

Reducción del desperdicio de alimentos

Juan Pablo Poveda, Sebastian Rojas

Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

sebastian.rojas-bu@mail.escuelaing.edu.co

juan.poveda-ca@mail.escuelaing.edu.co

Bogotá, Colombia

Febrero del 2023

Resumen

El desperdicio de alimentos es un problema global que afecta la seguridad alimentaria, el medio ambiente y la economía. En este trabajo, proponemos una plataforma en línea que conecta a empresas alimentarias con organizaciones benéficas locales para facilitar la donación de alimentos excedentes en lugar de desecharlos. La plataforma actúa como intermediario, proporcionando un canal eficiente y transparente para la redistribución de alimentos y contribuyendo así a la reducción del desperdicio de alimentos y la mejora de la seguridad alimentaria en comunidades necesitadas. Utilizando tecnologías basadas en servicios y librerías web, la plataforma ofrece una solución innovadora y escalable para abordar este desafío global. Se planea realizar evaluaciones para validar la efectividad de la propuesta y se identifican preguntas abiertas para futuras investigaciones.

Introducción

El desperdicio de alimentos es un problema multifacético que plantea desafíos significativos a nivel global, afectando a agricultores, distribuidores, vendedores, restaurantes y hogares. Cada año, una cantidad alarmante de alimentos termina en la basura, lo que no solo representa una pérdida económica considerable, sino también un impacto ambiental negativo. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), aproximadamente un tercio de todos los alimentos producidos en el mundo se pierde o se desperdicia [3].

En el contexto de la seguridad alimentaria, el problema del desperdicio de alimentos adquiere una dimensión aún más preocupante. A pesar de los avances en la producción de alimentos a nivel mundial, millones de personas continúan sufriendo de hambre y malnutrición. El desperdicio de alimentos agrava esta situación al desperdiciar recursos que podrían destinarse a alimentar a personas necesitadas. Este problema no se limita a los países desarrollados; afecta a comunidades en todo el mundo, incluso en países en desarrollo, donde la disponibilidad de alimentos es un desafío constante.

El nicho específico de esta investigación se centra en la creación de soluciones tecnológicas para mitigar el desperdicio de alimentos. A través de la implementación de una plataforma en línea, se busca conectar a las empresas alimentarias con organizaciones benéficas locales, facilitando la donación de alimentos excedentes. Esta iniciativa pretende no solo reducir el desperdicio de alimentos, sino también contribuir a mejorar la seguridad alimentaria en comunidades vulnerables.

Las contribuciones principales de este documento incluyen una descripción detallada del problema del desperdicio de alimentos, una propuesta de solución innovadora basada en la tecnología y la ingeniería de sistemas, así como una evaluación de la efectividad y viabilidad de la plataforma propuesta. Además, se presenta un marco teórico que contextualiza el problema del desperdicio de alimentos y proporciona una base conceptual sólida para el desarrollo de soluciones tecnológicas.

Descripción y Caracterización del Problema

El desperdicio de alimentos es un problema global que afecta a agricultores, distribuidores, vendedores, restaurantes y hogares. Cada año, una cantidad significativa de comida termina en la basura, lo que tiene consecuencias tanto económicas como ambientales. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), aproximadamente un tercio de todos los alimentos producidos en el mundo se pierde o se desperdicia [1]. Esta pérdida y desperdicio de alimentos no solo representan una enorme cantidad de recursos naturales desperdiciados, como agua, tierra y energía, sino que también contribuyen significativamente a la emisión de gases de efecto invernadero.

