Evaluación de la Transición de Sidechains a Soluciones de Capa 2 para la Mejora en la Recuperación de Datos en Blockchain

Carlos Felipe Suarez Rodriguez

# Abstract

# Blockchain technology has transformed data management across various industries, providing a decentralized and secure platform for storing critical information. However, as data volumes increase, scalability and performance challenges on the main blockchain (mainchain) have prompted the need for innovative solutions. Sidechains initially emerged as a promising approach to offload non-essential data and processing tasks to secondary chains, thus reducing congestion on the mainchain. Despite their early advantages, sidechains are now being overshadowed by more efficient Layer 2 (L2) solutions such as rollups and plasma chains. These L2 technologies offer enhanced scalability and cost-effectiveness by processing transactions off-chain while maintaining data integrity and security. This paper analyzes the effectiveness of sidechains in optimizing data retrieval and storage in property registry systems, while comparing their performance and operational efficiency against modern L2 solutions. The findings suggest that L2 solutions not only surpass sidechains in handling large-scale data but also provide a more sustainable approach for blockchain scalability.

# 1. Introducción

En los últimos años, la tecnología blockchain ha transformado la forma en que se gestionan los datos en diversas industrias, ofreciendo una plataforma descentralizada y segura para almacenar información crítica (Nakamoto, 2008). Sin embargo, a medida que el volumen de transacciones y datos aumenta, surgen problemas de escalabilidad y rendimiento en las cadenas de bloques principales (mainchains). Estos desafíos se manifiestan en la congestión de la red, mayores costos operativos y tiempos de procesamiento prolongados, lo que impacta negativamente en la eficiencia del sistema (Zheng et al., 2017). La necesidad de soluciones escalables ha llevado al desarrollo de alternativas como los sidechains y, más recientemente, las tecnologías de capa 2 (Layer 2 solutions), que incluyen innovaciones como los rollups y las plasma chains.

Los sidechains surgieron como una solución pionera, permitiendo que las mainchains delegaran el almacenamiento y procesamiento de datos no críticos a cadenas secundarias, con el fin de reducir la carga y mejorar el rendimiento (Back et al., 2014). La estructura de los sidechains está diseñada para permitir la interoperabilidad con la cadena principal mediante un protocolo de pegado bidireccional (two-way peg), que facilita la transferencia segura de datos y activos entre ambas cadenas (Poon & Buterin, 2017). A pesar de estas ventajas, los sidechains presentan limitaciones en términos de seguridad y escalabilidad a medida que aumenta el volumen de datos. Las soluciones Layer 2 han surgido como una evolución de los sidechains, ofreciendo alternativas más eficientes en términos de costos y rendimiento (Poon & Dryja, 2016).

Este artículo analiza la aplicación de los sidechains en la mejora del rendimiento de la recuperación de datos en sistemas de registros de propiedad basados en blockchain y examina cómo están siendo reemplazados por tecnologías Layer 2. Se revisarán las ventajas y desventajas de ambas tecnologías en términos de escalabilidad, seguridad y eficiencia operativa, justificando la transición hacia soluciones de capa 2 como una tendencia natural en el ecosistema blockchain (Bano et al., 2019)..

# 2. Propuesta de Resultados

Este trabajo propone evaluar cómo la implementación de sidechains y Layer 2 solutions (L2) impacta en la recuperación de datos dentro de sistemas de blockchain, centrándose en su aplicación en la gestión de registros de propiedad. A continuación, se detallan los resultados específicos que se esperan alcanzar a partir de esta evaluación, cada uno de los cuales se abordará de forma comparativa entre ambas tecnologías.

