 de la figura 3). Esto implica la invocación de smart contracts para emitir eventos, registrar operaciones y verificar el estado del reto.

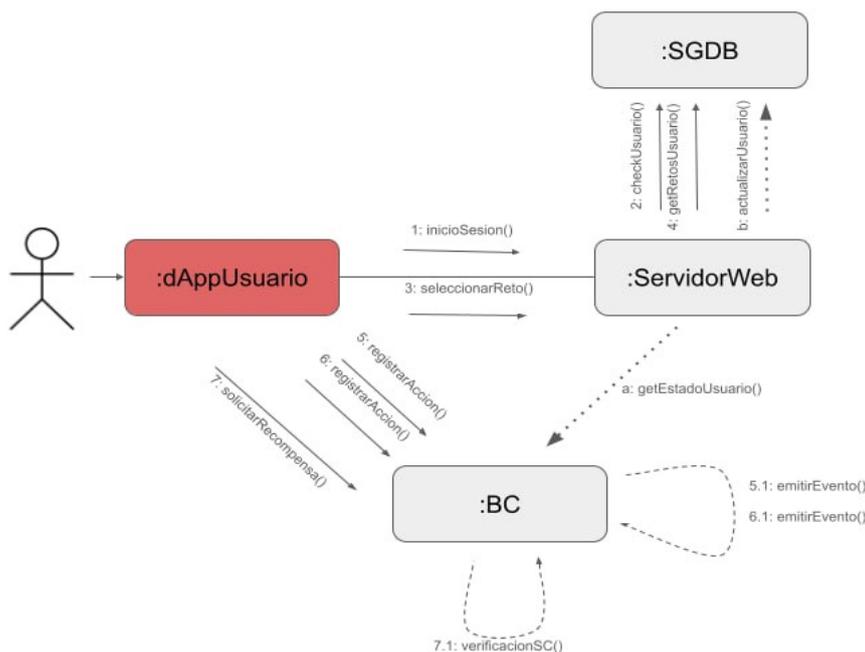


Figura 3. Representación de las interacciones del sistema

Modelo de datos

El sistema almacena un perfil detallado del usuario. Entre otras finalidades, estos datos permiten valorar la pertinencia del reto, *Planking* en el caso de este piloto, al usuario en particular. Este perfil se obtiene a través de cuestionarios estandarizados que recopilan información sociodemográfica, física y de disponibilidad del usuario. Además, se evalúan aspectos relacionados con la calidad de vida, la alimentación y el sueño del usuario. Este modelo de caracterización ha sido presentado previamente en el trabajo de López-Barreiro et al. (2023b).

La información sensible del usuario se almacena en una base de datos convencional. Esto permite que el usuario pueda actualizar y eliminar su información según lo desee. Esta funcionalidad no sería posible en una red tipo blockchain ya que la información no puede alterarse ni eliminarse una vez almacenada. De este modo, se da cumplimiento al Reglamento General de Protección de Datos vigente en España en el momento de llevar a cabo este pilotaje. El sistema posee una estructura híbrida ya que incluye un Sistema Gestor de Bases de Datos actualizable y la red inmutable de Blockchain de Ethereum (figura 2).

Por otro lado, es necesario destacar que los retos se componen de acciones que son monitorizadas y auditadas para determinar su cumplimiento. Estas acciones son las que permiten verificar el cumplimiento o no del reto. En base a esto, se asignan recompensas y, como resultado, se promueven los hábitos saludables que son el objetivo último. Un ejemplo de reto sería “Comer al menos tres piezas de fruta diarias”, donde el usuario debe registrar esta acción tres veces al día para obtener recompensas. Esta es la información que se almacena en la red blockchain mediante las

llamadas a los smart contracts como se puede ver en los puntos 5.1, 6.1 y 7.1 de la figura 3 para poder asegurar su inmutabilidad, transparencia y trazabilidad sin necesidad de un tercero que lo valide.

Registro de acciones en el sistema

El prototipo desarrollado utiliza los recursos propios de la red de blockchain para registrar de manera eficiente las acciones correspondientes a cada reto. En este sentido, cuando se produce una acción específica en el mundo real relacionada con un reto, se invoca la función preestablecida en el smart contract asociado en la red Ethereum.