El desperdicio de alimentos es especialmente preocupante cuando se considera el contexto de la seguridad alimentaria. A nivel mundial, millones de personas sufren de hambre y malnutrición, y el desperdicio de alimentos solo agrava esta situación. Además, el desperdicio de alimentos no solo afecta a los países desarrollados, sino también a los países en desarrollo, donde la disponibilidad de alimentos es un desafío constante. [7]

Es importante destacar que el desperdicio de alimentos no ocurre solo en la etapa de consumo final, sino que también se produce a lo largo de toda la cadena de suministro alimentario, desde la producción agrícola hasta la distribución y venta al por menor. Factores como la sobreproducción, los estándares estéticos estrictos, la falta de infraestructura de almacenamiento adecuada y la gestión ineficiente de inventarios contribuyen al problema.

Además del impacto económico y ambiental, el desperdicio de alimentos también tiene implicaciones sociales. En muchos casos, los alimentos desperdiciados podrían haber sido destinados a personas necesitadas, pero en cambio terminan en vertederos. Esto plantea preguntas sobre la equidad y la justicia en la distribución de alimentos, así como sobre la responsabilidad social de las empresas y los individuos.

Marco Teórico

El estudio del desperdicio de alimentos y su mitigación involucra una comprensión profunda de varios conceptos relacionados con la cadena de suministro alimentario, la gestión de inventarios y las tecnologías de la información. A continuación, se presenta una descripción ampliada de algunos de estos conceptos:

- **Cadena de Suministro Alimentario:** La cadena de suministro alimentario es un sistema complejo que abarca todas las etapas involucradas en la producción, procesamiento, distribución y consumo de alimentos. Comprender cómo funciona esta cadena es esencial para identificar los puntos críticos donde se produce el desperdicio de alimentos y cómo se pueden implementar estrategias para reducirlo. [4]
- **Gestión de Inventarios:** La gestión de inventarios es clave para minimizar el desperdicio de alimentos al garantizar un control efectivo sobre los niveles de existencias de productos. Las técnicas como el modelo de reposición de inventario y la planificación de la demanda pueden ayudar a optimizar la gestión de inventarios y reducir las pérdidas debido a alimentos caducados o estropeados. [9]
- **Inseguridad Alimentaria:** La inseguridad alimentaria se refiere a la falta de acceso seguro y regular a alimentos suficientes y nutritivos para una vida activa y saludable. Este problema está estrechamente relacionado con el desperdicio de alimentos, ya que una cantidad significativa de alimentos que podrían destinarse a personas necesitadas se desperdicia cada año. Abordar el desperdicio de alimentos es fundamental para mejorar la seguridad alimentaria y reducir la desigualdad. [2]
- **Tecnología:** La aplicación de tecnologías de la información y comunicación, junto con principios de ingeniería de sistemas, puede desempeñar un papel crucial en la gestión del desperdicio de alimentos. Estas tecnologías incluyen sistemas de información geográfica, plataformas en línea y aplicaciones móviles que pueden utilizarse para rastrear y monitorear el flujo de alimentos, facilitar la comunicación entre donantes y receptores de alimentos, y proporcionar información en tiempo real sobre la disponibilidad de alimentos excedentes. [6]

Este marco teórico proporciona una base conceptual sólida para abordar el problema del desperdicio de alimentos desde una perspectiva tecnológica e ingenieril. Al comprender estos conceptos y su interrelación, los ingenieros de sistemas pueden desarrollar soluciones innovadoras y efectivas que aprovechen al máximo las tecnologías disponibles para reducir el desperdicio de alimentos y mejorar la seguridad alimentaria en nuestras comunidades.

Estado del arte

El problema del desperdicio de alimentos y la inseguridad alimentaria ha sido objeto de numerosos estudios y propuestas de soluciones. Sin embargo, muchas de estas soluciones no han logrado cerrar completamente la brecha entre la abundancia de alimentos disponibles y la necesidad de estos en las comunidades vulnerables.

