PROPUESTA DE UN MODELO DE CADENA DE SUMINISTRO SOSTENIBLE, A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DE ALIMENTOS AGRÍCOLAS RECOLECTADOS EN EL CENTRO DE ACOPIO DEL BANCO DE ALIMENTOS DE BOGOTÁ UBICADO EN CORABASTOS

ARLEX SEBASTIAN PARADA ESQUIVEL
JULIAN DAVID ARCINIEGAS BETANCOURT

PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OBTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

DIRECTOR
SANDRA XIMENA TRUJILLO MORENO
INGENIERO INDUSTRIAL
LUIS GABRIEL GUTIÉRREZ BERNAL
INGENIERO INDUSTRIAL

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.
2025

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____ _____

Firma del director **Firma del presidente del jurado**

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

Bogotá, D.C. junio de 2025

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro
Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional
Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica
Dra. María Fernanda Vega de Mendoza

Vicerrectora de Investigación y Extensión
Dra. Susan Margarita Benavides Trujillo

Vicerrector de Desarrollo y Financiero
Dr. Ramiro Augusto Forero Corzo

Secretario General
Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano Facultad de Ingeniería
Dr. Carlos Mauricio Veloza Villamil

Directora Departamento Industrial
Dra. Mónica Yinette Suarez Serrano

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia, por su apoyo constante a lo largo de este proceso.

A mis amigos, por su compañía y palabras de aliento.

Y a todas las personas que, de una u otra forma, hicieron posible la realización de este trabajo.

Julian David Arciniegas

Agradezco en primer lugar a Dios por brindarme la oportunidad de adquirir el conocimiento necesario para elaborar este proyecto. También extiendo mi agradecimiento a mi familia, especialmente a mis padres, tíos y abuelos, por su apoyo incondicional.

Arlex Sebastián Parada

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1. Pregunta de investigación	17
1.2. Justificación	17
2. OBJETIVOS	20
2.1. Objetivo general	20
2.2. Objetivos específicos	20
3. MARCO TEÓRICO	21
3.1. Banco de alimentos de Bogotá	21
3.2. Logística en Bancos de alimentos:	21
3.3. Evolución de la cadena de suministro	22
3.4. Tecnologías en entornos de alta incertidumbre	24
3.5. Modelos de planificación y pronósticos, gestión del inventario	25
3.6. Herramientas tecnológicas	27
4. METODOLOGÍA	30
4.1. Descripción de la metodología	30
4.1.1. Tipo y metodología de investigación	30
4.1.2. Fuentes y técnicas de información	30
4.1.3. Fases	30
5. RESULTADOS	33
5.1. Caracterización de las variables de entrada y salida	33
5.1.1. Resultados de la encuesta	33
5.1.2. Análisis base de datos BAB	44
5.1.3. Exploración proceso de Voluntariado	47
5.1.4. Análisis de Productividad y Eficiencia en el proceso de recolección	48

5.1.5. Análisis proceso de selección y almacenamiento Centro de Acopio 53

5.1.6. Distribución a beneficiarios 56

5.1.7. Clasificación y definición de variables 58

5.2. Configuración de la cadena de suministro del Centro de Acopio en Corabastos 59

5.3. Descripción de actores 62

5.4. Descripción de procesos 64

5.4.1. Planeación 64

5.4.2. Abastecimiento 64

5.4.3. Selección y clasificación de alimentos 65

5.4.4. Distribución 66

5.5. Pronóstico de demanda mediante modelado predictivo 69

5.6. Herramienta tecnológica 71

6. CONCLUSIONES 79

7. RECOMENDACIONES 81

REFERENCIAS 82

ANEXOS 86

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. *Niveles de seguridad alimentaria en Colombia (%)*	15
Figura 2. *Árbol de problemas de la investigación.*	17
Figura 3. *Donantes mensuales de Corabastos al Centro de Acopio*	34
Figura 4. *Tipos de producto donados.*	35
Figura 5. *Cantidad de alimentos donados*	36
Figura 6. *Departamento de origen que comercializan los comerciantes*	37
Figura 7. *Medio de notificación de las donaciones.*	38
Figura 8. *Motivaciones para realizar las donaciones*	39
Figura 9. *Frecuencia de las donaciones.*	40
Figura 10. *Disposición para donar alimentos de forma periódica.*	41
Figura 11. *Viabilidad de los comerciantes para notificar donaciones de forma regular*	42
Figura 12. *Momento del día donde hay más excedentes.*	43
Figura 13. *Productos donados al BAB en el 2024.*	44
Figura 14. *Top 5 de alimentos más donados.*	45
Figura 15. *Top 5 productos recolectados a lo largo del 2024.*	46
Figura 16. *Top 20 Bodegas que más donaron en el 2024.*	47
Figura 17. *Diagrama de recorrido Centro de Acopio.*	56
Figura 18. *Cadena de suministro Centro de Acopio.*	61
Figura 19. *Diagrama de flujo de procesos Centro de Acopio*	68
Figura 20. *Serie de tiempo.*	69
Figura 21. *Pronostico serie de tiempo.*	70
Figura 22. *Pestaña de planeación.*	73
Figura 23. *Pestaña de inventario.*	75
Figura 24. *Pestaña de pedidos.*	76
Figura 25. *Registro de fundaciones.*	77
Figura 26. *Pestaña de distribución.*	78

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. *Análisis de Productividad y Eficiencia en la Recolección de Alimentos – Día 1 de Observación.* 49

Tabla 2. *Análisis de Productividad y Eficiencia en la Recolección de Alimentos – Día 2 de Observación.* 50

Tabla 3. *Análisis de Productividad y Eficiencia en la Recolección de Alimentos – Día 3 de Observación.* 51

Tabla 4. *Registro fotográfico de las actividades en el proceso selección y almacenamiento en el Centro de Acopio.* 53

Tabla 5. *Clasificación y definición de variables* 58

Tabla 6. *Porcentajes de perdida estimados* 60

Tabla 7. *Pronostico mensual* 71

RESUMEN

La inseguridad alimentaria junto con el desperdicio de alimentos es dos de las problemáticas más grandes que enfrenta la humanidad en estos momentos. Como contraparte, existen organizaciones como los Bancos de Alimentos los cuales son entidades sin ánimo de lucro cuyo objetivo es ayudar a poblaciones en condición de vulnerabilidad que sufren inseguridad alimentaria y desnutrición. En este trabajo se busca ayudar estas fundaciones, por lo que se propone un modelo de cadena de suministro sostenible para lograr una mejor planeación, gestión y distribución en el aprovechamiento de alimentos agrícolas por parte del Centro de Acopio del Banco de Alimentos de Bogotá ubicado en la central de abastos Corabastos. Para crear este modelo se identificaron las variables logísticas más influyentes en la cadena a través de encuestas y visitas a modo de voluntariado, se analizó la serie de tiempo para las donaciones recibidas identificando tendencia y estacionalidad para posteriormente implementar modelos predictivos como "Prophet", con el fin de realizar la planificación con base en este pronóstico. Finalmente, se integran estos análisis y se propone una herramienta tecnológica basada en HTML con el propósito de apoyar la toma de decisiones operativas que enfrenta el Centro de Acopio diariamente. Como resultado se demuestra la viabilidad de una cadena de suministro más ágil, tecnológica y sostenible. La propuesta considera tantos aspectos operativos como sociales y ambientales, alineándose con los Objetivos de desarrollo sostenible, especialmente con el ODS 2: Hambre cero.

Palabras clave: Cadena de suministro sostenible, Inseguridad alimentaria, Banco de Alimentos de Bogotá, Prophet, Logística.

INTRODUCCIÓN

El presente documento busca aportar a la lucha de dos problemáticas crecientes en la actualidad, siendo la inseguridad alimentaria y el desperdicio de alimentos. Por un lado, la inseguridad alimentaria es un fenómeno el cual distintas organizaciones alrededor del mundo tratan de solucionar, sin embargo, pese a los esfuerzos este sigue creciendo. Por otro lado, está el desperdicio de alimentos, que, mientras millones de personas sufren de inseguridad alimentaria o presentan algún tipo de problema para acceder a una alimentación adecuada, en países como Colombia se desperdician alrededor de 9,7 millones de toneladas al año [1], siendo esto un caso contradictorio donde un porcentaje de este alimento podría ser dispuesto a personas o comunidades que lo requieran, identificando una necesidad para optimizar los procesos logísticos y operativos en la cadena de suministro de este tipo de organizaciones.

En contextos donde la logística es una de las bases fundamentales para la optimización de la cadena de suministro, como es en el caso del Banco de alimentos de Bogotá (BAB), el cual se encarga de unir esfuerzos para ayudar a poblaciones en condiciones de vulnerabilidad que sufren de inseguridad alimentaria [2], mejorar las actividades diarias en esta organización, por medio de un modelo de cadena de suministro sostenible, se convierte en una necesidad fundamental para optimizar cada uno de los eslabones que configuran dicha cadena.

Uno de sus principales retos identificados relaciona la dificultad en la planeación de los recursos, debido a que el suministro del producto (alimentos perecederos), parte de un alto grado de incertidumbre al ser donaciones. Esta organización se encuentra en uno de los puntos principales donde se generan mayores cantidades de desperdicios de alimentos a nivel nacional, reconocida como la central de abastos más grande del país para el comercio mayorista de productos agrícolas, denominada con el nombre de Corabastos. En este contexto, organizaciones como el BAB, buscan evitar la pérdida de alimentos que aún se encuentran aptos para el consumo humano, los cuales, de otro modo, serían desechados directamente a los vertederos sin haber intentado algún tipo de revalorización para estos productos.

Se espera que este proyecto por medio de un análisis de las variables logísticas que se identificaron a lo largo de las actividades realizadas en el Centro de Acopio del BAB, junto a una configuración actual de la cadena de suministro, proporcione información relevante para elaborar el modelo planteado, de igual modo, se espera realizar un análisis de la serie de tiempo de las donaciones recibidas y la aplicación de un método predictivo como “Prophet” que se ajuste al comportamiento

de la serie. Con base en este pronóstico se espera realizar una mejor planeación para la cadena de suministro teniendo en cuenta los recursos y procesos del Centro de Acopio.

Finalmente, a través de la propuesta de una herramienta tecnológica se espera optimizar los diferentes eslabones de la cadena de suministro con métodos y herramientas como una planificación según el pronóstico, gestión de inventarios y pedidos y ruteos para la distribución a fundaciones, para así alcanzar un mayor aprovechamiento de los alimentos ayudando con la misión del BAB luchando contra el hambre y la inseguridad alimentaria impactando factores sociales, ambientales y económicos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La inseguridad alimentaria, junto con el desperdicio de alimentos, son dos desafíos que la humanidad presenta en la actualidad, en donde millones de personas tienen dificultades para acceder a una alimentación digna. Estas pérdidas se evidencian principalmente a lo largo de toda la cadena de suministro cuando los alimentos son descartados por los comerciantes o los consumidores y pasan a ser considerados residuos orgánicos, sin embargo, un gran porcentaje de estos productos podrían ser contemplados como aptos para el consumo humano, aprovechando así estos alimentos, para beneficiar a diferentes organizaciones sociales que los requerían.

