

WP4-A2. Refinado de la herramienta de e-learning.



Esta obra está licenciada bajo una [Licencia Internacional Creative Commons
Atribución-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

"Financiado por la Unión Europea. Las opiniones y puntos de vista expresados solo comprometen a su(s) autor(es) y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea o los de la Agencia Ejecutiva Europea de Educación y Cultura (EACEA). Ni la Unión Europea ni la EACEA pueden ser considerados responsables de ellos."



Transilvania
University
of Brasov





Índice

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ENFOQUE DE REFINAMIENTO	4
2.1. Fuentes de retroalimentación	4
2.2. Criterios utilizados para priorizar mejoras	5
3. PRINCIPALES MEJORAS IMPLEMENTADAS.....	7
3.1. Ajustes pedagógicos y de diseño de juegos	7
3.2. Mejoras en UX/UI y recorrido del usuario	8
3.3. Correcciones técnicas de estabilidad y rendimiento	9
4. VALIDACIÓN BREVE DE LA VERSIÓN REFINADA.....	11
4.1. Resumen de pruebas a pequeña escala y reacciones de los usuarios	11
4.2. Limitaciones restantes y puntos abiertos para pilotos	12
5. CONCLUSIONES Y PRÓXIMOS PASOS	14

1. INTRODUCCIÓN

Este informe resume los hallazgos finales del WP4. R2: Versión refinada de la herramienta de e-learning RockChain. En el marco general del proyecto RockChain, esta actividad se basa directamente en la base de datos y la arquitectura de back-end entregada en WP4-A1 y se centra en convertir ese núcleo técnico en una herramienta de e-learning más robusta y utilizable. Al alinear el juego serio existente con los requisitos funcionales y pedagógicos del proyecto, la actividad garantiza que las sesiones multijugador, la dinámica del mercado y los eventos mineros apoyen eficazmente el aprendizaje sobre la gestión de residuos de roca ornamental y la economía circular en entornos piloto reales.

La tarea crucial de WP4-A2 consiste en perfeccionar el prototipo inicial de RockChain en una aplicación estable orientada al aprendizaje. En lugar de introducir una nueva arquitectura, esta actividad consolida y amplía trabajos previos al abordar simultáneamente necesidades pedagógicas, experiencia de usuario y estabilidad técnica. Este esfuerzo implica integrar funciones esenciales de aprendizaje, como el seguimiento del progreso y la retroalimentación educativa, al tiempo que agiliza el flujo general del juego, incluyendo inicio de sesión, salas de espera y transiciones de rondas, para facilitar la navegación a estudiantes adultos con habilidades digitales heterogéneas. Además, el comportamiento en tiempo de ejecución del sistema se ha reforzado para garantizar un funcionamiento consistente bajo condiciones realistas, resolviendo específicamente desafíos relacionados con la consistencia del temporizador, la gestión de reconexión y la sincronización entre el servidor autorizado y Firestore.

En este contexto, el informe deliberadamente no repite la descripción técnica completa de la capa de datos ya documentada en WP4-A1. En su lugar, ofrece un relato enfocado de cómo los componentes existentes del backend (base de datos Firestore (base de datos Firebase, Firebase Functions y servidor WebSocket en Google Cloud Run) han sido refinados y ampliados para funcionar como una herramienta integrada de e-learning. El documento detalla el enfoque iterativo y las fuentes de retroalimentación que guiaron estos cambios, las mejoras específicas implementadas a nivel pedagógico y técnico, y los resultados de una breve validación basada en pruebas a pequeña escala. Al hacerlo, WP4. A2 sirve de puente entre un backend listo para producción y la herramienta interactiva RockChain que será especificada, documentada y desplegada en futuras actividades de WP4 y en acciones piloto de WP5.