Almacenamiento de datos en la blockchain

Para llevar a cabo el almacenamiento propiamente dicho de los datos en la red descentralizada de datos que constituye blockchain, fue necesario definir una estructura propia. Mediante la invocación del smart contract se desencadenan una serie de acciones. La primera de ellas es la generación un evento en la red, que constituye una notificación que deja constancia del identificador del monedero o *wallet* del usuario y detalles de la acción dentro del marco del reto. Adicionalmente, una vez verificadas las condiciones, el smart contract envía la recompensa correspondiente y marca las acciones como ya recompensadas para evitar pagos duplicados.

Envío de mensajes al usuario

En el reto que nos ocupa en este prototipo, el de *Planking* se establecieron los siguientes mensajes como relevantes según el modelo presentado en López-Barreiro et al. (2023a) (tabla 1).

Tabla 1.
Mensajes que recibirá el usuario en cada condición concreta

Condición a cumplirse	Texto del mensaje	Tipo de mensaje
Un día sin registrar acciones del reto	“La práctica de AF mejora tu salud física y mental”	Genérico gain framed
Tres días sin registrar acciones del reto	“No realizar tus sesiones de entrenamiento de fuerza empeorará tu salud”	Específico loss framed
Primer día registrando acciones	“¡Ánimo! Has completado tu entrenamiento diario, sigue así para mejorar tu calidad de vida”	A medida gain framed
Una semana completa registrando acciones	“¡Sigue así, [nombre del usuario]! Has completado la mitad de este reto, continúa así para mejorar el control de tu equilibrio”	Personalizado gain framed
15 días consecutivos registrando acciones	“¡Gran trabajo, [nombre del usuario]! Has completado este reto, sigue así, estás reduciendo la probabilidad de padecer dolor lumbar”	A medida y personalizado gain framed

En el prototipo desarrollado, un smart contract emite eventos en la red blockchain, que son capturados por un agente asíncrono. Este agente analiza los eventos y envía mensajes automáticos a los usuarios, combinando información de los eventos y del Sistema Gestor de Bases de Datos. Los mensajes se envían a través de email, incluso a usuarios sin registro de acciones, como estrategia para mejorar su compromiso con la solución.

Interfaz de usuario

El usuario accede a una interfaz *web*, mostrada en la figura 4, que incluye una página de registro de acción y una página de confirmación. Tras iniciar sesión, el usuario puede acceder a las funcionalidades del sistema usando cualquier dispositivo con navegador.

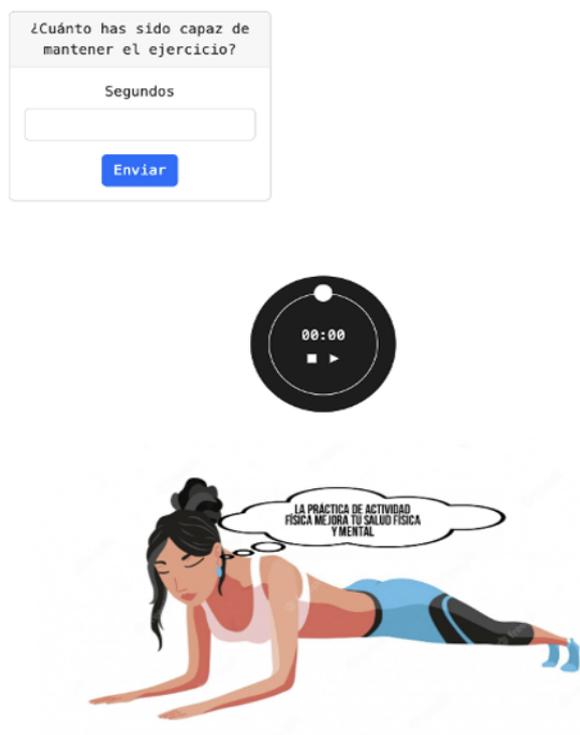


Figura 4. Interfaz de usuario para el registro de acciones y asignación de recompensas del reto Planking

Tabla 2.