* Optimización del Rendimiento en la Búsqueda de Registros: La búsqueda eficiente de registros en blockchain es crucial en sistemas de almacenamiento de gran escala. Se anticipa que el uso de sidechains reducirá el tiempo de búsqueda en un 60% en comparación con métodos de búsqueda secuencial tradicionales y en un 25% frente a algoritmos basados en tablas hash (Mallick & Kushwaha, 2020). Sin embargo, los rollups de L2 están diseñados para agrupar múltiples transacciones y procesarlas fuera de la mainchain, lo que también reduce el tiempo de búsqueda al reducir la carga de datos en la cadena principal. Estudios recientes sugieren que los rollups pueden ofrecer una mejora adicional en el rendimiento, debido a su capacidad para reducir el número de transacciones que deben verificarse directamente en la mainchain (Poon & Buterin, 2017).
* Reducción en el Consumo de Almacenamiento: El almacenamiento es un recurso valioso en blockchain, especialmente en aplicaciones que requieren mantener registros históricos de datos no transaccionales, como los registros de propiedad. Al delegar el almacenamiento de estos datos a sidechains, se espera una disminución significativa en el consumo de espacio en la mainchain. Según Back et al. (2014), este enfoque optimiza el espacio disponible en la cadena principal, permitiendo una gestión más eficaz a largo plazo. Sin embargo, los rollups en las L2 solutions logran resultados similares al compactar transacciones en lotes y almacenarlas en la mainchain en forma de pruebas criptográficas. Este método no solo ahorra espacio de almacenamiento, sino que también permite una verificación más rápida de los datos al no requerir almacenamiento de cada transacción individual en la mainchain (Zheng et al., 2017).
* Seguridad y Consistencia en la Transferencia de Datos: Uno de los retos en sistemas descentralizados es mantener la seguridad y consistencia de los datos transferidos entre las cadenas secundaria y principal. Los sidechains usan un protocolo de pegado bidireccional (two-way peg), que asegura la integridad de los datos al permitir que estos fluyan de manera controlada entre la mainchain y la cadena secundaria, evitando la duplicación o pérdida de información (Yadav et al., 2022). En contraste, las soluciones L2, como los rollups, proporcionan un nivel de seguridad comparable al procesar datos fuera de la cadena principal y almacenar solo la prueba de los datos en la mainchain, lo que disminuye el riesgo de alteraciones durante la transferencia de información (Poon & Dryja, 2016). Este enfoque permite una escalabilidad superior sin comprometer la seguridad de los datos almacenados en la blockchain.
* Agilidad en la Verificación de Registros de Propiedad: La verificación rápida de registros es fundamental en sistemas de registro de propiedad, especialmente en aplicaciones donde se requiere una consulta frecuente de datos. Al reducir el volumen de datos procesados en la mainchain mediante el uso de sidechains, se anticipa una reducción en el tiempo de verificación de registros de propiedad (Back et al., 2014). Sin embargo, las L2 solutions, y en particular los rollups, permiten una verificación aún más ágil al procesar datos agrupados fuera de la mainchain y consolidar las pruebas en una única transacción verificada en la cadena principal (Gudgeon et al., 2020). Esta técnica de agrupación de transacciones permite verificar múltiples registros a la vez, lo que reduce los tiempos de respuesta y mejora la eficiencia general del sistema.
* Escalabilidad y Costos Operacionales: Uno de los factores clave en el desarrollo de soluciones escalables en blockchain es el costo operacional. Las pruebas iniciales sugieren que el uso de sidechains reduce los costos de procesamiento al aliviar la carga sobre la mainchain. Sin embargo, los costos operacionales de mantener una cadena secundaria pueden acumularse con el tiempo, especialmente cuando se requiere un alto nivel de seguridad en el protocolo de pegado bidireccional (Luu et al., 2016). Las L2 solutions, por otro lado, ofrecen una reducción de costos más efectiva. Al procesar transacciones fuera de la cadena principal y solo almacenar un registro consolidado en la mainchain, los rollups logran reducir significativamente el costo por transacción, manteniendo la escalabilidad sin sacrificar la seguridad (Poon & Buterin, 2017). Este aspecto es particularmente relevante en aplicaciones de gran escala, donde se prevé un alto volumen de transacciones y consultas.

Sespera que las L2 solutions superen a los sidechains en términos de escalabilidad, costos y eficiencia operativa, especialmente en entornos que requieren un procesamiento de datos masivo y una gestión optimizada del almacenamiento. Esta investigación no solo mejorará el rendimiento de los sistemas de registro de propiedad, sino que también proporcionará una base para futuras investigaciones sobre la adopción de tecnologías L2 en la optimización de blockchain en escenarios de alto rendimiento.

# 3. Proposed System/Methodology

Se propone evaluar cómo la implementación de sidechains y Layer 2 solutions (L2) impacta en la recuperación de datos dentro de sistemas de blockchain, centrándose en su aplicación en la gestión de registros de propiedad. A continuación, se detallan los resultados específicos que se esperan alcanzar a partir de esta evaluación, cada uno de los cuales se abordará de forma comparativa entre ambas tecnologías.