2. ENFOQUE DE REFINAMIENTO

WP4-A2 siguió un enfoque iterativo de refinamiento en lugar de un rediseño completo. Partiendo del backend listo para producción entregado en WP4-A1, el equipo ejecutó una secuencia de ciclos cortos en los que pequeños grupos de usuarios y revisores técnicos interactuaban con la herramienta RockChain, mientras los desarrolladores monitorizaban el comportamiento mediante registros y métricas. Cada ciclo producía un conjunto limitado de cambios concretos que se validaban inmediatamente en la siguiente ronda, con la restricción explícita de preservar el modelo de datos central y la arquitectura definidos en WP4. A1.

2.1. Fuentes de retroalimentación

Las mejoras implementadas en WP4. A2 se guió por cuatro canales principales de retroalimentación:

- Desarrollo interno y pruebas de integración: El equipo principal de desarrollo realizó sesiones repetidas de extremo a extremo (desde el inicio de sesión hasta el final del juego) en diferentes dispositivos y condiciones de red. Estas pruebas se centraron en identificar condiciones de carrera, inconsistencias en el temporizador, fallos de navegación y desincronización entre el servidor WebSocket y Firestore. Los hallazgos se complementaron con revisiones de código dirigidas de los contextos de gestión de estados y la lógica de manejo de sockets.
- Revisores técnicos externos: Además del equipo principal, el proyecto involucró a un pequeño grupo de desarrolladores pares con experiencia en aplicaciones en tiempo real y UX móvil. Estos revisores externos examinaron el uso de sockets, estrategias de reconexión, sincronización de cuenta atrás y la estructura de la pila de navegación, y sugirieron mejoras concretas como una gestión más robusta del ciclo de vida de los sockets, una separación más clara entre estado autoritativo y local, y simplificaciones en ciertos flujos de interfaz para usuarios no expertos.
- Formadores y aprendices adultos en sesiones iniciales tipo piloto: Se organizaron sesiones breves e informales con formadores y pequeños grupos de adultos similares al público objetivo de RockChain. Se pidió a los participantes que completaran rondas simplificadas de juego mientras los entrenadores observaban dónde los usuarios dudaban o se confundían (por ejemplo, durante la incorporación, unirse a una partida, entender la sala de espera, interpretar temporizadores o leer comentarios de mercado/minería). Sus comentarios y comportamientos observados aportaron información directa sobre la usabilidad, la claridad de los mensajes y la carga cognitiva.

- Registros técnicos y métricas de tiempo de ejecución: Tanto el cliente como el servidor autorizado estaban instrumentados con registros ligeros. Se recopilaban métricas en torno a la estabilidad de la conexión, eventos de reconexión, deriva del temporizador, eventos duplicados y condiciones de error. Estas señales objetivas ayudaban a confirmar o matizar la retroalimentación anecdótica y a priorizar los problemas que tenían mayor impacto en la estabilidad (por ejemplo, ocurrencias de cuentas atrás desincronizadas o cálculos repetidos de recompensa).

En conjunto, estas fuentes proporcionaron una visión equilibrada que combinaba experiencia a nivel de usuario (formadores y aprendices), solidez técnica (desarrolladores internos y externos) y evidencia en tiempo de ejecución (registros y métricas).