Debido a esto, es importante tener una perspectiva general del impacto social que conlleva esta mala gestión, donde organismos como la Red de Información sobre Seguridad Alimentaria, menciona que aproximadamente 258 millones de personas para el año 2022 en 59 países sufrieron de inseguridad alimentaria. Esta información evidencia que esta crisis viene aumentando a medida que pasan los años, siendo el periodo donde más casos de inseguridad alimentaria se han presentado en los últimos cuatro años bajo observación [3]. Esto establece que las acciones que se están realizando a nivel mundial para mitigar esta problemática no están funcionando, por lo cual es importante implementar estrategias que fortalezcan la seguridad alimentaria para así intentar disminuir la cantidad de personas y comunidades locales que se ven afectadas por esta situación. Por este motivo es importante evaluar organizaciones como los bancos de alimentos, los cuales ayudan a combatir y reducir las pérdidas generadas por el no aprovechamiento de estos productos. Una de las principales organizaciones a nivel mundial es The Global FoodBanking Network, donde a lo largo de sus operaciones para el año 2023 han atendido a más de 40 millones de personas en situación de vulnerabilidad, con una cifra estimada de 654 millones de kg recibidos en alimento. De estos productos, casi el 40% correspondieron a frutas y verduras, por lo cual para estas organizaciones la oportunidad de realizar alianzas estratégicas con agricultores ha sido de una gran ayuda, debido a que han evitado en un gran porcentaje el desperdicio de estos productos. De igual manera, se estima que, para este año en evaluación, gracias a la recuperación de estos alimentos, un aproximado de 1,8 millones de toneladas de CO2e (Dióxido de carbono equivalente) se han evitado [4]. Pese a estos esfuerzos realizados por estas organizaciones esta problemática sigue en aumento, donde el desperdicio de los alimentos se identifica como un fallo en el sistema, el cual provoca que cada año se tiren más alimentos a la basura [5]. Además, se calcula que para el año 2019, se desperdiciaron alrededor de 931 millones de toneladas de alimento en el mundo, los cuales

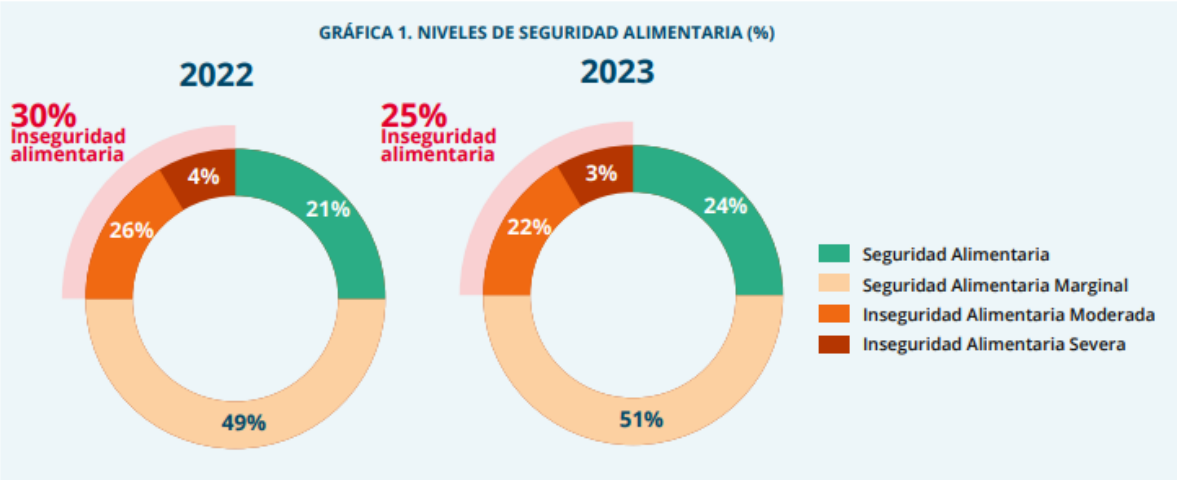
pudieron ser dispuestos a personas con necesidad [6].

Con base en lo anteriormente mencionado, es importante analizar la inseguridad alimentaria en un país como lo es Colombia, donde los estratos socioeconómicos uno y dos son los más afectados. Estas agrupaciones se usan con el fin de cobrar de manera diferencial los servicios públicos domiciliarios permitiendo asignar subsidios y cobrar contribuciones, sin embargo, pese a la ayuda del estado, estos grupos socioeconómicos continúan presentando problemas en la obtención de alimentos aptos para el consumo humano. La inseguridad alimentaria se ha dividido en diferentes categorías para evaluar la situación alimentaria de un grupo o población determinada, donde se identifican los niveles de riesgo para establecer intervenciones específicas. Estas se identifican como: Inseguridad alimentaria moderada y severa.

Según la escala FIES, utilizada por el DANE, en el 2024 el 25,5% de la población del país, experimentó inseguridad alimentaria moderada o severa [7]. En comparación, el 2022 donde cerca del 30% de los colombianos de igual manera presentaron algún tipo de inseguridad alimentaria, mientras que para el 2023 este indicador se redujo al 25% cifra similar al 2024, evidenciando una leve mejora en el acceso de alimentos para estas comunidades. Esto quiere decir que, pese a los esfuerzos realizados por los bancos de alimentos, a nivel nacional se ha reducido una cifra significativa de personas que sufren de esta problemática, sin embargo, un 25% de la población colombiana representa un valor elevado, donde es importante buscar estrategias alternativas, que se puedan implementar dentro de las actividades de estas organizaciones, para así impactar y mejorar sus operaciones, con el fin de recolectar más alimentos.

Figura 1.

Niveles de seguridad alimentaria en Colombia (%)



Nota. Niveles de seguridad alimentaria 2022 vs 2023. Tomado de: Evaluación de Seguridad Alimentaria para Población Colombiana 2024 (WFP), https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000157257/download

En Colombia los bancos de alimentos juegan un papel crucial al combatir la inseguridad alimentaria, ya que en este país millones de personas sufren de pobreza extrema y enfrentan problemas para acceder a una alimentación adecuada. Actualmente en el país existe la Asociación de Bancos de Alimentos de Colombia (ABACO) la cual coordina una red de 25 bancos de alimentos distribuidos a nivel nacional. Dentro de sus principales actividades, se encuentra la recolección, almacenamiento y distribución de estos productos.

A partir de estas problemáticas identificadas, es importante evaluar este impacto en una ciudad como lo es Bogotá, donde la inseguridad alimentaria grave es distinta en los diferentes puntos de la ciudad, afectando en mayor medida a las localidades como Usme, Santa Fe, Bosa y Tunjuelito. Según lo indica la Secretaria Distrital de Integración Social, para el 2022 esta problemática alcanzo a impactar a más del 4,2% de la población total, lo cual representa un estimado de 321 mil personas [9]. Mientras que la inseguridad alimentaria moderada, según lo indica la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV), representó un 23,3%, equivalente a 1.79 millones de personas [10].

Con base en estas cifras obtenidas, instituciones como el Banco de Alimentos de Bogotá, surgen para combatir la inseguridad alimentaria. Su principal objetivo se basa en recibir, clasificar, almacenar y distribuir alimentos a organizaciones sociales de manera equitativa, mitigando el desperdicio de alimentos y la contaminación. Según el informe de gestión realizado por el BAB, para el año 2024 se recibieron por parte de donación un estimado de 11.5 millones kg, de los cuales

7.7 millones kg correspondieron a alimentos nutritivos. Por otro lado, gracias a las donaciones en especie y en efectivo, se ha logrado entregar más de 20 millones kg en productos a comunidades vulnerables. A partir de esta gestión se han impactado a más de 1,207 organizaciones beneficiadas, donde se han entregado un poco más de 48.9 millones de platos de comida a los más necesitados [11]. Pese a ser una organización sin ánimo de lucro su impacto en la sociedad ha hecho que millones de personas puedan acceder a una alimentación digna.

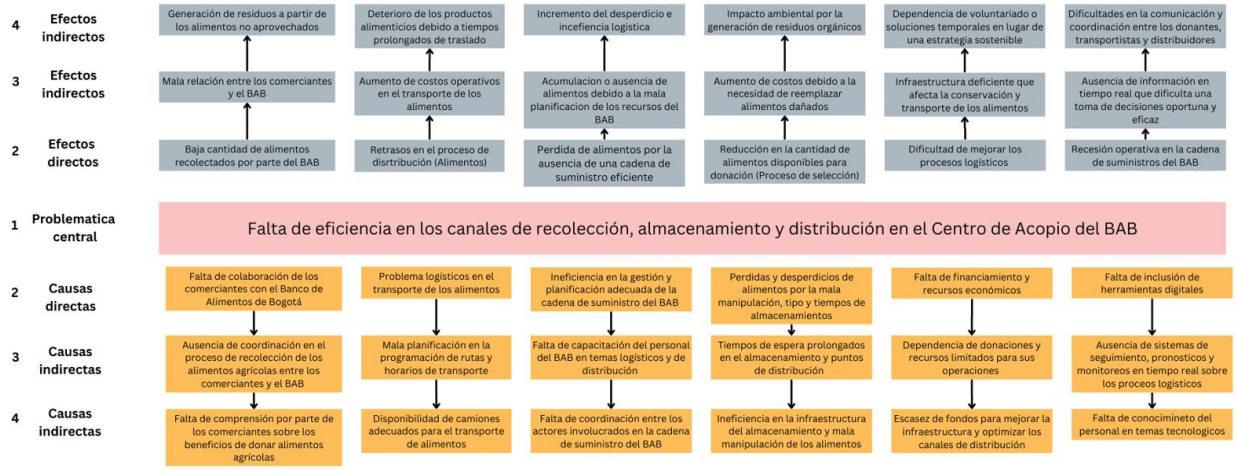
Este estudio, se realizará específicamente en el Centro de Acopio del BAB el cual se encuentra ubicado en la Central de Abastos Corabastos. Se estima que el volumen de comercialización en este lugar alcanza las 30 mil toneladas de productos frescos al día, donde aproximadamente 4.5 toneladas se pierden por una mala gestión y uso de estos alimentos [12]. Basados en esta información el Centro de Acopio toma acciones para mitigar estas pérdidas a través de la recolección de estos alimentos perecederos que, por diversas razones, no alcanzaron a ser comercializados al finalizar la jornada. Esta recolección se realiza por medio de los colaboradores y voluntarios, donde diariamente recorren los más de 6.000 locales. Gracias a las donaciones de los comerciantes y la gestión realizada por parte del BAB, para el 2024 se lograron recolectar más de 3.4 millones kg de frutas, verduras y otros productos frescos [11].

De acuerdo con lo anterior, la cantidad de alimento que se pierde diariamente en la central sigue siendo significativa, lo que representa no solo una pérdida económica, sino también un impacto ambiental y social considerable. La falta de una gestión eficiente en el manejo de estos excedentes hace que estos productos sean considerados desperdicios. Por lo cual, es fundamental implementar estrategias que permitan minimizar estas pérdidas y mejorar el aprovechamiento de los alimentos, por ejemplo, una adecuada gestión en las donaciones, optimización logística y mejores prácticas en la cadena de suministro.

Con base en esta información preliminar y visitas de campo, se realiza un Árbol de problemas, con el fin de identificar las principales causas y efectos relacionados con las dificultades actuales que el Centro de Acopio afronta. Evaluando como problemática principal la falta de eficiencia en los canales de recolección, almacenamiento y distribución. A partir de estos hallazgos, se establece un enfoque principal en la importancia de tener una cadena de suministro sostenible y eficiente, para así optimizar de la mejor manera posible cada uno de los eslabones que la conforman.

Figura 2.

Árbol de problemas de la investigación.



Nota. Árbol donde se explican los problemas identificados de la organización.

1.1. Pregunta de investigación

¿Cómo puede el planteamiento de un modelo sostenible de cadena de suministro aprovechar eficientemente los alimentos recolectados en el Centro de Acopio del Banco De Alimentos De Bogotá en Corabastos?

1.2. Justificación

En Colombia, los Bancos de Alimentos enfrentan un desafío particular debido a la alta dependencia de donaciones, las cuales no son predecibles en cantidad ni en tipo. De acuerdo con el Banco De Alimentos de Bogotá, más del 80% de los alimentos que reciben provienen de donaciones no programadas, lo que genera un grado de incertidumbre, siendo difícil adecuar los recursos disponibles para recibir y entregar estos productos [2].