Por ejemplo, Onyeaka et al. (2024) realizaron un estudio exhaustivo sobre el uso de la Inteligencia Artificial (IA) para abordar el desperdicio de alimentos y mejorar la economía circular. Su trabajo se centró en cómo la IA puede ser utilizada para monitorear y optimizar la producción y las cadenas de suministro de alimentos, redistribuir el exceso de alimentos a quienes lo necesitan y apoyar las iniciativas de economía circular. Aunque su enfoque es innovador y prometedor, se centra principalmente en la optimización de la producción y las cadenas de suministro de alimentos, y no aborda directamente la conexión entre las empresas alimentarias y las organizaciones benéficas locales. [8]

Por otro lado, un estudio sobre la reducción del desperdicio de alimentos en las universidades presentó una revisión del estado del arte del tema. Este estudio proporciona una visión valiosa de la producción de desperdicio de alimentos en las universidades y sugiere varias estrategias para reducirlo. Sin embargo, su enfoque se limita al contexto universitario y no aborda directamente la inseguridad alimentaria ni propone una solución que conecte a las empresas alimentarias con las organizaciones benéficas locales. [5]

Finalmente, Wani et al. proporcionaron un inventario de los métodos teóricos y prácticos de prevención y minimización del desperdicio de alimentos y pérdidas. Su estudio es exhaustivo y proporciona una visión detallada de las diversas estrategias que se pueden utilizar para reducir el desperdicio de alimentos. Sin embargo, su enfoque se centra en la prevención y minimización del desperdicio de alimentos y no propone una solución que conecte a las empresas alimentarias con las organizaciones benéficas locales. [10]

En contraste con estos trabajos, nuestra propuesta busca desarrollar una plataforma en línea que conecte a empresas alimentarias con organizaciones benéficas locales para facilitar la donación de alimentos excedentes. Este enfoque podría permitir una mayor eficiencia y efectividad en la gestión del desperdicio de alimentos y la mejora de la seguridad alimentaria.

Propuesta de Solución

En respuesta a la creciente preocupación sobre el desperdicio de alimentos y la necesidad de abordar la inseguridad alimentaria, se propone el desarrollo de una plataforma en línea que conecte a empresas alimentarias con organizaciones

benéficas locales para facilitar la donación de alimentos excedentes en lugar de desecharlos. Esta plataforma tiene como objetivo cerrar la brecha entre la abundancia y la necesidad, proporcionando una solución efectiva y eficiente para reducir el desperdicio de alimentos y apoyar a las comunidades en situación de vulnerabilidad.

1. **Conexión Directa entre Donantes y Receptores:** La plataforma actúa como un intermediario entre las empresas alimentarias, como restaurantes, supermercados y productores agrícolas, y las organizaciones benéficas locales, como bancos de alimentos, comedores comunitarios y refugios. Facilita la comunicación y la coordinación de donaciones, permitiendo a las empresas identificar fácilmente alimentos excedentes disponibles para donación y a las organizaciones benéficas solicitar y recibir estos alimentos según sus necesidades específicas.
2. **Reducción del Desperdicio de Alimentos:** Al proporcionar un canal conveniente y confiable para la redistribución de alimentos excedentes, la plataforma ayuda a reducir el desperdicio de alimentos al tiempo que brinda beneficios tangibles tanto para las empresas como para las comunidades necesitadas. Los alimentos que de otro modo serían descartados debido a excedentes, fechas de vencimiento cercanas o imperfecciones estéticas pueden ser rescatados y destinados a personas que los necesitan.
3. **Eficiencia y Transparencia en las Donaciones:** La plataforma presenta una interfaz intuitiva y fácil de usar que permite a las empresas alimentarias publicar información detallada sobre los alimentos disponibles para donación, incluyendo cantidad, descripción, fecha de vencimiento y ubicación. Del mismo modo, las organizaciones benéficas pueden buscar y solicitar alimentos específicos según sus necesidades y capacidad de almacenamiento.