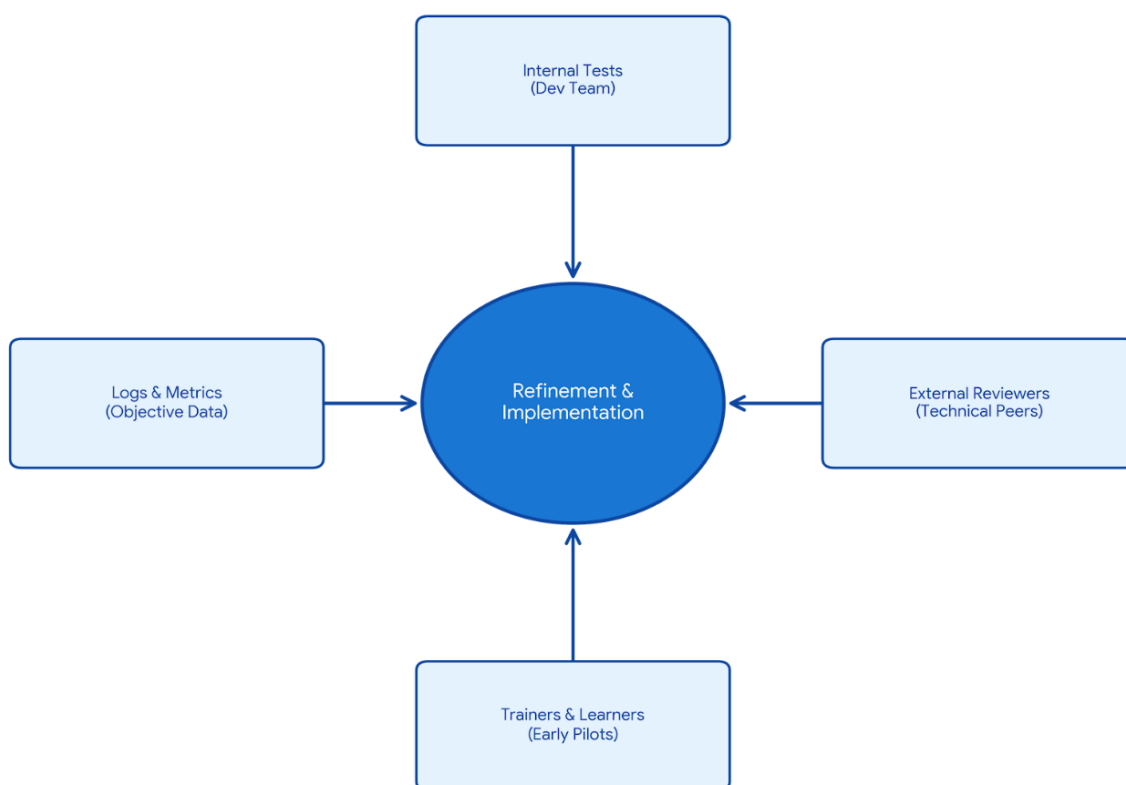


Figura 1: Fuentes de retroalimentación

2.2. Criterios utilizados para priorizar mejoras

Debido al tiempo y los recursos disponibles para WP4. A2 fueron limitados, no todos los hallazgos pudieron abordarse de inmediato. Por ello, el equipo aplicó un conjunto sencillo de criterios para priorizar qué mejoras implementar en esta actividad:

- Impacto en el aprendizaje y la facilitación: Los cambios que afectaron directamente a la capacidad de los formadores para dirigir una sesión o de los alumnos para entender qué hacer se trataron como una prioridad alta. Esto incluye transiciones de ronda más claras, mensajes de feedback más explícitos, una incorporación más fluida y una experiencia en la sala de espera más predecible.
- Estabilidad y riesgo en las sesiones piloto: Los problemas que podían romper una sesión de juego o alterar gravemente la sincronización (por ejemplo, inconsistencias en el temporizador, reconexión poco fiable de sockets, recompensas duplicadas) se abordaron antes de mejoras cosméticas o puramente estéticas. El objetivo era asegurar que los pilotos que se vieran en desarrollo no se vieran socavados por la inestabilidad técnica.
- Coste frente a beneficio de implementación: Se priorizaron las mejoras que ofrecían un beneficio claro con un esfuerzo de implementación relativamente bajo antes que cambios más intrusivos que requerirían grandes reescrituras de código o modificaciones en el esquema de Fideleow. Siempre que fue posible, se diseñaron mejoras para reutilizar las estructuras de datos y la arquitectura establecidas en WP4. A1.
- Alineación con las próximas actividades de WP4 y WP5: Se dio preferencia a mejoras que también apoyaran trabajos posteriores: definición de especificaciones funcionales y directrices, integración de análisis de aprendizaje y despliegue piloto de WP5. Por ejemplo, se priorizó añadir o consolidar colecciones y eventos de progreso del aprendizaje frente a los cambios puramente visuales porque fortalece tanto la evaluación pedagógica como la presentación de futuros informes.

