

Universidad Técnica Nacional

Licenciatura en Ingeniería en Tecnologías de la

Información

Curso: Block Chain y Dinero Digital

Docente: Juan Pablo Rodríguez Bogantes

Gestión logística y cadena de suministro

Elaborado por:

Christopher Ruiz Calderón

Emmanuel Campos Bolandi

Sede Guanacaste

Recinto Corobici

II Cuatrimestre 2025.

1. Introducción.

Supply_chain consiste en una aplicación descentralizada (dApp) desarrollada para modernizar y optimizar la gestión de la cadena de suministro. A través de la tecnología blockchain, esta solución permite que productores, transportistas y clientes interactúen de manera directa, garantizando transparencia, trazabilidad y eficiencia en cada operación. La dApp integra módulos de inventario, producción, logística, pagos y auditoría, todos coordinados mediante un contrato núcleo que asegura que solo usuarios autorizados puedan ejecutar acciones críticas. Esto reduce errores, aumenta la confianza entre los participantes y facilita la automatización de procesos como la actualización de stock, la creación de órdenes de producción, la asignación de transportistas y la ejecución de pagos.

2. Justificación.

La industria de la logística y la gestión de cadenas de suministro enfrenta problemas recurrentes debido a la dependencia de sistemas centralizados. Entre los desafíos más relevantes se encuentran la falta de visibilidad sobre el estado de los productos, retrasos en las entregas y la posibilidad de errores humanos en la gestión de inventarios y pagos. Por ejemplo, una pérdida de stock puede tardar días en detectarse si los registros se manejan manualmente, afectando la producción y la satisfacción del cliente.

En este contexto, surge la necesidad de un sistema que garantice la trazabilidad y seguridad de cada operación dentro de la cadena de suministro. La propuesta de una solución descentralizada es particularmente adecuada porque asegura que cada transacción quede registrada de manera inmutable en la blockchain. Esto elimina la dependencia de intermediarios y permite que todas las partes tengan acceso transparente a la información relevante, sin riesgo de manipulación. Además, la automatización mediante contratos inteligentes reduce la intervención manual, agiliza pagos y mejora la eficiencia general de la cadena de suministro.

3. Marco teórico:

Principios de Block Chain.

- **Registro inmutable:** Una vez que los datos se registran en la blockchain, no pueden ser modificados ni eliminados. Esto garantiza que todas las transacciones queden permanentemente documentadas.
- **Descentralización:** Los datos no dependen de un servidor central; se replican en múltiples nodos, lo que elimina puntos únicos de falla y reduce riesgos de corrupción de la información.
- **Seguridad criptográfica:** Cada transacción se firma digitalmente mediante claves privadas y se valida mediante algoritmos criptográficos, asegurando autenticidad e integridad.
- **Consenso distribuido:** Los nodos validan cada transacción antes de añadirla a la cadena, evitando registros fraudulentos y garantizando la confianza entre participantes que no se conocen.

4. ¿Qué es una dApp y cómo funciona?

Una dApp (aplicación descentralizada) es un software que funciona sobre una blockchain, eliminando la dependencia de servidores centrales. Sus usuarios interactúan a través de interfaces gráficas (web o móviles), pero todas las operaciones críticas se ejecutan mediante contratos inteligentes. Esto significa que acciones como la actualización de stock, la creación de órdenes de producción, la asignación de envíos y la ejecución de pagos se realizan automáticamente bajo condiciones predefinidas.

5. Contratos inteligentes y modularidad.

Los contratos inteligentes son programas autoejecutables que corren en la blockchain y se activan cuando se cumplen ciertas condiciones. La modularidad consiste en dividir la dApp en componentes independientes: Inventario, Producción, Logística, Pagos y Auditoría. Esto permite actualizar o escalar cada módulo sin afectar al resto del sistema. Por ejemplo, el contrato Producción puede consumir stock del contrato Inventario y registrar eventos en Auditoría sin depender del módulo de Pagos.

6. Relevancia de la descentralización en la cadena de suministro.

La descentralización proporciona transparencia total en todos los procesos, desde la producción hasta la entrega final. Los participantes pueden verificar la información de manera independiente, lo que genera confianza y facilita la auditoría externa. Además, reduce la dependencia de intermediarios y agiliza la resolución de conflictos. Por ejemplo, si un transportista entrega un producto y marca la entrega en la dApp, el pago correspondiente al proveedor puede ejecutarse automáticamente, eliminando retrasos y errores.