Interpretación del Alpha de Cronbach

Alpha de Cronbach	Consistencia interna
$0,9 \leq \alpha$	Excelente
$0,8 \leq \alpha < 0,9$	Buena
$0,7 \leq \alpha < 0,8$	Aceptable
$0,6 \leq \alpha < 0,7$	Cuestionable
$0,5 \leq \alpha < 0,6$	Pobre
$\alpha < 0,5$	Inaceptable

Evaluación de la usabilidad del sistema

Para evaluar la usabilidad del sistema se realizó un estudio pre-experimental utilizando una muestra de conveniencia en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte en la Universidad de Vigo. Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad de Vigo (código: 09-181223) y se llevó a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki (versión 2013). Se presentó este prototipo a 47 usuarios (36 hombres y 11 mujeres), con una edad de $21,5 \pm 2,3$ años (promedio \pm DT).

Todos estos usuarios participaron en la evaluación del modelo usando la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS). Se trata de un cuestionario de 10 ítems desarrollado por Brooke (1996), útil para evaluar la usabilidad de dispositivos y sistemas, incluyendo aplicaciones de salud para smartphones (Zapata et al., 2015).

Las preguntas se califican en una escala Likert de 5 puntos. La puntuación SUS se calcula sumando las puntuaciones de los ítems impares, restando 5 a las puntuaciones de los ítems pares; y finalmente, multiplicando el resultado

¡Tu registro ha sido guardado correctamente!

¡Recompensa solicitada!



¡Estás mejorando tu salud!

¡Sigue así!

por 2,5. Esto da como resultado una puntuación que oscila entre 0 y 100. Se considera que una puntuación superior a 68 es superior a la media, además, Bangor et al., (2009) indican que con una puntuación superior a 70 puntos se considera una aplicación aceptable. A los resultados obtenidos de la SUS se le aplicó el Alpha de Cronbach, interpretada como se indica en la tabla 2.

Resultados

La herramienta, que ha sido desplegada en la red de pruebas de Sepolia, permite a los usuarios seleccionar y registrar el progreso en un reto particular orientado a hacer planchas abdominales. Mediante el uso de smart contracts se verifica automáticamente el progreso de los usuarios y se otorgan recompensas mediante token propios de la red en la que se alojó el piloto. Los usuarios pueden consultar esta información tanto en la plataforma como a través de herramientas externas, como Metamask. La efectividad de la herramienta fue evaluada por un total de 47 usuarios finales, quienes la evaluaron utilizando la SUS (Brooke, 1996). Los resultados obtenidos de esta evaluación se muestran en la tabla 3, junto con el texto indicado en cada ítem del cuestionario. En esta tabla se muestran los promedios, desviaciones típicas y medianas de las respuestas al cuestionario del SUS obtenidas de los 47 participantes. Las puntuaciones se presentan en la tabla 3, donde las respuestas pares ya han sido adaptadas para homogeneizar el cálculo total sobre 100 puntos como se indica en la sección anterior.

Tabla 3.

Principales estadísticas de las respuestas al cuestionario del SUS

	Texto de cada ítem	Media	DT	Mediana
P1	Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia.	2,91	0,69	3
P2	El sistema me pareció innecesariamente complejo.	3,19	0,82	3
P3	Creo que el sistema es fácil de usar.	3,06	0,79	3
P4	Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este sistema.	2,98	0,85	3
P5	Creo que las distintas funciones del sistema están bien integradas.	3,21	0,69	3
P6	Creo que hay demasiadas incoherencias en el sistema.	3,45	0,69	4
P7	Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a utilizar este sistema muy rápidamente.	2,83	0,82	3
P8	El sistema me pareció muy engorroso de utilizar.	3,49	0,59	4
P9	Me sentí muy seguro utilizando el sistema.	3,09	0,69	3
P10	Tuve que aprender muchas cosas antes de empezar a utilizar este sistema.	3,04	0,78	3

En la figura 5, se puede observar gráficamente el resultado de la evaluación del entorno propuesto por los 47 participantes en el estudio.