Aplicar estos criterios aseguró que WP4. A2 produjo un conjunto de perfeccionamientos enfocados con un impacto tangible en la usabilidad del aprendizaje y la robustez técnica, manteniendo la herramienta compatible con el backend y el diseño de bases de datos ya establecido en la actividad anterior.

3. PRINCIPALES MEJORAS IMPLEMENTADAS

El trabajo de refinamiento en WP4. A2 no cambió el concepto central ni la arquitectura backend de RockChain tal como se define en WP4. A1. En cambio, se centró en cómo se comporta el juego, cómo se siente al usarlo y cómo claramente apoya los resultados de aprendizaje previstos en condiciones de entrenamiento realistas. Los principales cambios pueden agruparse en tres áreas.



Figura 2: Tres pilares del refinamiento

3.1. Ajustes pedagógicos y de diseño de juegos

Desde una perspectiva de aprendizaje, el objetivo era hacer que la intención detrás de cada elemento del juego fuera más fácil de entender y reforzar el vínculo entre las acciones en el juego y los conceptos de economía circular. Varios cambios contribuyen a esto:

- Objetivos más claros y estructura redonda. La información mostrada al inicio del juego y en cada ronda se ha refinado para que los alumnos sepan qué se espera que hagan (usar los recursos de forma eficiente, reducir desperdicios, prestar atención a industrias específicas) y cómo la estructura de las rondas apoya estos objetivos.
- Ritmo ajustado para adultos con habilidades digitales diversas. Se revisaron temporizadores de ronda, desafíos mineros y eventos del mercado para reducir

el estrés innecesario y mantener un sentido de competencia. Las duraciones y la frecuencia de los eventos se ajustaron para dar tiempo suficiente para leer, pensar y actuar.

- Vínculo más fuerte con la economía circular. Explicaciones breves y mensajes dentro del juego ahora enfatizan por qué ciertas acciones se recompensan (reciclaje, transformación de materiales, elección de industrias concretas), haciendo más explícita la conexión con la gestión real de residuos y la eficiencia de los recursos.
- Recompensas más transparentes y lógica al final de la ronda. Se ha aclarado cómo se calculan y presentan las industrias ganadoras y las bonificaciones, de modo que los resultados se sienten menos aleatorios y los alumnos pueden comprender mejor las consecuencias de sus decisiones.

En conjunto, estos ajustes afinan RockChain como una actividad de aprendizaje estructurada, no solo como un juego competitivo.

3.2. Mejoras en UX/UI y recorrido del usuario

El segundo grupo de refinamientos se centra en el recorrido del usuario a través de pantallas y fases, con el objetivo de reducir la fricción y disminuir la necesidad de intervención constante del facilitador, especialmente para usuarios adultos primerizos.

Las mejoras clave incluyen:

- Información consistente de cabecera y estado. Un encabezado compartido ahora presenta elementos esenciales (tiempo restante, recursos clave, indicadores centrales) en un formato estable en las pantallas principales del juego, reduciendo la sobrecarga cognitiva durante las rondas rápidas.
- Navegación más clara entre fases. Las transiciones entre la sala de espera, el mercado, la minería y las vistas de final de ronda se han hecho más explícitas mediante botones, etiquetas y mensajes intermedios ajustados, para que los estudiantes entiendan cuándo termina una fase y qué ocurrirá a continuación.
- Mejor feedback en estados de carga y espera. Los indicadores visuales y los mensajes explicativos cortos ahora marcan puntos de sincronización y pasos de procesamiento, reduciendo la percepción de que el sistema se ha "congelado" y ayudando a los grupos a mantenerse coordinados.
- Textos y maquetación simplificados. La redacción, la prominencia de las acciones clave y los mensajes de error se revisaron para ser más accesibles para usuarios con distintos niveles de familiaridad digital.

Como resultado, RockChain es más fácil de integrar, más fluido de ejecutar en sesiones cortas de entrenamiento y más autoexplicativo desde el punto de vista del aprendiz.