Tecnologías Aplicadas

Durante el desarrollo de la plataforma se planea el uso de diferentes tecnologías que por medio de un servicio web de fácil acceso ayudarían a mejorar su rendimiento y así ofrecer un servicio de calidad para las personas beneficiarias, así como, hacer intuitivo el proceso de desechar alimentos para la empresa creando de esta manera una cultura colectiva de fácil mantenimiento.

- **AWS Cognito:** Para la autenticación de usuarios, se utiliza AWS Cognito, que proporciona tokens personalizados con firmas virtuales para gestionar la autenticación en un pool de usuarios.
- **Funciones Lambda:** Las funciones Lambda se utilizan para validar la información de cada usuario y editar el token según la información relevante del usuario para su sesión. Esto asegura una correcta verificación y autenticación de los roles (donante y receptor).
- **S3:** Utilización de S3 para alojar archivos estáticos como HTML, asegurando que el contenido esté disponible y distribuido según el rol del usuario.

- **EC2 y MongoDB:** La base de datos no relacional MongoDB se aloja en una instancia EC2, gestionando entidades relevantes como usuarios, solicitudes y alimentos.
- **API Gateway:** Configuración de endpoints mediante API Gateway para gestionar las solicitudes HTTP y facilitar la comunicación entre los diferentes componentes del sistema.
- **Solicitudes Asincrónicas:** Utilización de solicitudes asincrónicas para gestionar eficientemente operaciones que pueden tardar en completarse, como la actualización de la información del inventario de alimentos y la notificación a las organizaciones benéficas sobre las donaciones disponibles.
- **Uso de Archivos Estáticos:** Sirviendo archivos estáticos, como imágenes y hojas de estilo, para mejorar la experiencia del usuario en el frontend de la plataforma web.

Ejemplos

- **Empresa Restaurante X:** El restaurante X tiene excedentes de alimentos después del cierre de su servicio de cena. Utiliza la plataforma para publicar información sobre los alimentos disponibles para donación, incluyendo platos preparados, productos frescos y productos no perecederos. Una organización benéfica local ve la publicación y solicita recoger los alimentos al día siguiente para distribuirlos entre las personas sin hogar en su área.
- **Supermercado Y:** El supermercado Y tiene productos alimenticios con fecha de vencimiento próxima que aún están en condiciones óptimas para el consumo. Utiliza la plataforma para identificar a organizaciones benéficas que puedan recibir y distribuir estos alimentos antes de que expiren. Una organización benéfica recoge los productos y los distribuye entre familias de bajos ingresos que tienen dificultades para acceder a alimentos frescos.
- **Organización Benéfica Z:** La organización benéfica X se especializa en proporcionar alimentos a familias de bajos ingresos en áreas urbanas. Utiliza la plataforma para buscar alimentos específicos que sean adecuados para las necesidades dietéticas de las familias a las que sirve, como productos frescos, productos lácteos y alimentos no perecederos. Al ver una publicación de un supermercado local sobre la disponibilidad de productos lácteos próximos a su fecha de vencimiento, la organización benéfica X solicita recoger estos alimentos para incluirlos en sus paquetes de alimentos para las familias necesitadas.

Arquitectura

La arquitectura actual del sistema está diseñada como un prototipo funcional que se enfoca en gestionar las necesidades básicas de la plataforma. A continuación, se describe la configuración actual y las mejoras sugeridas para optimizar la plataforma a nivel internacional y soportar grandes cantidades de tráfico.