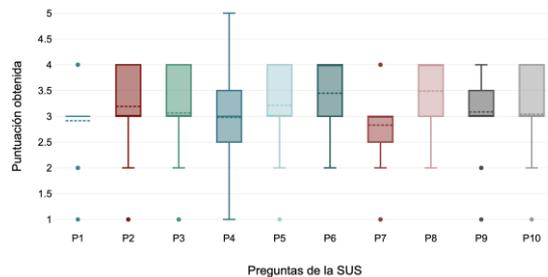


Figura 5. Diagrama de caja de las respuestas al cuestionario del SUS

Las valoraciones de los usuarios para la herramienta se agruparon según categorías definidas por Bangor et al. (2009). Como se muestra en la tabla 4, dos usuarios la calificaron como “Pobre” (4,3%), seis como “Ok” (12,8%), 22 como “Buena” (46,8%), cuatro como “Excelente” (8,5%) y 13 como “Mejor imaginable” (27,7%). Nadie la valoró como “Peor imaginable”. En promedio, la herramienta obtuvo $78,09 \pm 10,63$ puntos en la SUS, con un máximo de 97,5 y un mínimo de 47,5, situándola en la categoría “Buena”, y como se indica anteriormente, una puntuación superior a 70 puntos, lo que indica que es una aplicación aceptable. El test Alpha de Cronbach mostró una consistencia interna aceptable con un valor de 0,77, lo que, según lo mostrado en la Tabla 2, la convierte en aceptable. Valores superiores a 0,95 indican redundancia en el test (Tavakol & Dennick, 2011).

Tabla 4.

Estadística descriptiva de la SUS

Categoría	Contador	Puntuación promedio de la SUS	Desviación estándar
Peor imaginable	0	-	-
Pobre	2	47,50	0
Ok	6	65,00	5,70
Buena	22	77,04	2,49
Excelente	4	82,50	0
Mejor imaginable	13	89,23	4,94

Discusión

Las ventajas derivadas de la gamificación se obtienen fundamentalmente de las características específicas de las redes blockchain, que permiten monitorizar y trazar las ac-

tividades de un modo confiable. los usuarios son incentivados a participar en las actividades propuestas a través de un contacto directo y personal, utilizando mensajes basados en el modelo presentado en la tabla 1, y mediante recompensas asignadas automáticamente por la red blockchain. Los contratos inteligentes verifican automáticamente el progreso de los usuarios, asignan puntuaciones, clasifican y recompensan (Zichermann & Cunningham, 2011). Además, se introduce un modelo que organiza la entrega de diferentes tipos de mensajes (genéricos, específicos, personalizados y a medida, tanto centrados en beneficios como en perjuicios) para mantener el contacto con el usuario y fomentar su participación (López-Barreiro et al., 2023a).

Al comparar nuestra propuesta con otras similares, Al-salamah et al. (2021) promueven hábitos saludables recompensando con criptomonedas, aunque su desarrollo tecnológico es bajo, siendo solo una prueba de concepto en laboratorio. En cambio, nuestra propuesta incentiva la adherencia a retos saludables mediante una interfaz amigable, recompensando a los usuarios con tokens/criptomonedas y mensajes motivadores. Además, cumple con el Reglamento General de Protección de Datos, ya que la información sensible se almacena fuera de la blockchain.

Las propuestas de Jamil et al. (2021a) y Jamil et al. (2021b) asignan programas de entrenamiento y dieta a los usuarios, utilizando blockchain solo para garantizar la seguridad e integridad a los datos. A diferencia de estas, nuestra propuesta crea un entorno de gamificación completo con recompensas en forma de tokens/criptomonedas, mensajes motivadores y una interfaz altamente usable.

Por otro lado, Mulyati et al. (2020) desarrollaron un modelo de almacenamiento de datos para Taekwondo, utilizando blockchain por su transparencia e inmutabilidad, pero sin implementar servicios propios de blockchain. En nuestro caso, hemos creado un sistema híbrido que aprovecha estas características para fomentar hábitos saludables.

Existen otras propuestas como en Hoevenaars et al. (2021), Cameron et al. (2019) y Fuentes et al. (2024), que implementaron soluciones de gamificación con modelos de almacenamiento tradicionales sin utilización de blockchain para fomentar hábitos saludables, mejorar la salud mental y parámetros fisiológicos respectivamente.