3.3. Correcciones técnicas de estabilidad y rendimiento

Por último, WP4-A2 introdujo refinamientos técnicos específicos para reforzar la estabilidad y el rendimiento en condiciones realistas de aula, sin alterar la arquitectura subyacente Firestore + Functions + WebSocket descrita en WP4-A1.

Las soluciones más relevantes son:

- Un temporizador y una lógica de sincronización más robustos. Se revisó la gestión de los temporizadores de ronda y los eventos sincronizados para reducir discrepancias entre dispositivos y evitar situaciones en las que los jugadores permanecieran atascados en estados de espera o vieran cuentas atrás inconsistentes.
- Manejo de datos más limpio y propagación en tiempo real. Las interacciones entre el cliente React Native, Firestore y el servidor en tiempo real se ajustaron para reducir operaciones redundantes, evitar condiciones de carrera y asegurar que las actualizaciones (transacciones, respuestas de minería, transiciones de rondas) lleguen a todos los jugadores de forma consistente.
- Mejora en el manejo y recuperación de errores. Los mensajes de error ahora son más informativos, y se han añadido comportamientos de respaldo cuando es posible, facilitando que los formadores interpreten los problemas durante los pilotos y que los desarrolladores depuren problemas inesperados de red o estado.
- Ajuste de rendimiento para tamaños típicos de grupo. Las pruebas con un número realista de jugadores simultáneos y redes estándar en las aulas llevaron a pequeños ajustes destinados a reducir retrasos, tiempos de espera y transferencias de datos innecesarias.

Estas mejoras técnicas proporcionan una base más sólida para WP4 y WP5, asegurando que la versión refinada de RockChain pueda usarse como una implementación de referencia estable para especificaciones, directrices de entrenadores y despliegue piloto.

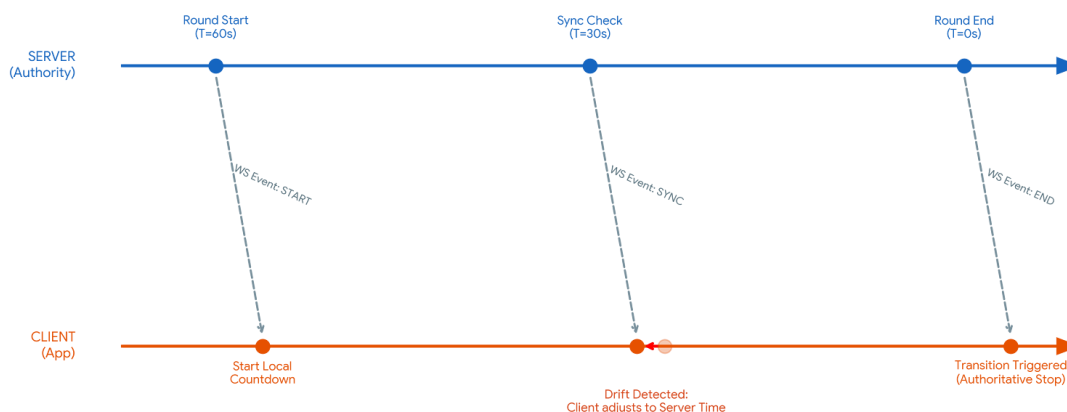


Figura 3: Diagrama de línea de cuenta atrás

4. VALIDACIÓN BREVE DE LA VERSIÓN REFINADA

WP4-A2 incluyó una fase de validación ligera pero dirigida para confirmar que las mejoras descritas anteriormente hacían que RockChain fuera más utilizable y fiable en escenarios de entrenamiento realistas, sin introducir regresiones en la arquitectura central entregada por WP4-A1. En lugar de un piloto de gran tamaño, esta validación tomó la forma de sesiones a pequeña escala de extremo a extremo y ejecuciones técnicas diseñadas para probar la herramienta refinada en condiciones similares a las esperadas en WP5.