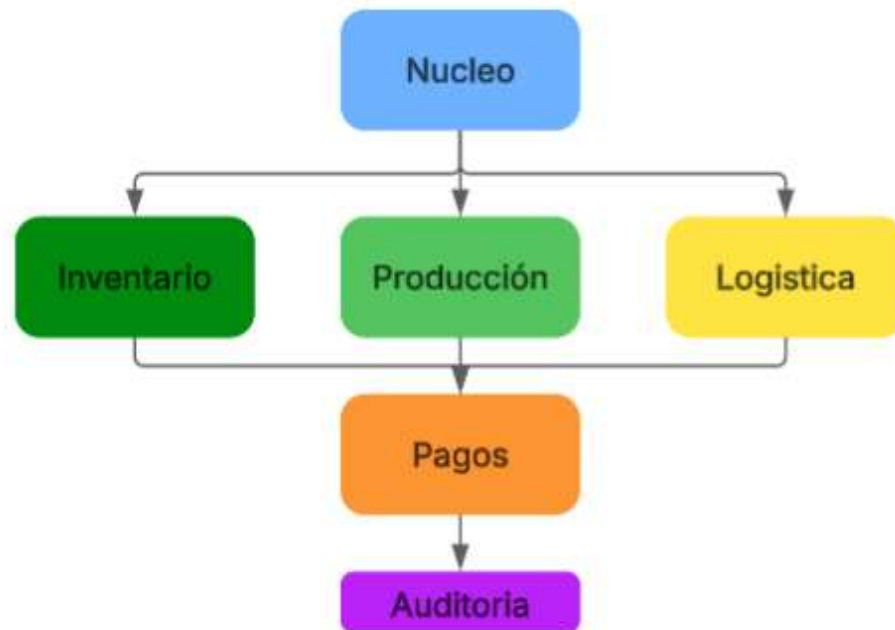
7. Diseño de la Solución.

Supply_chain diseñado para integrar todos los procesos críticos de la cadena de suministro en una dApp segura y transparente. El contrato núcleo, llamado NucleoCadena, coordina los módulos de Inventario, Producción, Logística, Pagos y Auditoría. Esto asegura que solo direcciones autorizadas puedan ejecutar acciones críticas, como crear órdenes, actualizar stock o registrar pagos.

7.1.Funciones principales:

8. **Inventario:** Permite registrar productos, consultar stock, aumentar o reducir cantidades, garantizando control y trazabilidad de los insumos y productos terminados.
9. **Producción:** Administra la creación y finalización de órdenes de producción, consumiendo stock automáticamente y registrando eventos relevantes en el módulo de Auditoría.
10. **Logística:** Gestiona envíos, asignación de transportistas y actualización de estados (Creado, EnTransito, Entregado). Permite visibilidad en tiempo real del flujo de productos.
11. **Pagos:** Automatiza el registro de pagos a proveedores y cobros de clientes, incluyendo la notificación de cobros al marcar entregas como completadas.
12. **Auditoría:** Garantiza trazabilidad completa de todas las operaciones, registrando eventos críticos de cada módulo, y permite seguimiento y verificación externa.

7.2. Diagrama del sistema y arquitectura de contratos.



La arquitectura se basa en un contrato núcleo que enlaza todos los módulos. Cada módulo interactúa con los demás a través de este núcleo, asegurando permisos y control centralizado sin comprometer la transparencia o la seguridad.

8. Descripción de los Contratos.

- **NucleoCadena:** Coordina los módulos y restringe el acceso mediante permisos. Es el “cerebro” del sistema que asegura que solo direcciones autorizadas puedan ejecutar funciones críticas.
- **Inventario:** Gestiona productos y stock, emite eventos para auditoría y asegura que la información esté actualizada y disponible.
- **Producción:** Controla la creación y finalización de órdenes, consume stock automáticamente y registra eventos de auditoría.
- **Logística:** Administra envíos, asigna transportistas, actualiza estados y notifica a Pagos sobre entregas completadas.

- **Pagos:** Registra pagos y cobros, ejecutando automáticamente transacciones cuando se cumplen condiciones predeterminadas.
- **Auditoría:** Garantiza trazabilidad, registro inmutable de eventos y supervisión de todas las operaciones del sistema.

Consideraciones de seguridad:

- Uso de modificadores como soloNucleo y soloNucleoOModuloEnlazado.
- Auditoría constante mediante eventos.
- Actualización segura de direcciones de módulos y del contrato núcleo

9. Análisis Crítico.

9.1. Beneficios de la solución:

- Transparencia y trazabilidad completa de la cadena de suministro.
- Reducción de errores humanos y retrasos.
- Automatización de procesos críticos: stock, producción, envíos y pagos.
- Auditoría y verificación externa simplificada.

9.2. Riesgos y desafíos:

- Limitaciones de escalabilidad según la blockchain utilizada.
- Costos de transacción y consumo de gas en blockchains públicas.
- Necesidad de interfaces de usuario amigables para participantes no técnicos.
- Aspectos legales relacionados con contratos inteligentes y pagos automáticos.

9.3. Posibles mejoras:

- Integración con dispositivos IoT para seguimiento en tiempo real de productos.
- Optimización de consumo de gas y costos de transacción.
- Ampliación de módulos y funciones sin afectar la operación actual.
- Creación de incentivos para usuarios que participen activamente en la red.

10. Referencias.

Buterin, V. (2013). *Ethereum: A next-generation smart contract and decentralized application platform*. Recuperado de <https://ethereum.org/en/whitepaper/>

Antonopoulos, A. M., & Wood, G. (2018). *Mastering Ethereum: Building smart contracts and decentralized applications*. O'Reilly Media. Recuperado de <https://www.oreilly.com/library/view/mastering-ethereum-2nd/9781098168414/>

Solidity Documentation Team. (2025). *Solidity — Solidity 0.8.30 documentation*. Recuperado de <https://docs.soliditylang.org/>