En el trabajo de Hoevenaars et al. (2021) desarrollaron una aplicación móvil para fomentar los hábitos saludables en personas con sillas de ruedas, obteniendo puntuaciones en el SUS de 58,6 puntos con 14 usuarios. Una puntuación de

usabilidad considerada como “Ok” por Bangor et al. (2009), frente a la “Buena” obtenida en nuestra propuesta, utilizando más del triple de participantes.

En Cameron et al. (2019) desarrollaron un *chatbot* para la mejora de la salud mental, consiguiendo una puntuación en el SUS de 88,2 con siete usuarios. Nuestra propuesta, evaluada por 47 usuarios, obtuvo una puntuación media de 78,09, considerada “Buena” frente a la suya, considerada como “Mejor imaginable”.

En Fuentes et al. (2024), desarrollaron un entorno de gamificación por medio de un *exergame* utilizando realidad virtual para facilitar la práctica de ejercicio físico, obteniendo 76,6 puntos en la SUS con 37 sujetos. Estos resultados van en elevada consonancia con los que se obtuvieron en el presente trabajo con una muestra similar.

Conclusiones

Las sociedades modernas se enfrentan a significativos desafíos de salud debido a la prevalencia de hábitos no saludables. Para abordar esta problemática, hemos desarrollado una plataforma innovadora que emplea estrategias de gamificación para promover hábitos saludables entre los usuarios.

Las tecnologías emergentes, como blockchain, son fundamentales para nuestra solución. El modelo de blockchain permite el seguimiento de registros de manera segura y confiable sin necesidad de intermediarios. Hemos desarrollado un prototipo de aplicación que interactúa con la red blockchain para asignar recompensas a los usuarios al completar retos de salud. Aunque nuestra plataforma aún se encuentra en fase de desarrollo, ha demostrado ser altamente usable.

Además, hemos aprovechado las características inherentes de la tecnología blockchain para garantizar la transparencia y la trazabilidad de la información. Es importante destacar que hemos cumplido rigurosamente con las normativas legales vigentes, como el Reglamento General de Protección de Datos.

Limitaciones y trabajo futuro

Este estudio ha sido enfocado en individuos saludables que buscan optimizar sus hábitos de salud. No obstante, investigaciones futuras podrían ampliar este enfoque para incluir a individuos con necesidades de salud específicas, así como a atletas de alto rendimiento.

Para la validación de este prototipo, se ha llevado a cabo una prueba unitaria utilizando el reto mencionado. La plataforma desarrollada posee un enfoque integral que facilita la promoción de la salud mediante la recomendación de retos saludables, basándose en una caracterización exhaustiva del usuario y en el seguimiento de su adherencia a estos retos.

Para mejorar la experiencia del usuario, sería beneficioso incorporar oráculos que registren los eventos de los desafíos de una manera externa y mínimamente invasiva. Es

fundamental que estas soluciones sean holísticas, permitiendo una integración plena en la vida digital de los usuarios y mejorando su compromiso con la plataforma.

Es crucial considerar que la tecnología blockchain se encuentra en una etapa de desarrollo y su lógica operativa difiere significativamente de las aplicaciones tradicionales basadas en el modelo cliente-servidor. Por ende, se deben tomar en cuenta las particularidades de este nuevo paradigma al desarrollar smart contracts y al utilizar el ecosistema de herramientas proporcionadas por blockchain.