4.1. Resumen de pruebas a pequeña escala y reacciones de los usuarios

Las actividades de validación combinaron tres perspectivas complementarias:

- Pruebas técnicas de extremo a extremo por parte del equipo de desarrollo: El equipo realizó sesiones completas repetidas (inicio de sesión → creación/entrada de juegos → sala de espera → varias rondas → final del juego) en diferentes dispositivos y redes. Estas pruebas se utilizaron para verificar que:
 - Los juegos podían crearse y unirse de forma constante.
 - Las cuentas atrás y las transiciones de ronda se comportaron como se esperaba.
 - Las reconexiones y los retrasos de los clientes no dejaron a los jugadores atrapados de forma permanente.
 - Los datos escritos en Firestore (juegos, usuarios, bloques de minería, progreso de aprendizaje) coincidían con los resultados esperados de cada ronda.
- Ensayos enfocados con formadores y pequeños grupos de adultos aprendices: Se organizaron ejercicios cortos en los que los formadores y un número limitado de participantes adultos, similar al grupo objetivo del proyecto, utilizaron RockChain en un entorno controlado. Se les pidió que:
 - Iniciaran sesión, únete a una partida compartida y completa rondas simplificadas.
 - Interactuasen con el mercado, minería y reciclaje.
 - Interpretasen los resúmenes de final de ronda y la retroalimentación básica.

Las observaciones de estos ensayos indican que:

- Incorporarse y unirse a una partida se volvió más sencillo, con menos preguntas sobre "qué pulsar después".
- La sala de espera y las transiciones circulares eran más fáciles de seguir, gracias a mensajes más claros y un momento más predecible.
- Los participantes comprendieron mejor por qué fueron recompensados por ciertas acciones (por ejemplo, reducir el desperdicio, elegir industrias específicas), y los formadores podían utilizar estos resultados como punto de partida para el debate.
- Registros y métricas de ejecución de la versión refinada: Durante sesiones técnicas y centradas en el usuario, se monitorizaron los registros del cliente y del servidor para:
 - Eventos de conexión y reconexión.
 - Discrepancias en el desplazamiento del temporizador y la cuenta atrás.
 - Eventos de ronda duplicados o ausentes.
 - Condiciones de error en escrituras de Firestore y cálculos de recompensas.

En comparación con versiones internas anteriores, la versión refinada mostraba menos inconsistencias en temporizadores y estados de ronda, una reconexión más fiable al servidor en tiempo real y una reducción en los casos límite en los que los jugadores permanecían desincronizados o no recibían los resultados de la ronda final.

En conjunto, estas pruebas a pequeña escala sugieren que las mejoras en WP4-A2 ha mejorado tanto la experiencia del usuario como el comportamiento técnico de RockChain, proporcionando una herramienta más estable y comprensible para futuros pilotos.

4.2. Limitaciones restantes y puntos abiertos para pilotos

Al mismo tiempo, la validación permaneció intencionadamente limitada en alcance, y varios puntos abiertos están reservados para WP4. Actividades piloto de A6–A7 y WP5:

- Escala y diversidad de usuarios: La versión refinada ha sido probada con grupos pequeños y entornos controlados, pero aún no con cohortes más grandes y heterogéneas en todos los países socios. Aún es necesario observar el comportamiento bajo carga máxima, la variación de las infraestructuras de aula y los diferentes estilos de formadores.

- Evaluación formal de usabilidad y accesibilidad: La retroalimentación hasta ahora ha sido cualitativa y observacional. En actividades posteriores se realizarán pruebas de usabilidad más sistemáticas —por ejemplo, cuestionarios estructurados o evaluaciones basadas en tareas con adultos mayores de 45 años y con pocas habilidades digitales— para confirmar y perfeccionar las decisiones actuales de UX.
- Análisis de aprendizaje y herramientas orientadas a formadores: Las estructuras de datos para registrar el progreso del aprendizaje y los eventos clave dentro del juego ya están implementados, pero los paneles y herramientas de informes dirigidos a formadores aún están en una fase inicial. Se utilizarán pilotos para identificar qué indicadores son más útiles y cómo deben visualizarse para los educadores no técnicos.
- Casos límite residuales y restricciones de red: Aunque se han abordado los principales problemas de estabilidad, pueden aparecer casos límite ocasionales bajo mala conectividad, acciones rápidas del usuario o cierres inesperados de aplicaciones. El WP5 proporcionará una base de evidencia más amplia para decidir si se necesitan más salvaguardas o respaldos.
- Ajuste fino de contenido y localización: La versión actual soporta múltiples idiomas y textos explicativos básicos, pero la redacción, los ejemplos y el ritmo pueden requerir ajustes una vez que RockChain se utilice en diferentes contextos nacionales y sectoriales.