La recolección de estos alimentos ha generado un impacto positivo para la seguridad alimentaria en el mundo, algunos organismos como los son empresas o comerciantes minoristas han decidido realizar donaciones de forma regular, pero son muy pocos los que integran este hábito en sus actividades. Para entender más a detalle esta problemática hay que tener en consideración lo que menciona la Asociación de Bancos de Alimentos de Colombia (ABACO), donde se estima que cada año se desperdician alrededor de 9,7 millones de toneladas de alimentos en Colombia, que de otro modo pudieron haber sido aprovechados para el consumo humano, siendo esto una

oportunidad de reducir la inseguridad alimentaria por medio de organizaciones como los bancos de alimentos. De igual forma se estima que para cada año un poco más de 2,7 millones de personas viven en condiciones de pobreza extrema, siendo difícil para estos grupos el acceso a una alimentación digna [13]. Debido a esta problemática, diferentes países alrededor del mundo como España y Estados Unidos han decidido mejorar sus procesos operativos por medio de la implementación de herramientas de inteligencia artificial o sistemas de inventario para mejorar la gestión que conlleva el aprovechamiento de estos productos en los bancos de alimentos. A partir de la integración de estas herramientas se ha logrado predecir en un alto porcentaje, qué cantidad de alimentos o productos serán entregados en un periodo de tiempo determinado, esto con el fin de generar una mejor planificación de los recursos a lo largo de la cadena de suministro de toda organización. Autores como Cañedo y Martínez, mencionan la importancia de optimizar los recursos en los bancos de alimentos, destacando que la implementación de sistemas o herramientas de planificación no solo mejoran la eficiencia operativa de la organización, sino que también genera un impacto positivo ambiental en términos de sostenibilidad [14]. Además, estudios realizados por el World Food Programme (WFP), de igual manera afirman que la implementación de tecnologías mejora la eficiencia operativa hasta un 25% en toda organización, lo que quiere decir que se aprovechan mejor los recursos disponibles [15].

Por otro lado, una de las razones principales por la que se genera inseguridad alimentaria en un país como lo es Colombia, es el alto nivel de desperdicios de alimentos que se generan en las plazas de mercado. Donde los comerciantes consideran que la cantidad de alimentos que comercializan es la adecuada, conforme a la demanda, sin embargo, muchos de estos productos por diversas razones no alcanzan a ser comercializados al finalizar las jornadas y debido a que son alimentos perecederos, terminan descomponiéndose o en basureros. De igual manera, en algunos casos el área de almacenamiento de estos productos no es la más adecuada, generando pérdidas de alimento por una manipulación ineficiente de estos productos.

Estas problemáticas conllevan a identificar oportunidades de mejora en los procesos operativos de toda organización, con el fin de aprovechar estos alimentos. Pese a las medidas que los comerciantes optan por utilizar para disminuir estos desperdicios, según cifras del Departamento Nacional de Planeación (DNP), aproximadamente el 45% de frutas, verduras, raíces y tubérculos a nivel mundial, se desperdician [16], siendo esto una de las causas principal para implementar estrategias integrales que ayuden al buen manejo y disposición de estos productos. Al no contar

con las suficientes medidas regulatorias para el buen manejo de los alimentos en estas plazas, estos desperdicios contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero. A nivel global, según lo menciona el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), el desperdicio de alimentos genera entre el 8% y el 10% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero [17].

Es importante mencionar que mientras millones de personas en el país padecen hambre, miles de toneladas de alimentos son desperdiciados diariamente en plazas de mercado. A causa de esto, es importante tener en cuenta que, si estos alimentos se gestionaran de una manera correcta, más de 3 millones de personas al año que padecen de esta problemática podrían acceder a una alimentación digna [18].

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Diseñar un modelo sostenible de cadena de suministro que optimice la gestión de alimentos agrícolas provenientes de los comerciantes de Corabastos hacia el Centro de Acopio del Banco de Alimentos de Bogotá, que mejore la eficiencia en la recolección, almacenamiento y distribución de dichos alimentos.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar una caracterización de las variables de logística de entrada y de salida de los alimentos donados, por parte de los comerciantes de Corabastos al Banco de Alimentos de Bogotá.
- Configurar la cadena de suministro del Centro de Acopio del Banco de alimentos de Bogotá ubicado en Corabastos para la recolección de alimentos agrícolas donados.
- Proponer un modelo que determine una demanda futura a partir de datos con un alto grado de incertidumbre.
- Definir una herramienta tecnológica como estrategia para la optimización de la planeación de la cadena de suministro sostenible basado en la incertidumbre de la demanda y su aprovisionamiento.

3. MARCO TEÓRICO

El presente apartado tiene como objetivo, presentar conceptos relevantes en el ámbito del Centro de Acopio del BAB en Corabastos y su relación, dando un contexto del funcionamiento de la cadena de suministro evaluando actores y procesos clave. Así mismo, se evalúan aspectos relacionados con la herramienta tecnológica planteada y las diferentes teorías implementadas para llegar a ella.

3.1. Banco de alimentos de Bogotá:

El Banco de Alimentos de Bogotá es una organización sin fines de lucro que nació en 2001. Su misión es promover la seguridad alimentaria a través de donaciones, trabajando cada día para combatir el desperdicio de alimentos. Su principal objetivo es fomentar el consumo de productos frescos y saludables, impactando positivamente a las comunidades que más lo necesitan.

Según lo mencionado por el Banco de alimentos de Bogotá, son un conjunto de esfuerzos de la industria alimentaria, la academia y otras organizaciones sin ánimo de lucro. Juntas laboran con el fin de ayudar a comunidades en condiciones de vulnerabilidad que sufren de inseguridad alimentaria y desnutrición en la ciudad. De igual manera, ellos se encargan de gestionar las donaciones que reciben de los benefactores, ya sea en forma de alimentos o bienes, asegurándose de que todo se maneje, almacene y distribuya adecuadamente, para que llegue de manera segura y efectiva a quienes realmente lo necesitan. Según datos del 2025, presentados por esta misma organización, desde su fundación han contabilizado alrededor de 297 millones de kilos de alimentos hasta la fecha, los cuales han sido entregados a más de 1.206 organizaciones beneficiarias. Además, cuentan con 156 colaboradores acompañados de 12.976 voluntarios de la mano de 58 universidades, quienes contribuyen al área de logística con el fin de mejorar los procesos operativos [2].

3.2. Logística en Bancos de alimentos:

La logística juega un papel fundamental en los Bancos de alimentos, ya que, garantiza la eficiencia en los procesos de recepción, almacenamiento, clasificación y distribución de los productos. Según lo mencionado por Cristancho Mora & Bulla Marín, la red logística del BAB contempla variables de entrada las cuales hacen referencia a los procesos mediante el cual los alimentos y productos son donados, trasportados y registrados en las bases de datos del BAB. Para ello, se debe realizar

una coordinación con donantes, programación en recolección, recepción física y evaluación del estado de los productos. Con respecto a las variables logísticas de salida estas abarcan desde la planeación hasta la ejecución y entrega de productos a las fundaciones beneficiarias. Estas etapas incluyen la preparación de pedidos, rutas de entrega, control de inventarios y verificación de la recepción por parte de las entidades sociales [19]. Al dar un buen manejo a estas variables se logran minimizar perdidas, optimizar recursos y garantizar que los alimentos lleguen a tiempo y en buenas condiciones a quienes los necesitan.

En cuanto al modelo a desarrollar se puede observar cómo los Bancos de Alimentos de diferentes países y con problemas logísticos comparables han optado por implementar diferentes estrategias para atacar la problemática de la inseguridad alimentaria. En el caso del Banco de Alimentos de Sao Paulo (Brasil) se implementó un programa de recolección en industrias alimentarias, cadenas minoritas y mayoristas, el cual consiste en ir hasta la organización para recolectar los productos que posteriormente serán entregados a los beneficiarios. Este programa cuenta con un equipo de profesionales capacitados, donde el Banco De Alimentos, recibe, selecciona, separa y analiza las condiciones de los productos para así poder entregarlos a las comunidades necesitadas [20]. Por otra parte, el Banco de alimentos de Buenos Aires (Argentina) ha desarrollado una aplicación para dispositivos móviles, la cual contribuye a gestionar las donaciones de mejor manera, facilitando el acceso a los alimentos por parte de las distintas organizaciones sociales, donde empresas donantes programan sus donaciones de alimentos por medio de la aplicación, contribuyendo así a reducir el desperdicio de alimentos [21]. Estas estrategias son importantes ya que optimizan los procesos operativos para fortalecer las capacidades logísticas en los Bancos De Alimentos.

3.3. Evolución de la cadena de suministro

De acuerdo con lo mencionado por Ballou, este define la cadena de suministro como un conjunto de actividades que interactúan de manera funcional a lo largo del flujo del producto, en donde la materia prima se transforma en el artículo final y se añade valor al consumidor [22]. Otra definición es la de Chopra & Meindl, donde describen la cadena de suministro como la configuración de todas las partes que participan directa o indirectamente en la fabricación o elaboración de un pedido de un cliente. Esto no solo incluye a los proveedores y etapas de producción, sino que también integra todas las variables que en conjunto configuran la cadena de suministro, determinando los actores involucrados en los procesos y la manera en que estos coordinan sus

actividades y comparten información, con el fin de cumplir con la necesidad del cliente [23].

Una perspectiva integral sobre la cadena de suministrados se evidencia en lo mencionado en el Manual Práctico De Logística De PricewaterhouseCoopers, quienes describen la cadena de suministro como aquellos procesos de negocio, talento humano, sistemas organizativos y plataformas tecnológicas, quienes en conjunto operan con el fin de transformar materias primas en bienes o servicios, los cuales son dispuestos al cliente final para suplir con su requerimiento. De igual manera, esta definición abarca tanto las áreas internas como externas de toda organización, relacionando a los proveedores, fabricantes y distribuidores hasta llegar al cliente final. En términos de globalización estas cadenas fomentan las relaciones para impulsar el desarrollo de los mercados, destacando que el éxito organizacional depende de incorporar una cadena de suministro integrada, flexible y bien gestionada, donde la información fluya de manera eficiente y el control de las operaciones sea en tiempo real [24].

La sostenibilidad se ha convertido en un pilar fundamental para la gestión empresarial, donde se fomenta la importancia de implementar sistemas productivos más responsables. Este enfoque no solo permite minimizar el desperdicio de materiales a lo largo de los procesos en la cadena de suministro, si no también, reutilizar dichos materiales para reintegrarlos nuevamente al sistema productivo, favoreciendo así a una economía circular.

La cadena de suministro sostenible, como afirman Seuring & Müller, hace referencia a una planificación, gestión y control de los procesos operativos, con un enfoque en la optimización de la información en cada etapa del ciclo de vida del producto, esto con el fin de minimizar los impactos ambientales garantizando viabilidad económica y fomentando prácticas sociales responsables [25]. Esto se ve reflejado en el BAB donde se procura extender el ciclo de vida del producto mediante su aprovechamiento antes de ser descartado. En los Bancos de alimentos, la sostenibilidad dentro de la logística implica no solo una eficiencia en cuanto a costos y tiempos, sino también al aprovechamiento de los recursos disponibles para evitar el desperdicio de alimentos. Una cadena de suministro sostenible abarca de igual manera, factores sociales como el impacto generado en aquellas poblaciones vulnerables donde se necesitan de estos alimentos mejorando la seguridad alimentaria y factores económicos que incluyen un buen uso del recurso humano y financiero, así como un beneficio tributario a los donantes, brindándoles la oportunidad de revalorizar aquellos alimentos que estaban destinados a ser desechados.

Acevedo Suárez, menciona que una red de valor es aquella que conecta múltiples variables

representadas en los procesos de la cadena de suministro, entendiéndose como una evolución de la misma, describiendo el comportamiento entre los actores, destacando los proveedores, fabricantes, distribuidores, clientes, entre otros, quienes comparten objetivos en común. Además, una red de valor efectiva entiende la importancia de tercerizar actividades no esenciales y buscar extender sus servicios a mercados globales, como se evidencia en diferentes casos exitosos como los son Juan Valdez y Crepes & Waffles [26].

3.4. Tecnologías en entornos de alta incertidumbre

Según el IBM (International Business Machines), la tecnología desempeña un papel fundamental en términos de sostenibilidad en la cadena de suministro de toda empresa, la inteligencia artificial y el internet de las cosas pueden mejorar en gran parte la visibilidad de la cadena de suministro por medio del seguimiento y análisis de los datos en toda la cadena de valor [27].

En escenarios donde la oferta y demanda presentan un alto grado de variabilidad, como ocurre en el BAB, las herramientas y materiales de apoyo tecnológicos juegan un papel crucial al momento de tomar decisiones frente a contextos de alta incertidumbre. La implementación de algoritmos con inteligencia artificial y El Internet de las Cosas (IoT), permiten recopilar, intercambiar y analizar datos de mejor manera, logrando una adecuada comprensión en la trazabilidad del comportamiento de dichos datos.