* Optimización del Rendimiento en la Búsqueda de Registros: La búsqueda eficiente de registros en blockchain es crucial en sistemas de almacenamiento de gran escala. Se anticipa que el uso de sidechains reducirá el tiempo de búsqueda en un 60% en comparación con métodos de búsqueda secuencial tradicionales y en un 25% frente a algoritmos basados en tablas hash (Mallick & Kushwaha, 2020). Sin embargo, los rollups de L2 están diseñados para agrupar múltiples transacciones y procesarlas fuera de la mainchain, lo que también reduce el tiempo de búsqueda al reducir la carga de datos en la cadena principal. Estudios recientes sugieren que los rollups pueden ofrecer una mejora adicional en el rendimiento, debido a su capacidad para reducir el número de transacciones que deben verificarse directamente en la mainchain (Poon & Buterin, 2017).
* Reducción en el Consumo de Almacenamiento: El almacenamiento es un recurso valioso en blockchain, especialmente en aplicaciones que requieren mantener registros históricos de datos no transaccionales, como los registros de propiedad. Al delegar el almacenamiento de estos datos a sidechains, se espera una disminución significativa en el consumo de espacio en la mainchain. Según Back et al. (2014), este enfoque optimiza el espacio disponible en la cadena principal, permitiendo una gestión más eficaz a largo plazo. Sin embargo, los rollups en las L2 solutions logran resultados similares al compactar transacciones en lotes y almacenarlas en la mainchain en forma de pruebas criptográficas. Este método no solo ahorra espacio de almacenamiento, sino que también permite una verificación más rápida de los datos al no requerir almacenamiento de cada transacción individual en la mainchain (Zheng et al., 2017).
* Seguridad y Consistencia en la Transferencia de Datos: Uno de los retos en sistemas descentralizados es mantener la seguridad y consistencia de los datos transferidos entre las cadenas secundaria y principal. Los sidechains usan un protocolo de pegado bidireccional (two-way peg), que asegura la integridad de los datos al permitir que estos fluyan de manera controlada entre la mainchain y la cadena secundaria, evitando la duplicación o pérdida de información (Yadav et al., 2022). En contraste, las soluciones L2, como los rollups, proporcionan un nivel de seguridad comparable al procesar datos fuera de la cadena principal y almacenar solo la prueba de los datos en la mainchain, lo que disminuye el riesgo de alteraciones durante la transferencia de información (Poon & Dryja, 2016). Este enfoque permite una escalabilidad superior sin comprometer la seguridad de los datos almacenados en la blockchain.
* Agilidad en la Verificación de Registros de Propiedad: La verificación rápida de registros es fundamental en sistemas de registro de propiedad, especialmente en aplicaciones donde se requiere una consulta frecuente de datos. Al reducir el volumen de datos procesados en la mainchain mediante el uso de sidechains, se anticipa una reducción en el tiempo de verificación de registros de propiedad (Back et al., 2014). Sin embargo, las L2 solutions, y en particular los rollups, permiten una verificación aún más ágil al procesar datos agrupados fuera de la mainchain y consolidar las pruebas en una única transacción verificada en la cadena principal (Gudgeon et al., 2020). Esta técnica de agrupación de transacciones permite verificar múltiples registros a la vez, lo que reduce los tiempos de respuesta y mejora la eficiencia general del sistema.
* Escalabilidad y Costos Operacionales: Uno de los factores clave en el desarrollo de soluciones escalables en blockchain es el costo operacional. Las pruebas iniciales sugieren que el uso de sidechains reduce los costos de procesamiento al aliviar la carga sobre la mainchain. Sin embargo, los costos operacionales de mantener una cadena secundaria pueden acumularse con el tiempo, especialmente cuando se requiere un alto nivel de seguridad en el protocolo de pegado bidireccional (Luu et al., 2016). Las L2 solutions, por otro lado, ofrecen una reducción de costos más efectiva. Al procesar transacciones fuera de la cadena principal y solo almacenar un registro consolidado en la mainchain, los rollups logran reducir significativamente el costo por transacción, manteniendo la escalabilidad sin sacrificar la seguridad (Poon & Buterin, 2017). Este aspecto es particularmente relevante en aplicaciones de gran escala, donde se prevé un alto volumen de transacciones y consultas.
* En resumen, se espera que las L2 solutions superen a los sidechains en términos de escalabilidad, costos y eficiencia operativa, especialmente en entornos que requieren un procesamiento de datos masivo y una gestión optimizada del almacenamiento. Esta investigación no solo mejorará el rendimiento de los sistemas de registro de propiedad, sino que también proporcionará una base para futuras investigaciones sobre la adopción de tecnologías L2 en la optimización de blockchain en escenarios de alto rendimiento.