Por estas razones, la versión refinada se produjo en WP4-A2 debe considerarse una implementación lista para piloto: lo suficientemente estable para usarse en cursos reales, pero abierta intencionadamente a mejoras adicionales basadas en la retroalimentación estructurada de WP5. Por tanto, los pilotos desempeñarán un doble papel: tanto como actividades educativas como como fase de validación extendida que informará cualquier ajuste final a la herramienta y sus materiales de apoyo.

5. CONCLUSIONES Y PRÓXIMOS PASOS

WP4-A2 ha perfeccionado el prototipo inicial de RockChain en una herramienta de e-learning lista para piloto, construida directamente sobre el backend y la capa de datos entregada en WP4-A1 sin alterar las elecciones arquitectónicas principales (Firestore, Firebase Functions y el servidor WebSocket autorizado que consume un cliente React Native). El objetivo de esta actividad ha sido hacer que el sistema existente se comporte más como una herramienta de aprendizaje estructurada que como un juego puro: aclarar cómo las acciones se relacionan con conceptos de economía circular, reducir la fricción en el recorrido del usuario para adultos con habilidades digitales heterogéneas y abordar cuestiones concretas de estabilidad, sincronización y manejo de errores que surgieron en las primeras pruebas. Como resultado, RockChain es ahora más predecible para gestionar en un aula o taller y más fácil de entender para formadores y alumnos, ronda a ronda.

Las mejoras implementadas en WP4-A2 también ofrece una imagen mucho más clara de lo que la herramienta realmente necesita hacer en la práctica. Al ajustar el flujo del juego, estabilizar los flujos clave de datos y consolidar características orientadas al aprendizaje como el seguimiento del progreso y los mensajes de retroalimentación, esta versión de RockChain actúa efectivamente como una "especificación de trabajo" de la que se puede derivar una documentación más formal. Informará las especificaciones funcionales en WP4-A3, indicando qué comportamientos y estructuras de datos son esenciales y cuáles opcionales, y guiará las notas de directrices en WP4-A4, ofreciendo ejemplos concretos de cómo introducir RockChain, gestionar rondas y resultados de debriefing con estudiantes adultos en diferentes contextos de formación. Para WP4-A5, contar con una implementación de referencia coherente y estable reduce significativamente el riesgo técnico y permite a los socios concentrarse en empaquetar, pulir y completar la herramienta interactiva (recursos, traducciones, configuración) en lugar de replantear los mecanismos principales.

Mirando hacia WP5, la herramienta que surge de WP4-A2 está pensado como punto de partida para el despliegue de pilotos: lo suficientemente robusto técnicamente para usarse en cursos reales, pero deliberadamente abierto a nuevos ajustes. Los pilotos proporcionarán pruebas más amplias y diversas—entre países, instituciones y perfiles de aprendices—sobre cómo se comporta RockChain en condiciones reales y cómo apoya el aprendizaje sobre la gestión de residuos de roca ornamental y estrategias circulares. En este sentido, WP4-A2 marca una transición: de diseñar y estabilizar las bases técnicas y pedagógicas de la herramienta a usar RockChain en entornos educativos auténticos, donde el enfoque puede desplazarse cada vez más de "hacer que funcione" a maximizar su impacto educativo y extraer lecciones para su uso futuro y posibles extensiones más allá de la vida útil del proyecto.