Según The Logistics World, la evolución de la logística apunta hacia la industria 4.0 destacando la integración de la inteligencia artificial (IA) como un factor clave en la optimización de procesos. Dentro de una de sus aplicaciones más importantes se encuentra la predicción de la demanda en tiempo real, lo cual contribuye a gestionar de manera óptima los inventarios, realizar una planificación adecuada del transporte y mejorar la eficiencia operativa en las cadenas de suministro [28].

Con base en lo mencionado por Haykin, algunas de las principales técnicas utilizadas para este fin son las redes neuronales artificiales, las cuales se encargan de identificar relaciones complejas entre variables con patrones no lineales en grandes volúmenes de datos históricos, teniendo como objetivo predecir aquellos datos con el menor porcentaje de incertidumbre posible. De igual manera estas redes neuronales son sistemas que se adaptan a sus necesidades, donde pueden realizar diferentes métodos de análisis a partir de datos de entrenamiento. En procesos logísticos y de gestión de inventarios suelen ser indispensables para la optimización de estos mismos,

contribuyendo en entornos donde la demanda puede ser volátil o influenciada por factores externos [29]. De igual manera se relaciona la técnica del análisis de series temporales, de acuerdo con MathWorks, este establece que las series temporales son secuencias de puntos de datos registrados en tiempos específicos dado que cada punto registrado queda vinculado con una marca de tiempo establecida, lo que permite estudiar como los datos varían con relación al tiempo. Algunas de las características principales que se evalúa en esta técnica es el estudio de la tendencia y estacionalidad, donde relacionan el comportamiento de los datos a lo largo del tiempo evaluando si se mantuvo una tendencia creciente, decreciente o constante, adicionando la importancia de verificar los patrones de datos que se repiten en un conjunto de periodos de tiempo [30]. Estos tipos de análisis son fundamentales para organizaciones como el BAB, los cuales permiten examinar datos registrados en intervalos regulares de tiempo para extraer tendencias y patrones útiles para generar predicciones a través de diferentes metodologías tecnológicas.

3.5. Modelos de planificación y pronósticos, gestión del inventario

En el contexto actual de las cadenas de suministro, donde se evidencia una alta variabilidad en la demanda, retos logísticos y la necesidad de mejorar los procesos operativos, los modelos de planificación, pronostico y gestión de inventarios se convierten en una oportunidad que garantizan la optimización de las operaciones. Estos diseños, permiten tomar decisiones basados en pronósticos reales lo cual permite tener una mejor planificación frente a la adquisición, almacenamiento y distribución de productos, optimizando el uso de los recursos y reduciendo los desperdicios. La planificación de la demanda y la gestión de los inventarios están directamente relacionadas, ya que una predicción precisa de la demanda permite ajustar de mejor manera los inventarios, evitando irregularidades en el proceso de abastecimiento como la falta de stock o escasez de inventario. Como afirma Chopra y Meindl en su estudio, una planificación efectiva contribuye a alinear los procesos operativos con los objetivos estratégicos de la empresa, mejorando la capacidad de respuesta ante cambios del entorno [31]. Por otro lado, según Heizer, Render & Munson, mencionan que los modelos de pronóstico son esenciales para predecir la demanda, los cuales se basan en datos históricos evaluados en periodos de tiempo determinados. Algunos ejemplos más reconocidos en la actualidad son: El modelo ARIMA, el método de regresión lineal, los métodos de suavización exponencial y el modelo Prophet, los cuales han sido implementados en diferentes estudios, con el fin de pronosticar la demanda, permitiendo

desarrollar estrategias de aprovisionamiento y producción [32].

El modelo Prophet, es uno de los modelos más completos para pronosticar datos que muestran patrones de estacionalidad. Esto lo hace muy práctico para analizar series temporales donde se repiten ciertos patrones en diferentes intervalos de tiempo, este modelo es de suma importancia en organizaciones como el BAB, donde las donaciones de los productos se distinguen por las temporadas del año. Este es un modelo aditivo de series temporales por lo que se descompone en varios elementos que luego los suma de la siguiente manera.

$$y(t)=g(t)+s(t)+h(t)+\varepsilon t$$

Donde:

$g(t)$ = Tendencia (cambio a largo plazo)

$s(t)$ = Estacionalidad (patrones repetitivos)

$h(t)$ = Efectos de vacaciones o eventos especiales

εt = Ruido (error aleatorio)

El modelo calcula la estacionalidad a través de una regresión lineal para datos que crecen o decrecen a un ritmo constante, funciones de Fourirer para modelar patrones repetitivos y marcos bayesianos para calcular la variabilidad aleatoria que no puede asignarse a los demás componentes.

Conforme a lo mencionado por Taylor y Letham, el modelo Prophet es una herramienta de pronóstico de series temporales, la cual fue desarrollada por Facebook, diseñada principalmente para ser implementada en series de tiempo que presenten estacionalidad en entornos empresariales. Una de sus principales ventajas radica en que su uso es flexible para toda la comunidad. De igual modo, este es un modelo aditivo lineal, en donde este asume que la serie de tiempo en evaluación "y(t)", puede expresarse como la suma de 3 componentes principales: Una función de tendencia "g(t)" la cual determina cambios periódicos a lo largo del tiempo como crecimientos o decrecimientos con respecto al comportamiento de los datos. Una función de estacionalidad "s(t)" donde se evalúan patrones que se repitan de forma periódica y una función de días festivos "h(t)" en la cual se determinan días feriados (eventos irregulares) que puedan influir significativamente en las series de tiempo bajo evaluación [33].

Una de sus principales ventajas frente a modelos tradicionales como ARIMA es su flexibilidad, ya que a este modelo se le es más sencillo pronosticar datos donde se evidencian cambios bruscos en las series de tiempo bajo evaluación. Además, su capacidad de ajuste rápido permite que sea utilizado de manera versátil, incluso en aplicaciones visuales como Shiny.

En el artículo de Zhang, Li y Wang, se evidencia la aplicación de este modelo en el entorno logístico, donde el objetivo principal era determinar la precisión de la demanda frente al volumen diario de carga, específicamente de la cantidad de paquetes transportados por una empresa líder en china, a pesar de las limitaciones encontradas en la volatilidad de los datos registrados, la solución propuesta de dicho modelo proporciona una base sólida para la toma de decisiones estratégicas y la optimización de recursos. De igual manera, su estudio demuestro la capacidad de este modelo de poder analizar series de tiempo complejas relacionadas con el transporte de mercancías, especialmente donde se identifican variaciones estacionales y condiciones externas fuera del control de la organización [34].

Este modelo es importante para empresas que presentan retos logísticos dentro de sus operaciones, donde es difícil predecir la demanda con exactitud. Por esto, la implementación de modelos de pronóstico basados en datos históricos, como el modelo Prophet, permiten a las organizaciones anticipar las fluctuaciones en la demanda y ajustar sus recursos con base en la información obtenida.

3.6. Herramientas tecnológicas

La operación dentro del Centro de Acopio en Corabastos es altamente dinámica, ya que está condicionada por las donaciones, la corta vida útil de los alimentos y la capacidad logística.

De acuerdo con Christopher, la cadena de suministro debe ser ágil y adaptarse a la demanda, especialmente en estos escenarios de alta incertidumbre. Esta flexibilidad es lo que le da una a ayuda a organizaciones como el BAB que opera bajo restricciones logísticas y demandas que dependen de donaciones [35]. Además, este diseño sostenible no solo busca eficiencia operativa para cumplir con las necesidades del cliente, sino que también busca asegurar el bienestar social y la conservación de los recursos naturales, como sucede en el caso de los Bancos de Alimentos [36].

En cuanto a la predicción de la demanda, Chopra y Meindl, señalan que los modelos de planeación deben considerar datos históricos y factores externos que impacten el comportamiento de la operación [23]. En este sentido, el uso de modelos de series de tiempo puede aportar una estimación más precisa del comportamiento futuro de la demanda de alimentos, incluso aunque este dependa de las donaciones y no se tengan datos completos.

Con base en lo anteriormente mencionado, se plantea el uso de herramientas tecnológicas para

mejorar la trazabilidad de los productos, donde se optimizan los flujos logísticos, permitiendo dar solución a problemáticas presentes en los procesos operativos. Según Ageron, Gunasekaran y Spalanzani, esta integración tecnológica en cadenas sostenibles fortalece la transparencia, la coordinación y la capacidad de respuesta, donde estos factores son esenciales para la eficiencia en entornos sociales y humanitarios [37]. La interacción e implementación de estas variables representan una estrategia clave para el mejoramiento de las operaciones en el BAB. Esto se alinea con lo planteado por Seuring y Müller, donde señalan que esta integración no contribuye únicamente al rendimiento de la organización, sino que también se logran objetivos sociales y ambientales, haciendo de la cadena de suministro una herramienta al servicio del desarrollo sostenible [25].

En este contexto, la elaboración de herramientas tecnológicas mediante lenguaje de programación como HTML, integradas en fuentes de desarrollo como Visual Studio Code, surgen como estrategias para abordar los desafíos presentes en las etapas de planeación y aprovisionamiento en organizaciones donde la oferta varía según la disponibilidad de producto. Montecinos y Navarro mencionan que, la implementación de entornos de desarrollo integrados, más conocidos como (IDE), los cuales se definen como aplicaciones de software que facilita a los desarrolladores el proceso de creación, edición y compilación de código, como lo son, Visual Studio Code, en conjunto con lenguajes como HTML y JavaScript, son de gran ayuda para gestionar de mejor manera la codificación en estos softwares. Estas tecnologías además de permitir un desarrollo integral y personalizado también generan una adaptación a las necesidades específicas de la organización [38].

De igual manera, de acuerdo con lo mencionado por Liang, Wang y Zhou, la programación actual no solo permite el desarrollo y creación de plataformas interactivas y eficientes, sino que también considera la automatización de procesos logísticos, logrando optimizar tiempos y mejorar la toma de decisiones junto a un mayor control y trazabilidad de los productos. Además, la estructuración lógica de soluciones digitales permite un manejo más efectivo de grandes volúmenes de datos [39].

En este orden de ideas, lo mencionado por Sommerville resulta relevante, ya que señala que el desarrollo de software orientado a necesidades presentes en la cadena de suministro proporciona sistemas de información más flexibles, capaces de adaptarse rápidamente conforme cambian los requerimientos operativos de las organizaciones [40]. Esto resulta fundamental en entornos donde se distingue una alta volatilidad en términos de abastecimiento, como los son las organizaciones

basadas en donaciones.

Por otra parte, la digitalización de procesos logísticos, desde el punto de vista de Gölzer y Fritzsche, permite evaluar aquellos datos registrados a lo largo de la cadena de suministro, logrando mejorar la transparencia y capacidad de respuesta de toda organización [41]. De igual manera como lo indica Kagermann, tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), Big Data y la inteligencia artificial permiten diseñar redes de valor, anticipar la demanda, y optimizar inventarios [42]. En contextos de alta incertidumbre, como ocurre en el BAB, la digitalización no solo mejora la visibilidad de las operaciones, sino que también evalúa información y promueve una gestión más ágil y sostenible.

4. METODOLOGÍA

4.1. Descripción de la metodología

En este trabajo se busca realizar una propuesta de un modelo de cadena de suministro sostenible a partir del aprovechamiento de alimentos agrícolas recolectados en el Centro de Acopio del Banco de alimento de Bogotá ubicado en Corabastos, proponiendo diferentes actividades a partir de los objetivos específicos planteados con el fin de dar cumplimiento a la ejecución del modelo.

4.1.1. Tipo y metodología de investigación

El planteamiento de la propuesta lleva a cabo un tipo de investigación mixto con un diseño exploratorio secuencial y una modalidad comparativa al realizar una exploración de datos cuantitativos y una exploración de datos cualitativos que posteriormente se comparan e integran para la elaboración de una herramienta que permite crear la propuesta del modelo para el Centro de Acopio del Banco de Alimentos. Contribuyendo en la planificación de la cadena de suministro a partir de un pronóstico de los alimentos agrícolas recuperados.

4.1.2. Fuentes y técnicas de información

Este estudio está orientado a la recopilación y análisis de información a partir de fuentes primarias y secundarias con el fin de reducir la incertidumbre en el proceso de recuperación de los alimentos agrícolas por parte del Centro de Acopio. Se pretende analizar y encontrar tendencia y estacionalidad en el comportamiento de los datos para generar un pronóstico de al menos 12 meses, debido a que, al tratarse de un sistema basado en donaciones, el Centro de Acopio presenta una considerable falta de certeza en la disponibilidad y variedad de alimentos destinados a los beneficiarios impidiendo una correcta planeación del abastecimiento y distribución.