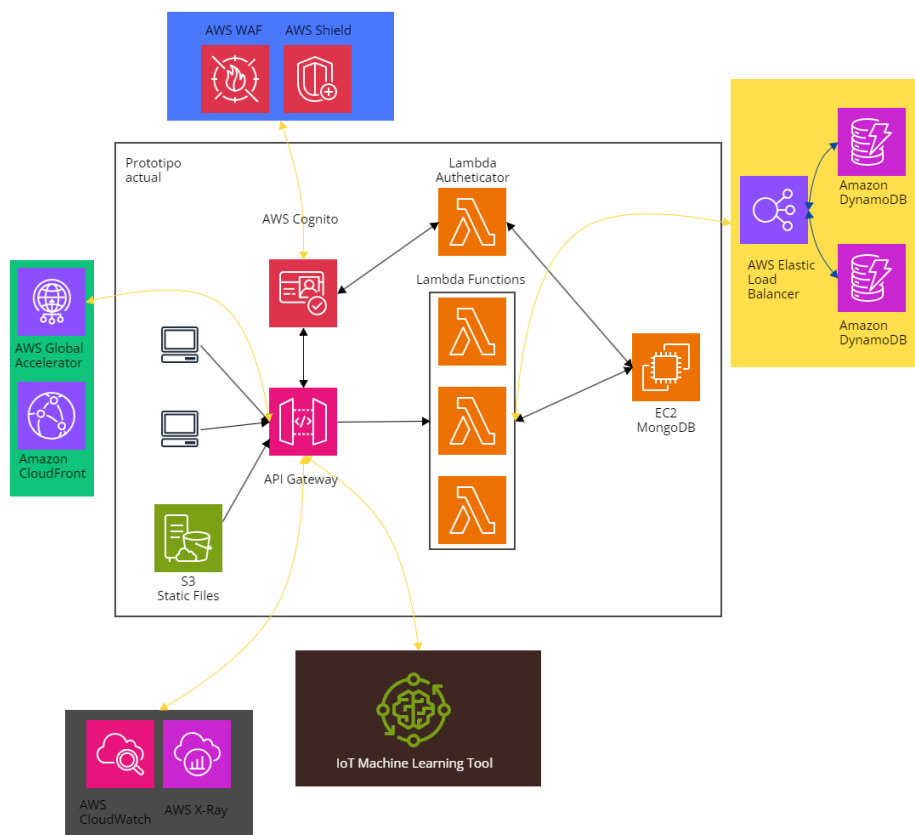


Figura 1: Arquitectura planeada

Arquitectura Actual

Actualmente, la arquitectura del sistema incluye los siguientes componentes y configuraciones:

Autenticación y Autorización: Se utiliza AWS Cognito para la autenticación de usuarios, proporcionando tokens personalizados con firmas virtuales para gestionar la autenticación en un pool de usuarios. Las funciones Lambda se emplean para validar la información de cada usuario y editar el token según la información relevante del usuario para su sesión, asegurando así una correcta verificación y autenticación de los roles (donante y receptor).

Almacenamiento de Archivos Estáticos: S3 se utiliza para alojar archivos estáticos como HTML, asegurando que el contenido esté disponible y distribuido según el rol del usuario.

Base de Datos: MongoDB, una base de datos no relacional, se aloja en una instancia EC2, gestionando entidades relevantes como usuarios, solicitudes y alimentos.

API Gateway: La configuración de endpoints se realiza mediante API Gateway para gestionar las solicitudes HTTP y facilitar la comunicación entre los diferentes componentes del sistema.

Archivos Estáticos: Se sirven archivos estáticos, como imágenes y hojas de estilo, para mejorar la experiencia del usuario en el frontend de la plataforma web.

Mejoras para una Arquitectura Óptima a Nivel Internacional

Para escalar eficientemente la plataforma a nivel internacional y soportar grandes volúmenes de tráfico, se sugieren las siguientes mejoras:

Autoescalado: Implementar autoescalado para las instancias de EC2 y las funciones Lambda para manejar picos de tráfico y asegurar la disponibilidad del servicio. Utilizar servicios como AWS Elastic Load Balancer para distribuir el tráfico entre múltiples instancias de EC2.

Base de Datos Distribuida: Migrar la base de datos a un servicio administrado y distribuido como Amazon DynamoDB o MongoDB Atlas, que ofrecen escalabilidad automática y alta disponibilidad a nivel global. Implementar estrategias de particionamiento (sharding) para distribuir los datos entre múltiples nodos.