Referencias

- Alarcón, C. C., Riquelme, K. G., Sáez, C. J., Hernández, C. R. A., & Vilagrón, G. A. F. (2023). Efecto producido por la actividad e inactividad física durante el Covid-19 según estudiantes de Pedagogía en Educación Física. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (49), 126-134. <https://doi.org/10.47197/retos.v49.96754>
- Alsalamah, H., Nasser, S., Alsalamah, S., Almohana, A., Alanazi, A., & Alrrshaid, F. (2021). Wholesome coin: a pHealth solution to reduce high obesity rates in gulf cooperation council countries using cryptocurrency. *Frontiers in Blockchain*, 4, 654539. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2021.654539>
- Aune, D., Giovannucci, E., Boffetta, P., Fadnes, L. T., Keum, N., Norat, T., Greenwood, D. C., Riboli, E., Vatten, L. J., & Tonstad, S. (2017). Fruit and vegetable intake and the risk of cardiovascular disease, total cancer and all-cause mortality—A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *International journal of epidemiology*, 46(3), 1029-1056. <https://doi.org/10.1093/ije/dyw319>
- Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of usability studies*, 4(3), 114-123.
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194), 4-7.
- Bueno-Antequera, J., & Munguía-Izquierdo, D. (2023). Physical Inactivity, Sedentarism, and Low Fitness: A Worldwide Pandemic for Public Health. En N. Razaeei (Ed.), *Integrated Science of Global Epidemics* (pp. 429-447). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17778-1_19
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J.-P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., Lambert, E., Leitzmann, M., Milotn, K., Ortega, F. B., Ranasinghe C., Stamatakis, E., Tiedemann, A., Troiano, R. P., van der Ploeg, H. P., Wari, V., & Willumsen J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British journal of sports medicine*, 54(24), 1451-1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>

- Cai, W., Wang, Z., Ernst, J. B., Hong, Z., Feng, C., & Leung, V. C. (2018). Decentralized applications: The blockchain-empowered software system. *IEEE Access*, 6, 53019-53033. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2870644>
- Çakto, P., & Akin, S. (2024). The effect of the situated game teaching model through set-plays on motor development. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (57), 64-71. <https://doi.org/10.47197/retos.v57.104840>
- Cameron, G., Cameron, D., Megaw, G., Bond, R., Mulvenna, M., O'Neill, S., Armour, C., & McTear, M. (2019). *Assessing the usability of a chatbot for mental health care*. 121-132. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17705-8_11
- Durall, C. J., Greene, P. F., & Kernozek, T. W. (2012). A comparison of two isometric tests of trunk flexor endurance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(7), 1939-1944. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318237ea1c>
- Escobosa Morera, G., Carbonero Sánchez, L., Escriu Mateu, S., & Prat Grau, M. (2024). Fitcoin Race: Una propuesta de gamificación para trabajar los hábitos saludables en la formación inicial del profesorado. *Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación*, 51, 1234-1244. <https://doi.org/10.47197/retos.v51.98807>
- Ferrer, J. M. R., León, A. M., Tadeu, P., Sánchez, R. C., & Parra, J. M. A. (2024). Gamification to Engage Healthy Habits in Socially Deprived Secondary School Students. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (53), 539-546. <https://doi.org/10.47197/retos.v53.102849>
- Fuentes, G. R., Prieto, P. C., Otero, J. C. S., & Carral, J. M. C. (2024). Immersive virtual reality and its influence on physiological parameters in healthy people. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (51), 615-625. <https://doi.org/10.47197/retos.v51.101164>
- Gómez-Díaz, R., & García-Rodríguez, A. (2018). Bibliotecas, juegos y gamificación: Una tendencia de presente con mucho futuro. *Anuario ThinkEPI*, 12, 125-135. <https://doi.org/10.3145/thinkepi.2018.13>
- Heredia, N. M., Rodríguez, E. S., & García, A. M. R. (2021). Beneficios de la actividad física para la promoción de un envejecimiento activo en personas mayores: Revisión bibliográfica. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (39), 829-834. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.74537>
- Hoevenaars, D., Holla, J., te Loo, L., Koedijker, J., Dankers, S., Houdijk, H., Visser, B., Janssen, T., de Groot, S., & Deutekom, M. (2021). Mobile app (WHEELS) to promote a healthy lifestyle in wheelchair users with spinal cord injury or lower limb amputation: Usability and feasibility study. *JMIR formative research*, 5(8), e24909. <https://doi.org/10.2196/24909>
- Jamil, F., Kahng, H. K., Kim, S., & Kim, D.-H. (2021a). Towards Secure Fitness Framework Based on IoT-Enabled Blockchain Network Integrated with Machine Learning Algorithms. *Sensors*, 21(5), 1640. <https://doi.org/10.3390/s21051640>
- Jamil, F., Qayyum, F., Alhelaly, S., Javed, F., & Muthanna, A. (2021b). Intelligent microservice based on blockchain for healthcare applications. *CMC-Comput. Mater. Contin*, 69, 2513-2530. <https://doi.org/10.32604/cmc.2021.018809>
- Li, M., Xia, L., & Seneviratne, O. (2019). *Leveraging standards based ontological concepts in distributed ledgers: A healthcare smart contract example*. 152-157. IEEE. <https://doi.org/10.1109/DAPPCON.2019.00029>
- Lin, I.-C., & Liao, T.-C. (2017). A survey of blockchain security issues and challenges. *Int. J. Netw. Secur.*, 19(5), 653-659. [https://doi.org/10.6633/IJNS.201709.19\(5\).01](https://doi.org/10.6633/IJNS.201709.19(5).01)
- Lopez-Barreiro, J., Alvarez-Sabucedo, L., Garcia-Soidan, J. L., & Santos-Gago, J. M. (2022). Use of Blockchain Technology in the Domain of Physical Exercise, Physical Activity, Sport, and Active Ageing: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), 8129. <https://doi.org/10.3390/ijerph19138129>
- Lopez-Barreiro, J., Alvarez-Sabucedo, L., Garcia-Soidan, J.-L., & Santos-Gago, J. M. (2023a). Creation of a Holistic Platform for Health Boosting Using a Blockchain-Based Approach: Development Study. *Interact J Med Res*, 12, e44135. <https://doi.org/10.2196/44135>
- Lopez-Barreiro, J., Garcia-Soidan, J. L., Alvarez-Sabucedo, L., & Santos-Gago, J. M. (2023b). Practical approach to designing and implementing a recommendation system for healthy challenges. *Applied Sciences*, 13(17), 9782. <https://doi.org/10.3390/app13179782>
- Miller, A. S., Cafazzo, J. A., & Seto, E. (2016). A game plan: Gamification design principles in mHealth applications for chronic disease management. *Health informatics journal*, 22(2), 184-193. <https://doi.org/10.1177/1460458214537511>
- Mulyati, U., Rahardja, M., Hardini, A. L. Al Nasir, & Q. Aini. (2020). Taekwondo Sports Test and Training Data Management Using Blockchain. *2020 Fifth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICIC50835.2020.9288598>
- Owen, F. K., & Çelik, N. D. (2018). Lifelong Healthy Lifestyle and Wellness. *Current Approaches in Psychiatry/Psikiyatride Guncel Yaklasimlar*, 10(4) 440-453. <https://doi.org/10.18863/pgy.364108>
- Park, J. H., Moon, J. H., Kim, H. J., Kong, M. H., & Oh, Y. H. (2020). Sedentary lifestyle: Overview of updated evidence of potential health risks. *Korean journal of family medicine*, 41(6), 365. <https://doi.org/10.4082/kjfm.20.0165>
- Pop, C., Cioara, T., Anghel, I., Antal, M., & Salomie, I. (2020). Blockchain based decentralized applications: Technology review and development guidelines. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2003.07131>