4.1.3. Fases

En estas fases se define el procedimiento para la implementación de un modelo que nos permita pronosticar la cantidad de alimentos recuperados por el Centro de Acopio, así como, la configuración de la cadena de suministro desde su planeación, aprovisionamiento, selección y distribución a partir de la caracterización de las variables logísticas de entrada y salida, diseñando una herramienta que nos permita una correcta planificación de la cadena de suministro dando

cumplimiento a los objetivos planteados.

4.1.3.a. Fase exploratoria. Esta fase tiene como propósito una recolección de datos proporcionados por los colaboradores del Centro de Acopio del Banco de Alimentos con respecto a diferentes variables como Kilogramos recuperados al mes, donantes, bodegas, tipos de productos donados y kilos recogidos por colaborador. De igual manera, se realizará una búsqueda bibliográfica de diversas fuentes que respalde las problemáticas y sus efectos. Para la realización de esta fase se proponen las siguientes actividades:

- Observación y voluntariado en el Centro de Acopio identificando los diferentes procesos y actores involucrados en la cadena.
- Identificación y búsqueda de fuentes bibliográficas con el fin de realizar un análisis preliminar del flujo de alimentos donados.
- Levantamiento de información secundaria a través de bases de datos suministradas por el Centro de Acopio del Banco de Alimentos.

4.1.3.b. Fase descriptiva. En esta fase se realiza una caracterización de las variables logísticas de entrada y salida de los alimentos donados por parte de los comerciantes al Centro de Acopio del Banco de Alimentos identificando número de donantes, cantidad de alimento recuperado, temporadas de estacionalidad agrícola, herramientas logísticas, puntos de origen entre otras variables que influyen en la cadena de suministro. Para la realización de esta fase se proponen las siguientes actividades:

- Identificar y clasificar los actores involucrados en los procesos de aprovisionamiento, selección y distribución.
- Registrar y analizar el flujo de alimentos. Documentar el tipo de alimento recuperado y su volumen, identificar patrones de donación de acuerdo con la temporada y analizar tiempos de recolección, capacidad de almacenamiento y distribución de los alimentos en el Centro de Acopio.

4.1.3.c. Fase de Análisis. En esta fase se configura y evalúa la cadena de suministro del Centro de Acopio del Banco de alimentos de Bogotá ubicado en Corabastos para la recolección de alimentos agrícolas donados con base en la información recopilada en la fase de exploración y en la fase descriptiva en las etapas de aprovisionamiento, transformación y distribución. Para la realización de esta fase se proponen las siguientes actividades:

- Identificar procesos de selección de los donantes, facturación, recepción de los alimentos recuperados, registro de alimentos, gestión de inventario y almacenamiento.
- Reconocer los procesos de selección, embalaje y alistamiento de los alimentos recuperados por el Centro de Acopio.
- Determinar la asignación de vehículos, optimización de la carga, y rutas/tiempos de transporte llevados a cabo por el Centro de Acopio.
- Configurar la cadena de suministro del Centro de Acopio del Banco de Alimentos

4.1.3.d. Fase de diseño. En esta última fase se implementa un modelo que determine una demanda futura a partir de los datos obtenidos en la fase de exploración. De igual manera, se diseña la herramienta tecnológica como estrategia para la optimización de la planeación de la cadena de suministro sostenible basado en el pronóstico dando como resultado información relevante como kilos de alimento recuperado, colaboradores necesarios para la operación, herramientas logísticas necesarias (moto cargueros y VTH), distribución de los vehículos entre otras variables clave para la planificación.

- Implementación del modelo “Phophet” para generar un pronóstico de la recuperación de alimentos por kilogramo para un periodo de 12 meses, alineado con la base de datos generada por el Centro de Acopio del BAB.
- Diseño de la herramienta tecnológica mediante un lenguaje de programación “html” integrado con Visual Studio Code como estrategia para la optimización de la planeación de la cadena de suministro sostenible basado en el pronóstico de la demanda y su aprovisionamiento.

5. RESULTADOS

5.1. Caracterización de las variables de entrada y salida

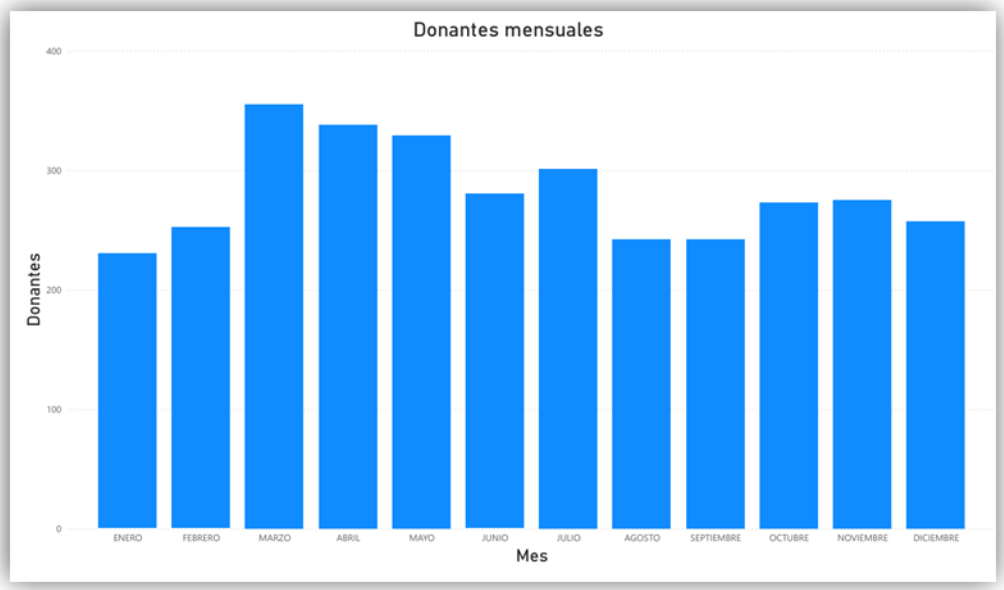
Para objeto de este estudio se llevó a cabo la identificación y caracterización de las variables de los diferentes eslabones de la cadena de suministro para posteriormente realizar la configuración de esta. Para el eslabón de aprovisionamiento se identificaron: Caracterización de actores (comerciantes), caracterización de alimentos recuperados, puntos de origen de los alimentos donados (Bodegas), capacidad del recurso humano y tiempos de recolección alimentos.

5.1.1. Resultados de la encuesta

Se realizó un análisis de los datos registrados por el BAB con la información de los comerciantes de Corabastos donantes, de la cual se estimó una población de 200 comerciantes que donan regularmente. Se decidió realizar una encuesta a los comerciantes ya que de esta manera se lograría ver si es posible llegar tener cierta planeación con las donaciones de los comerciantes. De igual forma, nos proporciona información útil respecto al proceso de donación y a las diferentes variables y actores que se ven involucradas en el mismo. La población de la muestra corresponde a los 200 comerciantes que donan constantemente cada mes al Centro de Acopio siendo la población que más le interesa conocer e interactuar al BAB.

Figura 3.

Donantes mensuales de Corabastos al Centro de Acopio



Nota. La grafica presenta la cantidad de donantes al mes registrados por el Cetro de Acopio para el año 2024. Realizado a partir de la base de datos del BAB para el 2024.

Luego se diseña y se aplica un instrumento de caracterización de actores con una muestra representativa de 132 comerciantes, que a partir de la metodología de encuesta suministra información relevante verificando cantidades de alimentos donados, tipologías de alimentos y los puntos de origen de sus proveedores (agricultor), adicionalmente el instrumento permitió validar el interés de los comerciantes frente a la propuesta de este estudio de contar con una planificación para la donación de alimentos perecederos a partir de pronósticos de demanda de incertidumbre. El cálculo de la muestra se realizó de la siguiente manera:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{(N-1) * e^2 + Z^2 * p * q}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población = 200

Z = valor z para un 95% de confianza ≈ 1.96

p = proporción esperada de éxito (por defecto se usa 0.5 para máxima variabilidad)

q = 1 - p = 0.5

e = margen de error (por defecto se usa 0.05 o 5%)

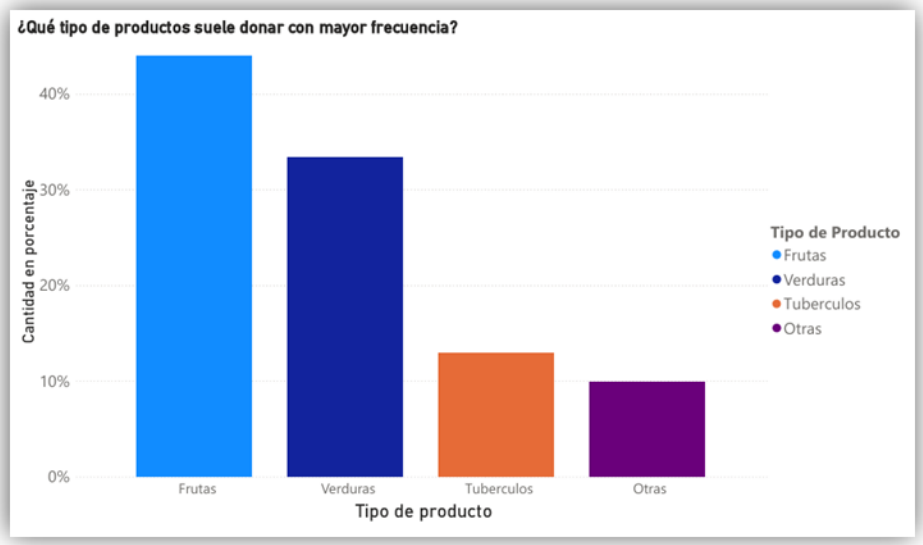
dando como resultado

$$n = \frac{200 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{(200 - 1) * 0.05^2 + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 132$$

Significando que se necesitaron 132 comerciantes encuestados para tener una muestra representativa del 95% de una población de 200 comerciantes donantes. La encuesta se llevó a cabo en 2 días diferentes encuestando a comerciantes que donan actualmente al BAB a través de encuestas presenciales donde el encuestador aplicó el cuestionario directamente obteniendo los siguientes resultados.

Figura 4.

Tipos de producto donados.



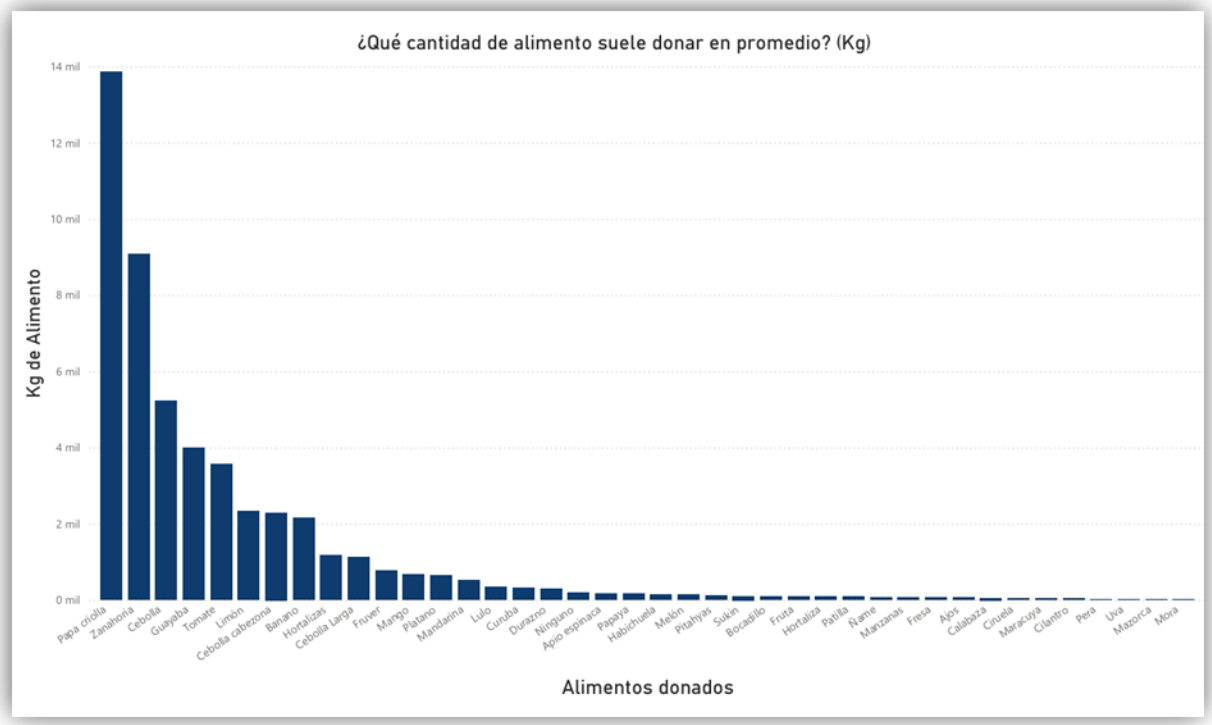
Nota. El grafico presentado muestra los tipos de productos donados con mayor frecuencia por parte de los comerciantes.