CDN (Content Delivery Network): Utilizar una CDN como Amazon CloudFront para distribuir el contenido estático globalmente, reduciendo la latencia y mejorando la velocidad de carga para usuarios internacionales.

Seguridad Mejorada: Implementar medidas de seguridad avanzadas como AWS WAF (Web Application Firewall) y AWS Shield para proteger contra ataques DDoS. Utilizar cifrado de datos en reposo y en tránsito para asegurar la integridad y confidencialidad de la información sensible.

Microservicios: Descomponer la aplicación en microservicios para mejorar la modularidad, escalabilidad y facilidad de mantenimiento. Cada microservicio puede tener su propio almacén de datos y ser desarrollado, desplegado y escalado de manera independiente.

Monitoreo y Logging: Integrar servicios de monitoreo y logging como AWS CloudWatch y AWS X-Ray para obtener visibilidad completa del rendimiento de la aplicación y facilitar la detección y resolución de problemas.

Balanceo de Carga Global: Utilizar AWS Global Accelerator para mejorar la disponibilidad y el rendimiento de las aplicaciones con usuarios internacionales mediante el direccionamiento inteligente del tráfico a las regiones AWS óptimas.

Machine Learning: Al utilizar una herramienta como IoT Machine Learning Tool se planea gestionar a futuro las diferentes rutas de suplemento para las fundaciones necesitadas y así reducir costos en todo el proceso de optimización de recursos.

Implementar estas mejoras permitirá que la plataforma escale eficientemente a nivel internacional, soportando grandes volúmenes de tráfico mientras mantiene un alto rendimiento y una experiencia de usuario consistente y segura. Estas decisiones arquitectónicas buscan optimizar el rendimiento, la seguridad y la escalabilidad del sistema de gestión de usuarios y transacciones de alimentos. Figura 1.

Evaluación

Para validar la propuesta presentada, se llevarán a cabo una serie de experimentos y ejercicios que permitirán demostrar la veracidad y factibilidad de la plataforma de donaciones en línea para reducir el desperdicio de alimentos. Aunque estos experimentos y ejercicios aún no se han realizado, se planea realizar evaluaciones cualitativas y cuantitativas en el futuro para respaldar la efectividad de la propuesta.

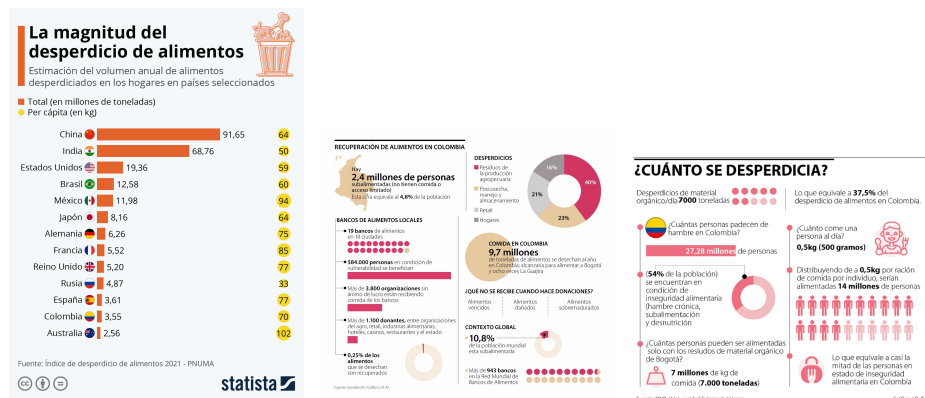
Se considera realizar las siguientes actividades para evaluar la propuesta:

