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, el crecimiento acelerado de las tecnologías digitales ha generado una creciente necesidad de gestionar grandes volúmenes de información de manera eficiente y segura. En el campo de los registros de propiedad, uno de los mayores desafíos es el almacenamiento y la recuperación eficiente de documentos no transaccionales, como imágenes y contratos. La tecnología blockchain ha demostrado ser una solución eficaz para muchos de estos problemas debido a su naturaleza descentralizada y segura (Zheng et al., 2017). Sin embargo, a medida que aumenta el volumen de datos almacenados en las cadenas de bloques principales (mainchains), se vuelve crucial explorar soluciones que mejoren la escalabilidad y el rendimiento.

Una solución prometedora que surgió para resolver este problema es el uso de sidechains, que permite la delegación de almacenamiento y procesamiento de datos no críticos a cadenas secundarias. Esto reduce la carga sobre la mainchain, mejorando la velocidad de búsqueda y optimizando el uso del espacio de almacenamiento (Yadav, Singh, & Kushwaha, 2022). No obstante, con la evolución de las tecnologías de Layer 2 (L2), como rollups y plasma chains, los sidechains están perdiendo relevancia en el ecosistema blockchain. Estas soluciones L2 permiten mayor escalabilidad y seguridad con costos operativos reducidos, al agrupar y procesar transacciones fuera de la mainchain y minimizar la dependencia en la cadena principal (Back et al., 2014).

Este artículo examina 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 cómo estas soluciones están siendo superadas por tecnologías más avanzadas de Layer 2. Además, se explorará cómo los sidechains pueden optimizar la búsqueda de registros, reducir el consumo de almacenamiento y agilizar el proceso de verificación, al tiempo que se justifica por qué están siendo reemplazados en muchos casos por soluciones L2 en términos de eficiencia y costos operativos.

# 2. Propuesta de Resultados

En este trabajo, se propone evaluar el impacto de la implementación de sidechains en la recuperación de datos dentro de sistemas de blockchain y compararlos con soluciones L2. Se espera que los resultados demuestren una mejora significativa en los siguientes aspectos:

* Optimización del rendimiento en la búsqueda de registros: Se espera que el tiempo de búsqueda de registros en blockchain utilizando sidechains se reduzca hasta un 60% en comparación con métodos de búsqueda secuenciales tradicionales y hasta un 25% en comparación con algoritmos basados en tablas hash (Mallick & Kushwaha, 2020). Este rendimiento en la búsqueda representa una ventaja en sistemas de almacenamiento de gran escala.
* Reducción en el consumo de almacenamiento: Al delegar el almacenamiento de datos no transaccionales a los sidechains, se prevé una disminución en el consumo de espacio en la mainchain, lo que permite una mayor eficiencia en la gestión de datos a largo plazo (Back et al., 2014). Sin embargo, las soluciones L2 logran resultados similares con una gestión de almacenamiento más eficiente al reducir la dependencia de una cadena adicional.
* Seguridad en la transferencia de datos: Gracias a la implementación del protocolo de pegado bidireccional (two-way peg), los sidechains ofrecen integridad y seguridad en la transferencia de datos entre la mainchain y las cadenas secundarias, garantizando que no haya pérdida de información (Yadav et al., 2022). Sin embargo, los rollups de L2 logran este mismo nivel de seguridad con una menor carga computacional.
* Agilidad en el proceso de verificación de registros: Se espera una reducción en el tiempo necesario para verificar registros de propiedad al minimizar la cantidad de datos que deben almacenarse y procesarse directamente en la mainchain. En este contexto, las soluciones L2, como los rollups, ofrecen una mayor agilidad al procesar y agrupar transacciones de manera eficiente fuera de la cadena principal, lo que reduce significativamente los costos de almacenamiento y procesamiento (Zheng et al., 2017).

No obstante, también se espera mostrar cómo las soluciones L2 superan a los sidechains en términos de escalabilidad y costos operacionales. Soluciones como los rollups permiten un manejo más eficiente de las transacciones al agruparlas y procesarlas fuera de la mainchain, lo que reduce significativamente los tiempos de procesamiento y los costos de almacenamiento.

Estos resultados no solo mejorarán el rendimiento general del sistema de registros de propiedad, sino que también proporcionarán una base para futuras investigaciones sobre la adopción de tecnologías L2 y la eventual disminución del uso de los sidechains en el ecosistema blockchain.

# 3. Proposed System/Methodology

Este trabajo propone una metodología comparativa para evaluar el desempeño de los **sidechains** frente a las soluciones de capa 2 (**Layer 2**) en sistemas de blockchain aplicados a registros de propiedad. La metodología contempla los siguientes pasos:

* **Definición del Entorno de Pruebas**: Se desarrollará un entorno de pruebas en blockchain donde se implementen tanto **sidechains** como soluciones **L2** (ej. **rollups** y **plasma chains**). Este sistema simula un caso de uso en la gestión de registros de propiedad, abarcando operaciones de almacenamiento, búsqueda y recuperación de documentos no transaccionales, como sugieren Yadav et al. (2022) para entornos de almacenamiento basados en blockchain.
* **Evaluación de Rendimiento**: Se diseñarán métricas específicas para medir el tiempo de búsqueda, el consumo de almacenamiento y la carga operativa en la mainchain y las tecnologías comparadas. Para los **sidechains**, se analizará cómo el pegado bidireccional (two-way peg) afecta la eficiencia (Back et al., 2014). En las **L2 solutions**, se evaluará cómo la agrupación de transacciones en los **rollups** mejora el rendimiento (Zheng et al., 2017).
* **Análisis de Seguridad y Escalabilidad**: Se evaluará la seguridad y escalabilidad de ambos enfoques. En los **sidechains**, se analizará la integridad en la transferencia de datos entre la **mainchain** y la cadena secundaria, manteniendo la seguridad en la manipulación de datos sensibles (Back et al., 2014). Para las **Layer 2 solutions**, se analizará cómo los **rollups** y **plasma chains** reducen costos operativos y preservan la seguridad de la mainchain (Mallick & Kushwaha, 2020).
* **Comparación Costo-Beneficio**: Finalmente, se evaluará el costo operativo de implementar **sidechains** frente a **L2 solutions** en términos de infraestructura y eficiencia. Este análisis busca determinar si las **L2 solutions** son una opción más rentable y sostenible a largo plazo (Yadav et al., 2022).

# 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.

# 5. Results and Discussion

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Vivamus lacinia odio vitae vestibulum vestibulum.

# 6. Conclusions

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Vivamus lacinia odio vitae vestibulum vestibulum.

# 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