En cuanto al tipo de producto, de los encuestados un 44% donan frutas, un 33% verduras un 13% tubérculos y un 10% otro tipo de alimentos. Este es un resultado esperado teniendo en cuenta que Corabastos es el principal centro de distribución de productos agrícolas en Bogotá y en el país. En este sentido, el objetivo del BAB debería centrase en optimizar la planeación y gestión de estos productos altamente perecederos, para ello se debe contar con procesos de redistribución rápidos y comunicación constante con los comerciantes para captar aquellos excedentes de manera oportuna. Igualmente, se puede fomentar dentro del mismo centro de abastos la donación de

productos menos perecederos, como lo pueden ser granos o harinas, diversificando la oferta alimentaria a aquellas poblaciones beneficiarias.

Figura 5.

Cantidad de alimentos donados



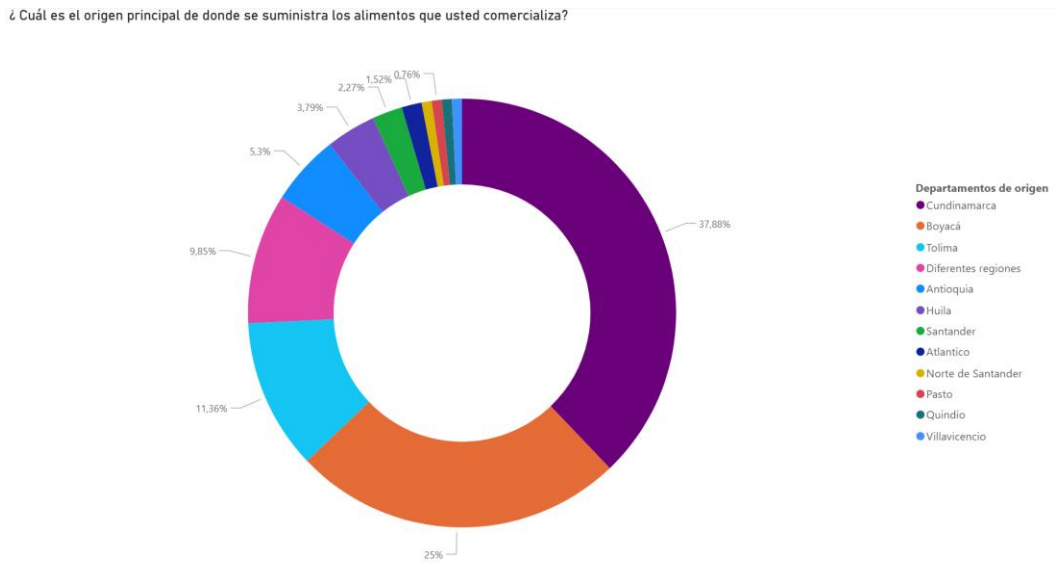
Nota. El grafico presenta la cantidad promedio de alimentos donados al mes por los distintos comerciantes.

En relación con los alimentos donados encontramos que el alimento que más se dona en cuanto a kilogramos por mes es la papa criolla junto con la zanahoria y la cebolla. Esto demuestra un patrón de oferta relacionado con la alta disponibilidad y producción de estos alimentos en la región, así como su papel en la dieta básica de los colombianos. Únicamente de papa criolla en las 132 encuestas se registró un valor aproximado de 14000 kg al mes, cabe resaltar que estos valores cambian dependiendo de las temporadas de cosechas, así como fenómenos climáticos que pueden afectar el flujo de donaciones en cantidad y variedad. Las concentraciones de grandes volúmenes de productos, representando grandes retos operativos relacionados con la logística y almacenamiento, así como una redistribución eficiente. Para darle un buen manejo a estos alimentos es importante consolidar las capacidades logísticas del BAB, así como un fortalecimiento en la infraestructura de almacenamiento y optimización de procesos de selección y redistribución. Adicionalmente, se podrían crear programas de procesamiento para aquellos

alimentos que se tienen en gran cantidad como procesos de prelavado o transformación en productos duraderos como puré de papa, zanahoria rallada entre otros.

Figura 6.

Departamento de origen que comercializan los comerciantes

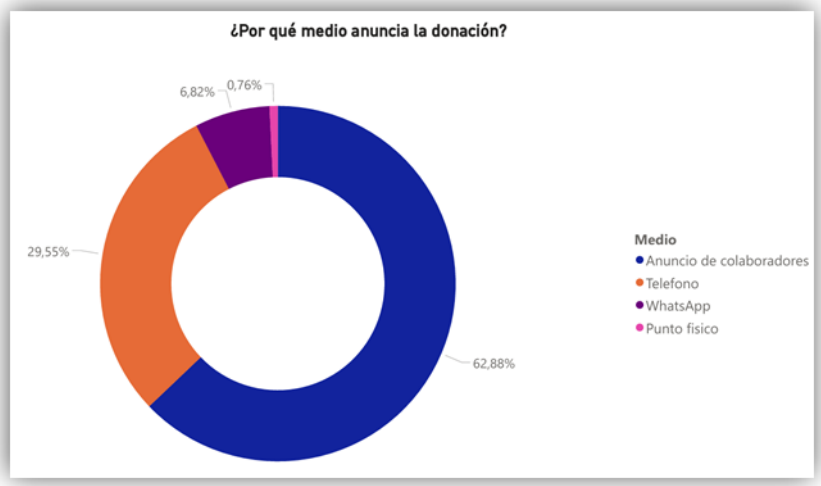


Nota. El siguiente grafico muestra el origen principal de los alimentos que comercializan los encuestados.

Con respecto al origen de los alimentos encontramos que los principales departamentos de los que provienen los alimentos son Cundinamarca (37.88%), Boyacá (25%) y Tolima (11.36%), así como un 9.85% que se proveen de diferentes zonas del país. Estos tres departamentos representan más del 70% de los alimentos donados con una participación marginal de menos del 5% de departamentos como el Huila, Norte de Santander, Quindío, Villavicencio y Atlántico. Estas concentraciones reflejan la proximidad de estas regiones a Bogotá y su relevancia en la producción agrícola del país. Estas cifras también nos indican que la mayor concentración de alimentos es proveniente de estas regiones como se muestra en la tabla anterior con la papa criolla proveniente de Cundinamarca junto con la zanahoria y la cebolla proveniente de Boyacá. Estas cifras también representan un riesgo ya que al depender en gran parte de estos departamentos se afecta fácilmente el flujo ante afectaciones climáticas, logísticas o sociales en estos departamentos.

Figura 7.

Medio de notificación de las donaciones.

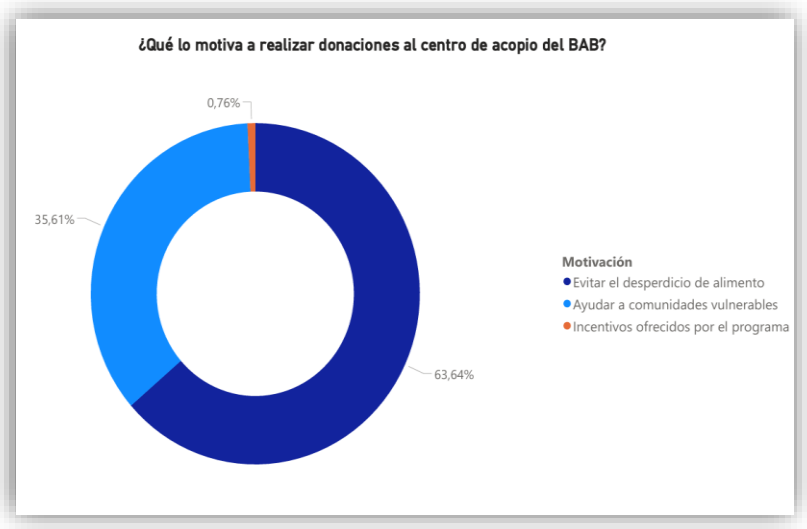


Nota. El siguiente grafico muestra el medio más común por el que los comerciantes anuncian las donaciones al BAB.

En cuanto a las preguntas relacionadas al sistema de donaciones, se encontró primeramente que el 62,12% de las donaciones se realizan cuando los colaboradores del BAB pasan por las distintas bodegas y los comerciantes tienen alguna donación, mientras que el otro 46,21% se realizan mediante llamadas telefónicas o mensajes de WhatsApp, siendo el sistema de donación ideal ya que permite al BAB tener cierta planeación en cuanto a la recolección de estos alimentos. Por lo que se recomienda al BAB establecer una mejor relación con estos comerciantes e incentivar el aviso de las donaciones por estos medios.

Figura 8.

Motivaciones para realizar las donaciones

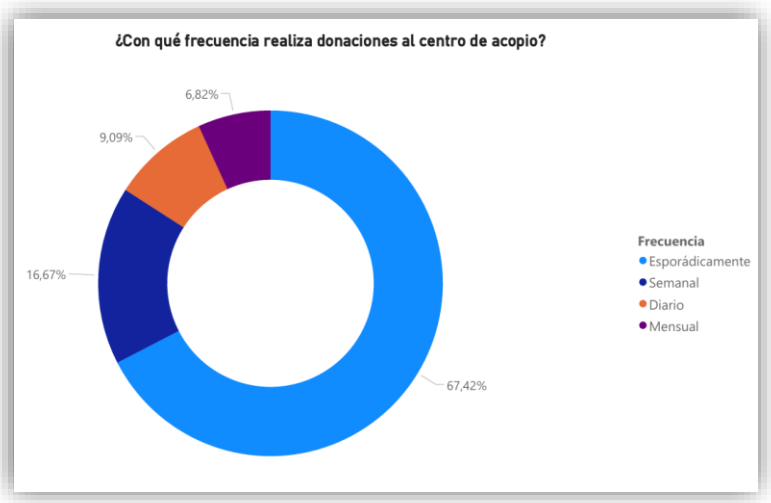


Nota. El gráfico muestra las principales motivaciones de las personas para realizar donaciones al BAB

Adicionalmente, se encontró que el mayor motivo para donar de los comerciantes es evitar el desperdicio de alimento con un 63,64%, mientras que el 35,61% lo motiva ayudar a comunidades vulnerables y solo el 0,76% por los incentivos económicos tributarios ofrecido por el programa. Esto se debe a que los comerciantes son conscientes del impacto negativo que conlleva botar alimentos y prefieren darles un destino útil, así como una fuerte sensibilidad hacia el bienestar de las comunidades menos favorecidas. En cuanto al motivo por el que los beneficios tributarios no son un buen motor de donación es posible que haya desconocimiento por parte de los comerciantes o el proceso sea complicado de gestionar para ellos, por lo que se recomendaría hacer una campaña de información a los comerciantes por parte del BAB sobre este proceso.

Figura 9.

Frecuencia de las donaciones.