- **Simulación de donaciones:** Se simulará el proceso de donación de alimentos utilizando la plataforma en un entorno controlado para evaluar la eficiencia y la facilidad de uso del sistema tanto para las empresas donantes como para las organizaciones receptoras.
- **Encuestas de satisfacción:** Se realizarán encuestas a empresas alimentarias y organizaciones benéficas que utilicen la plataforma para recopilar retroalimentación sobre su experiencia, incluyendo la facilidad de uso, la efectividad en la coordinación de donaciones y la satisfacción general con el servicio proporcionado.
- **Análisis del impacto ambiental y social:** Se llevará a cabo un análisis del impacto ambiental y social de la plataforma, incluyendo la cantidad de alimentos rescatados, la reducción en emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al desperdicio de alimentos y el alcance de la ayuda proporcionada a comunidades necesitadas.
- **Comparación con métodos tradicionales:** Se comparará el rendimiento y la eficacia de la plataforma de donaciones en línea con métodos tradicionales de donación de alimentos, como la coordinación manual a través de llamadas telefónicas y correos electrónicos, para destacar las ventajas y beneficios de la solución propuesta.

A través de estas actividades de evaluación, se espera demostrar la viabilidad y el potencial impacto positivo de la plataforma de donaciones en línea en la reducción del desperdicio de alimentos y el apoyo a comunidades necesitadas.

Metricas

En Colombia, aproximadamente 2,4 millones de individuos sufren de hambre debido a la falta de acceso adecuado a los alimentos, lo que representa alrededor



(a) Índice de desperdicio de alimentos (b) Desperdicio de alimentos en EspAndi (c) Gráfico de desperdicio de alimentos

Figura 2: Comparación de diferentes índices de desperdicio de alimentos

del 4,8 % de la población total del país. En comparación, a nivel global, esta cifra se eleva al 10,8 % de la población mundial.

Según el más reciente análisis llevado a cabo por la Asociación de Bancos de Alimentos de Colombia (Abaco) y el informe sobre seguridad alimentaria elaborado por Paola Medellín, de la Universidad Nacional, se estima que un 54 % de la población en Colombia se encuentra dentro del grupo caracterizado por la inseguridad alimentaria. Esta categorización se basa en la presencia de condiciones como la hambre crónica, la subalimentación y la desnutrición crónica en la niñez.

931 millones de toneladas de alimentos terminan en la basura cada año: ONU

Con el proposito de asegurar la calidad del producto se planean implementar metricas tales como,

- **Tiempo de respuesta del sistema:** El tiempo de respuesta óptimo del sistema se establece en 200 milisegundos (ms) para la mayoría de las solicitudes de los usuarios, como la publicación de comida por parte de los productores y las reservas realizadas por los consumidores. Este tiempo de respuesta rápido contribuye a una experiencia de usuario positiva, asegurando que las acciones se procesen casi instantáneamente.
- **Número de transacciones completadas:** Se espera que el prototipo facilite al menos 1,000 transacciones completadas por mes. Este número indica la cantidad de reservas que se convierten en transacciones efectivas, donde la comida reservada es recogida y utilizada, demostrando la efectividad de la plataforma en facilitar interacciones exitosas entre productores y consumidores.
- **Feedback de los usuarios:** El objetivo es obtener una calificación promedio de satisfacción del usuario de al menos 4.5 sobre 5.0 en las encuestas de usabilidad y experiencia general. Además, se pretende que menos del 5 % de los comentarios contengan críticas negativas o reporten problemas significativos con la aplicación. Este feedback se recopilará y analizará pa-

ra proporcionar información valiosa para realizar mejoras y ajustes en la plataforma.

- **Seguridad y privacidad de los datos:** El sistema debe mantener una tasa de incidentes de seguridad y violaciones de datos por debajo del 0.01 % de las transacciones. Además, se debe garantizar el cumplimiento del 100 % de los estándares de encriptación SSL y el manejo adecuado de la información personal de los usuarios, con auditorías de seguridad periódicas para identificar y mitigar posibles vulnerabilidades.