- Schulte, S., Sigwart, M., Frauenthaler, P., & Borkowski, M. (2019). *Towards blockchain interoperability*. 3-10. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30429-4_1
- Szabo, N. (1997). Formalizing and securing relationships on public networks. *First monday*, 2(9). <https://doi.org/10.5210/fm.v2i9.548>
- Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International journal of medical education*, 2, 53. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>
- World Health Organization. (2003). *Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases: Report of a joint WHO/FAO expert consultation* (Vol. 916). World Health Organization.
- World Health Organization. (2023). *World health statistics 2023: Monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals*. World Health Organization.
- Zapata, B. C., Fernández-Alemán, J. L., Idri, A., & Toval, A. (2015). Empirical studies on usability of mHealth apps: A systematic literature review. *Journal of medical systems*, 39, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s10916-014-0182-2>
- Zichermann, G., & Cunningham, C. (2011). *Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps*. O'Reilly Media, Inc.

Datos de los/as autores/as:

Juan Lopez-Barreiro	juan.lopez.barreiro@uvigo.es	Autor/a
Jose-Luis Garcia-Soidan	jlsoidan@uvigo.es	Autor/a
Luis-Modesto Alvarez-Sabucedo	lsabucedo@det.uvigo.es	Autor/a
Juan-Manuel Santos-Gago	jsgago@det.uvigo.es	Autor/a