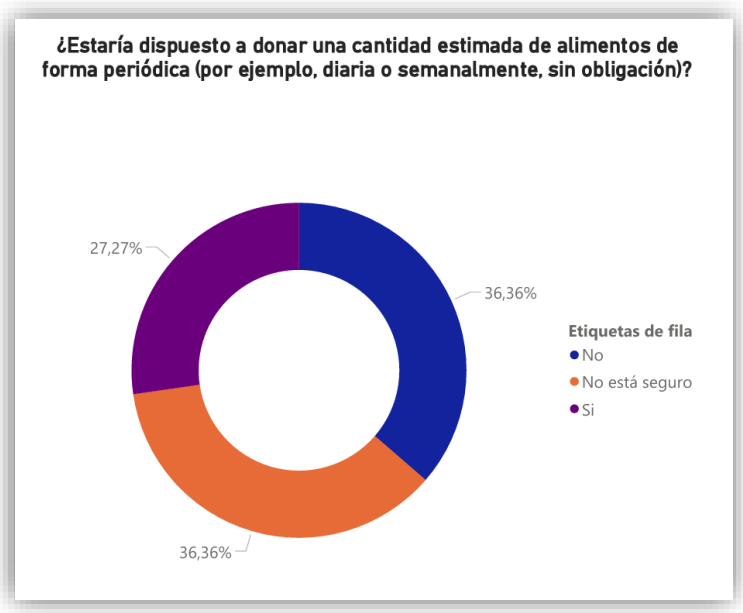


Nota. El siguiente grafico muestra la frecuencia con la cual los comerciantes donan al BAB

De igual modo, se descubrió que el 67.42% de las donaciones se realizan de manera esporádica, es decir, cuando el comerciante presenta algún excedente, mientras que un 16,67% dona de manera semanal, un 9,09% diariamente y un 6,82% mensualmente. Esto es debido a que el excedente de los comerciantes depende tanto de la cosecha como de la demanda del producto, por lo que la mayoría de los comerciantes presentan este excedente esporádicamente. Este resultado dificulta una planeación de las donaciones ya que para los comerciantes es muy difícil saber cuándo se va a poder realizar una donación y cuando no. De igual manera, el valor comercial de estos productos influye directamente en la cantidad de alimentos disponibles para la recolección, ya que, al finalizar las jornadas operativas, es posible que, al incrementar estos valores, seguramente los compradores opten por no adquirir estos productos.

Figura 10.

Disposición para donar alimentos de forma periódica.

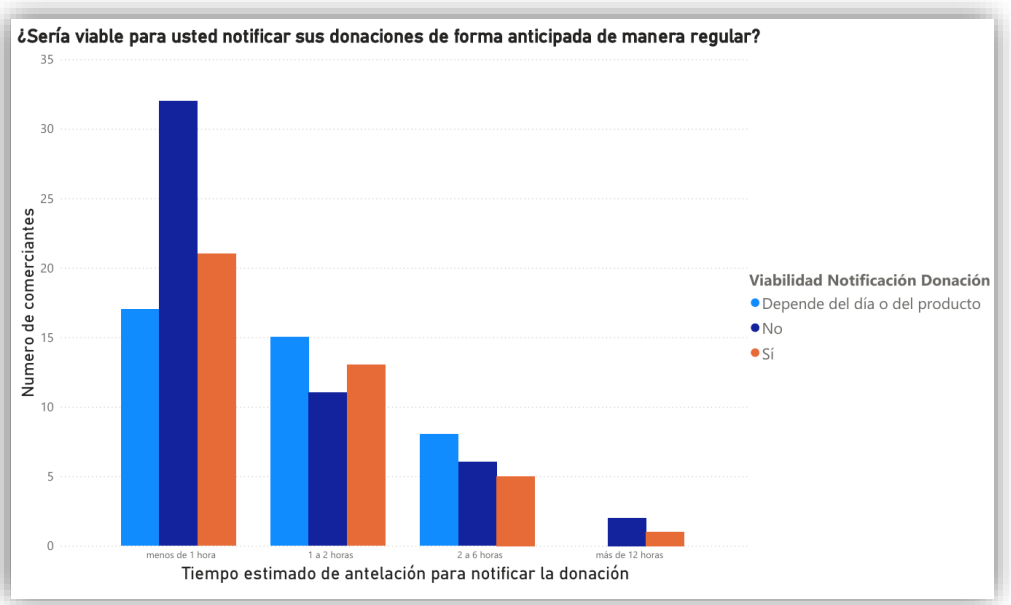


Nota. El siguiente grafico muestra la disposición de los comerciantes a donar alimentos de forma periódica.

Siguiendo esta línea, de los comerciantes encuestados únicamente el 36,36% estarían dispuestos a donar una cantidad estimada de alimentos ya sea semanal o mensualmente mientras que el otro 72,73% no están seguro o no donarían alimentos con una planeación anticipada. Esto, por lo mencionado anteriormente sobre que la mayoría de los comerciantes no saben realmente cuando van a tener excedentes y qué cantidad, por lo cual se les dificulta donar regularmente.

Figura 11.

Viabilidad de los comerciantes para notificar donaciones de forma regular.



Nota. El siguiente grafico muestra la viabilidad que presentan los comerciantes para notificar las donaciones de manera anticipada regularmente.

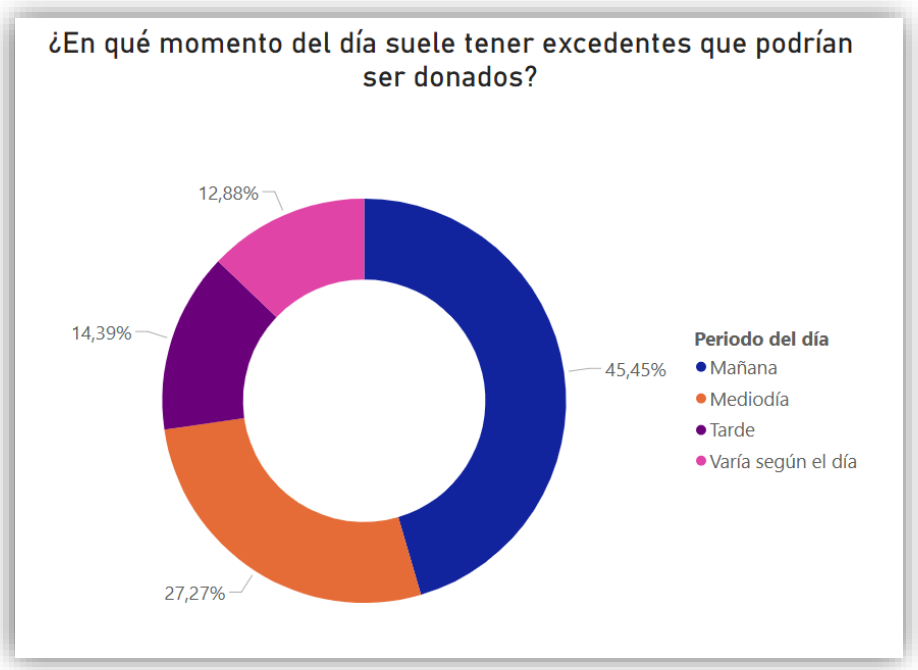
Para tener una planeación y darle tiempo al BAB para recolectar estos productos se preguntó si sería posible anunciar con antelación la donación y con cuánto tiempo. Esta pregunta consistió en saber primeramente si el comerciante podía donar regularmente con cierta anticipación, no podía o dependía del día y con base en esta respuesta saber el tiempo máximo en horas que podía notificar la donación. Por ejemplo, 17 de los encuestados dependiendo del día podían notificar la donación regularmente con un tiempo de antelación de 1 hora, 32 encuestados no podían anunciar la donación con antelación y 21 encuestados podían anunciar la donación regularmente con una antelación de 1 hora y así sucesivamente con los distintos tiempos de antelación.

De los encuestados la mayoría de los comerciantes eligieron la opción de menos de 1 hora y sin posibilidad de anunciar la donación, esto debido a que la mayoría de los comerciantes realizan las donaciones cuando pasan los colaboradores por los distintos puestos y no tienen la costumbre de comunicarse con el BAB para realizar la donación. Con respecto a las demás opciones, hubo una baja aceptación, lo que deja al BAB con un tiempo de respuesta limitado para responder a los donantes. Adicionalmente, de los 40 comerciantes que aceptaron hacer el anuncio con antelación 21 de ellos eligieron la opción de menos de 1 hora, dejando al BAB con un corto tiempo de

respuesta. En resumen, se sugiere que el Centro de Acopio establezca un diálogo constante con los comerciantes para así promover prácticas de donación que permitan notificarse con mayor anticipación. Sin embargo, dado que los encuestados manifestaron limitaciones para poder hacer el proceso de esta manera, es importante adaptar los procesos al modelo actual, manteniendo flexibilidad operativa para recibir notificaciones de último minuto.

Figura 12.

Momento del día donde hay más excedentes.



Nota. El siguiente grafico muestra los momentos del día donde suele haber más excedentes para donar.

Con base en los resultados obtenido sobre el momento en que los comerciantes tienen mayores excedentes que podrían ser donados se recomienda que el Centro de Acopio enfoque sus esfuerzos de recolección y coordinación de donaciones principalmente en el horario de la mañana, ya que el 45,45% de los comerciantes reportó tener excedentes en el horario de la mañana. Adicionalmente, se sugiere un segundo horario de recogida alrededor del mediodía, para capturar el 27,27% adicional de donaciones potenciales.

Finalmente, para lograr recoger el alimento de aquellos comerciantes con horarios flexibles se aconseja mantener mecanismos de comunicación constante ya sea vía teléfono o mensajería

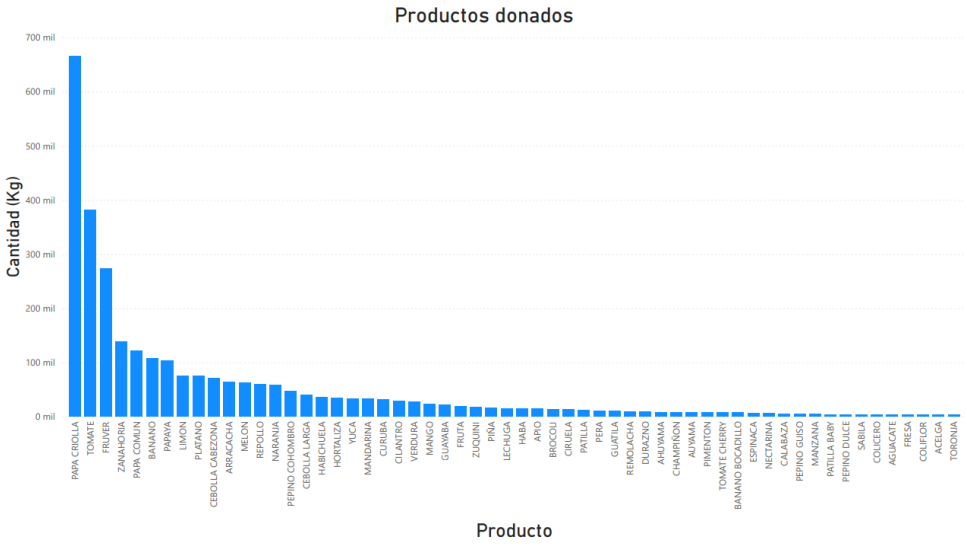
instantánea para adaptarse a los cambios diarios.

5.1.2. Análisis base de datos BAB

Frente a la caracterización de los alimentos el BAB registra para el año 2024 al menos 2.9 millones de kilogramos recuperados de 134 tipos de alimentos distintos. Recolectando en promedio 9,757 kg de alimentos al día, es importante resaltar que actualmente el Centro de Acopio ha mejorado sus procesos logísticos y ha aumentado los volúmenes de recolección diaria. Esta base de datos corresponde a los alimentos recolectados para el año 2024 que por motivos de confidencialidad con el Centro de Acopio del BAB no se puede compartir.

Figura 13.

Productos donados al BAB en el 2024.