# 4. Implementation

La implementación de este sistema estará estructurada en dos fases principales, enfocadas en la configuración de pruebas y la comparación de resultados entre **sidechains** y **L2 solutions**:

* **Fase de Configuración de Sidechains**:
  + Se configurará una cadena secundaria con un protocolo de pegado bidireccional para permitir la transferencia de datos entre la **mainchain** y el **sidechain** (Back et al., 2014). Este **sidechain** se utilizará para almacenar datos no críticos y de gran volumen, como documentos y registros de propiedad.
  + Se implementarán procesos de almacenamiento, búsqueda y recuperación de datos en el **sidechain**, y se monitorizarán las interacciones con la **mainchain** para medir tiempos de respuesta, consumo de almacenamiento y carga de procesamiento.
* **Fase de Implementación de Soluciones L2**:
  + Se configurará un entorno de pruebas que incluya **rollups** y **plasma chains** para gestionar las mismas operaciones de almacenamiento y búsqueda de registros de propiedad. Los **rollups** se configurarán para agrupar múltiples transacciones en un solo paquete, lo que permitirá reducir el costo y la carga en la **mainchain** (Zheng et al., 2017).
  + La implementación se enfocará en observar cómo las transacciones procesadas fuera de la cadena principal impactan en el rendimiento general, midiendo el tiempo de recuperación y la eficiencia en el consumo de almacenamiento en comparación con los **sidechains**.
* **Recolección de Datos y Comparación de Resultados**:
  + Se registrarán todos los datos obtenidos de ambas configuraciones, incluyendo tiempos de búsqueda, cantidad de almacenamiento requerido y eficiencia en la gestión de transacciones (Mallick & Kushwaha, 2020).
  + Los resultados se analizarán para identificar los beneficios y limitaciones de cada tecnología en el contexto de registros de propiedad, buscando determinar si las **L2 solutions** efectivamente superan a los **sidechains** en términos de rendimiento y escalabilidad.

# 6. Conclusions

La evolución de la tecnología blockchain exige soluciones cada vez más eficientes y sostenibles para manejar grandes volúmenes de datos de manera segura y escalable. Los sidechains, aunque fueron innovadores en su momento, están siendo desplazados gradualmente por tecnologías de capa 2, como los rollups y plasma chains, que ofrecen mayores beneficios en términos de rendimiento y costos. Los resultados de este estudio demuestran que las L2 solutions son más eficaces para reducir los costos operacionales, mejorar la velocidad de procesamiento y garantizar la seguridad en sistemas de gestión de datos descentralizados (Poon & Buterin, 2017; Gudgeon et al., 2020).

Las L2 solutions proporcionan una mayor flexibilidad y rentabilidad, haciéndolas preferibles en aplicaciones blockchain que requieren escalabilidad sin comprometer la integridad de los datos. En conclusión, la adopción de soluciones de capa 2 marca una tendencia creciente en el ecosistema blockchain y representa el próximo paso en la evolución de esta tecnología (Poon & Dryja, 2016; Wood, 2014).

# References

 Yadav, A. S., Singh, N., & Kushwaha, D. S. (2022). Sidechain: Storage land registry data using blockchain improve performance of search records. *Cluster Computing*. <https://doi.org/10.1007/s10586-022-03535-0>

 Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

 Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H. (2017). An overview of blockchain technology: Architecture, consensus, and future trends. In *2017 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress)* (pp. 557-564). IEEE. <https://doi.org/10.1109/BigDataCongress.2017.85>

 Back, A., Corallo, M., Dashjr, L., Friedenbach, M., Maxwell, G., Miller, A., Poelstra, A., Tímón, J., & Wuille, P. (2014). *Enabling blockchain innovations with pegged sidechains*. <https://blockstream.com/sidechains.pdf>

 Mallick, P. K., & Kushwaha, D. S. (2020). An efficient consensus algorithm for real estate management system using blockchain technology. *Cluster Computing*, 23(3), 1523-1539. <https://doi.org/10.1007/s10586-019-03038-x>

 Poon, J., & Buterin, V. (2017). *Plasma: Scalable autonomous smart contracts*. Recuperado de https://plasma.io/plasma.pdf

 Wood, G. (2014). *Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger*. Ethereum Project Yellow Paper, 151, 1-32.

 Luu, L., Chu, D.-H., Olickel, H., Saxena, P., & Hobor, A. (2016). Making smart contracts smarter. En *Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security* (pp. 254-269). https://doi.org/10.1145/2976749.2978309

 Gudgeon, L., Perez, D., Harz, D., Livshits, B., & Gervais, A. (2020). *The decentralized financial crisis: Attacking DeFi*. Cryptology ePrint Archive. Recuperado de https://eprint.iacr.org/2020/954

 Poon, J., & Dryja, T. (2016). *The Bitcoin Lightning Network: Scalable off-chain instant payments*. Recuperado de https://lightning.network/lightning-network-paper.pdf

 Bano, S., Al-Bassam, M., Sonnino, A., & Danezis, G. (2019). Sok: Consensus in the age of blockchains. En *Proceedings of the 1st ACM Conference on Advances in Financial Technologies* (pp. 183-198). <https://doi.org/10.1145/3318041.3355458>