Conclusión

La presente investigación ha abordado el problema del desperdicio de alimentos y la inseguridad alimentaria mediante la propuesta de una plataforma en línea que conecta a empresas alimentarias con organizaciones benéficas locales para facilitar la donación de alimentos excedentes. A lo largo de este trabajo, se ha recordado la magnitud del problema del desperdicio de alimentos y se han presentado las contribuciones de nuestra propuesta, así como las evaluaciones planeadas para validar su efectividad.

Los resultados esperados de la implementación de esta plataforma son significativos. Se espera que la reducción del desperdicio de alimentos tenga un impacto positivo en múltiples aspectos, incluyendo la seguridad alimentaria de las comunidades necesitadas, la reducción de la contaminación ambiental asociada con el desperdicio de alimentos y la promoción de una economía circular más sostenible.

Sin embargo, quedan algunas preguntas abiertas que requieren una mayor investigación y reflexión. Por ejemplo, es importante explorar cómo se puede garantizar la equidad en la distribución de alimentos donados a través de la plataforma, así como cómo se pueden abordar los desafíos logísticos y operativos asociados con la recolección y distribución eficiente de alimentos. Además, es crucial examinar cómo se puede fomentar la participación activa de las empresas alimentarias y las organizaciones benéficas en la plataforma, y cómo se pueden superar posibles barreras, como preocupaciones sobre la responsabilidad legal y la logística de la donación.

Referencias

- [1] Teresita Alzate Yepes and Diana María Orozco Soto. Pérdida y desperdicio de alimentos. problema que urge solución. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 23(2):133–139, dic. 2021.
- [2] Eduardo Bianchi and Carolina Szpak. Seguridad alimentaria y el derecho a la alimentación adecuada. 2016.
- [3] Sheyla Araceli Carmín Magallanes and Carlos Williams Quispe Aquise. Revisión sistemática: impactos ambientales generados por desperdicio de alimentos. 2021.
- [4] Gonzalo Alonso Gutierrez Pereyra. Estudio de la cadena de suministro de alimentos perecederos. 2021.
- [5] Walter Leal Filho, Priscilla Cristina Cabral Ribeiro, Andréia Faraoni Freitas Setti, Fardous Mohammad Safiul Azam, Ismaila Rimi Abubakar, Julen Castillo-Apraiz, Unai Tamayo, Pinar Gokcin Özuyar, Kamila Frizzo, and Bruno Borsari. Toward food waste reduction at universities. *Environment, Development and Sustainability*, May 2023.

- [6] Lino Jorge Llatas Altamirano et al. Programa educativo para el aprendizaje autónomo basado en estrategias didácticas fundamentadas en el uso de las tecnologías y comunicación. la investigación formativa de los estudiantes del primer ciclo de la usat. 2016.
- [7] Macarena Jara Nercasseau, Sandra Patricia Olano Delgado, Álvaro Parrado Barbosa, et al. Generación y reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos. aprendizajes desde la maestría en soberanía y seguridad alimentaria y nutricional de la universidad nacional de colombia. *Publicaciones e Investigación*, 17(3), 2023.
- [8] Helen Onyeaka, Phemelo Tamasiga, Uju Mary Nwauzoma, Taghi Miri, Uche Chioma Juliet, Ogueri Nwaiwu, and Adenike A. Akinsemolu. Using artificial intelligence to tackle food waste and enhance the circular economy: Maximising resource efficiency and minimising environmental impact: A review. *Sustainability*, 15(13), 2023.
- [9] Sergio Enrique Polo Santanilla et al. Sistema de gestión de inventarios para el control de la fecha de vencimiento de alimentos en el hogar. 2022.
- [10] N. R. Wani, R. A. Rather, A. Farooq, S. A. Padder, T. R. Baba, S. Sharma, N. M. Mubarak, A. H. Khan, P. Singh, and S. Ara. New insights in food security and environmental sustainability through waste food management. *Environmental Science and Pollution Research International*, 2023.