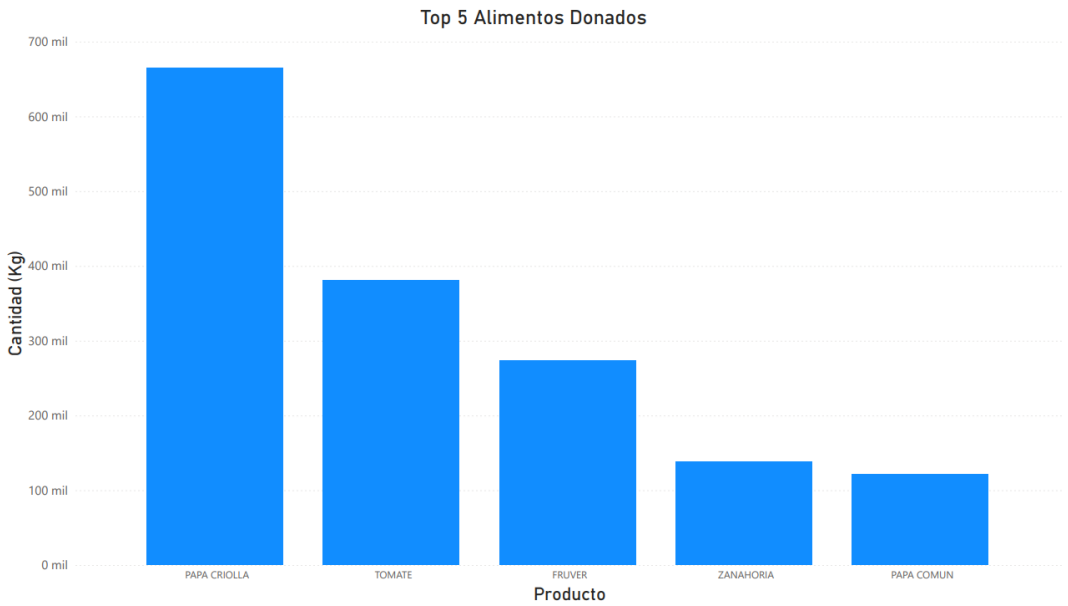


Nota. El siguiente grafico muestra la cantidad de diferentes alimentos donados al BAB en Corabastos. Realizado a partir de la base de datos del BAB para el 2024.

Siendo los más representativos la papa criolla, el tomate, los productos de Fruver, la zanahoria y la papa común, representando un 53.93% de las donaciones. Cabe mencionar que únicamente la papa criolla representa el 22.72% siendo el alimento más donado con diferencia.

Figura 14.

Top 5 de alimentos más donados.

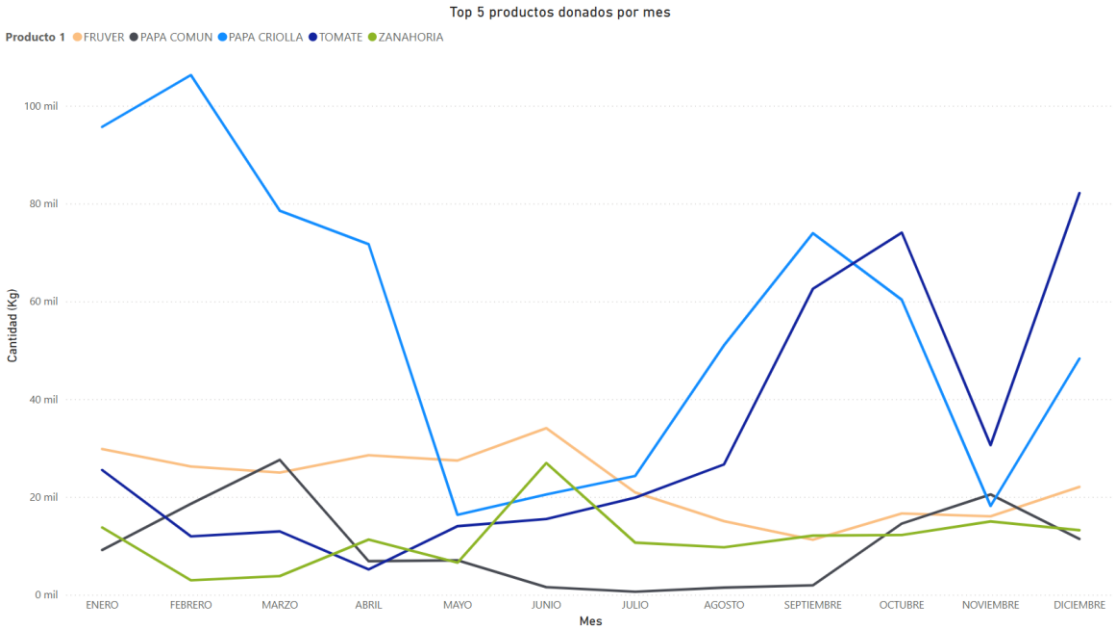


Nota. El grafico muestra los productos donados más representativos. Realizado a partir de la base de datos del BAB para el 2024.

Para términos del trabajo, se realizó el estudio de los 3 productos más representativos sin incluir Fruver y se estudió su comportamiento con el calendario Nacional de Siembras y Cosechas el cual nos indica los meses en los cuales estos productos se pueden encontrar en mayor abundancia y así tener una mejor planeación para la recolección de estos. Para esto, se graficó la información de las donaciones por mes obteniendo la siguiente gráfica:

Figura 15.

Top 5 productos recolectados a lo largo del 2024.



Nota. El siguiente grafico muestra la serie de tiempo para los 5 productos más donados en el 2024. Realizado a partir de la base de datos del BAB para el 2024.

Sin embargo, al compararlo con el calendario Nacional de siembras y cosechas obtenido de la plataforma datos abiertos de Colombia [43] y el calendario agrologico de Corabastos las donaciones no siempre corresponden con las temporadas de cosecha, dando a inferir que estas no dependen únicamente del calendario agrológico sino también de otros factores como la dinámica de oferta y demanda de estos productos, la logística tanto de los comerciantes como del Centro de Acopio, variables externas como el clima, el comportamiento del mercado mayorista y políticas que afecten esta distribución de alimentos. Por ende, la disponibilidad para donar parece depender más de condiciones ocasionales que a una planificación basada estrictamente en los ciclos de producción agrícola.

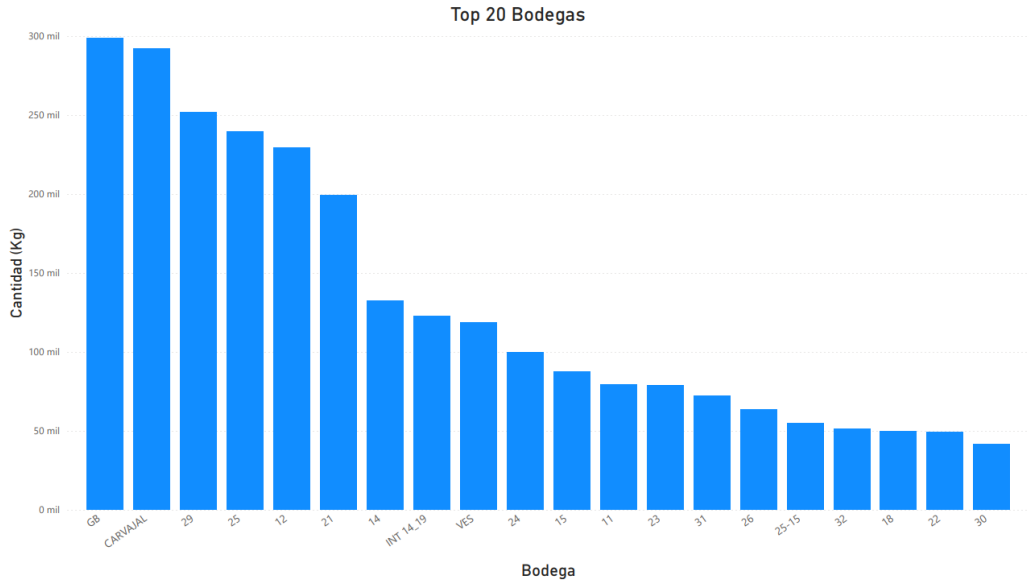
Adicionalmente, se analizaron las bodegas que más donan al BAB, de las cuales se destaca la Gran Bodega (GB) con un volumen próximo a los 300 mil kilogramos en el 2024, esta bodega es una de las áreas más reconocidas de Corabastos donde se realiza el comercio especialmente de frutas, verduras y tubérculos. Esta bodega por si sola representa una gran fracción de los alimentos comercializados, lo cual la convierte en un punto estratégico para las logísticas de recolección.

Otra de las bodegas con más relevancia es la presentada como “Carvajal”, la cual según el boletín para comerciantes del BAB fue el top 1 donante del 2024 bajo el nombre de “Premium food

Colombia" donando alrededor de 297,000 kg de alimento. Cabe mencionar que las primeras 6 bodegas acaparan el 51.67% de las donaciones, indicando que una pequeña cantidad de bodegas mueve la mayor parte de los productos que se donan. Esta información es clave para la toma de decisiones logísticas y optimización de recursos del Centro de Acopio en Corabastos.

Figura 16.

Top 20 Bodegas que más donaron en el 2024.



Nota. El grafico muestra una representación de las bodegas en Corabastos que más donaron al BAB en el 2024. Realizado a partir de la base de datos del BAB para el 2024.

5.1.3. Exploración proceso de Voluntariado

El proceso de Voluntariado en el Centro de Acopio del BAB, representa una estrategia clave para reducir el desperdicio de alimentos y fortalecer el proceso de recolección por parte de los colaboradores. Desde su implementación en el 2016, este programa ha permitido recolectar diariamente alimento que, de otro modo, serían desechados. Este proceso se articula con diversos sectores, destacando: Empresas privadas, instituciones del sector público, universidades y colegios. Ademas, pueden participar de igual manera, personas naturales, empleados y pensionados. Los voluntariados desempeñan funciones esenciales dentro del proceso de recolección y clasificación. Usualmente, junto a un equipo de colaboradores del BAB, recorren los más de 6,300 locales de Corabastos en busca de productos aptos para el consumo que los comerciantes optan por donar, para no desperdiciar este alimento.

Para formalizar su participación, los voluntarios deben de rellenar un registro físico antes de iniciar la jornada de recolección, en el cual deben de ingresar información como el nombre completo, numero de cedula, hora de llegada y salida, y la entidad de procedencia (Institución educativa, empresa, etc.). Este procedimiento garantiza una trazabilidad y control frente a este proceso.

5.1.4. Análisis de Productividad y Eficiencia en el proceso de recolección

La siguiente variable de análisis fue la capacidad del recurso humano. En este caso, el estudio se basó en la moto cargueros y los vehículos de tracción humana (VTH), los cuales son operados por los colaboradores del Centro de Acopio del BAB. Estos vehículos hacen parte del proceso de recolección y es el medio por el cual los alimentos son recogidos y trasladados hasta el Centro de Acopio. Para tener una mayor comprensión frente a este proceso, se decide realizar una toma de tiempos, para evaluar la capacidad y eficiencia de los colaboradores. En este caso se determinó, el tipo de vehículo, el nombre del operario, hora de salida, hora de llegada, tiempo en minutos por proceso de recolección y cantidad de kilogramos recolectados. Este estudio se dividió en 3 jornadas de observación, con el objetivo de recolectar la mayor cantidad de datos posibles, para generar un análisis más preciso y acertado frente a este proceso.

Por otro lado, el BAB cuenta con 5 vehículos de tracción humana, donde cada uno tiene una capacidad máxima de 400 kg, de igual manera, cuenta con 4 moto cargueros de los cuales 2 tienen una capacidad máxima de 410 kg y los 2 restantes una capacidad máxima de 800 kg. Cabe resaltar que este estudio se realizó a partir de observaciones directas de campo, en donde algunos registros obtenidos superan los límites teóricos de carga establecidos en cada tipo de vehículo, reflejando la dinámica real del proceso operativo en el Centro de Acopio del BAB.

Esta caracterización no solo permitió medir la capacidad promedio de cada vehículo, sino también evaluar la eficiencia en términos de tiempo y volumen recolectado por cada colaborador y tipo de vehículo. Siendo este análisis crucial para evaluar la efectividad y operatividad en la fase de recolección, destacando este proceso como una de las actividades más importantes dentro del funcionamiento del BAB. Con base en lo anteriormente mencionado, se procede con el desarrollo del análisis, presentando las tablas con los tiempos y cantidades recolectadas por día de observación.

Tabla 1.

Análisis de Productividad y Eficiencia en la Recolección de Alimentos – Día 1 de Observación.

Vehículo	Operario	Día	Hora de Salida	Hora de llegada	Duración (min)	Kilos recolectados
VTH	Ader Mosquera	1	7:15 a.m.	12:22 p.m.	307,00	368,00
VTH	Alvaro Velasco	1	10:55 a.m.	11:40 a.m..	45,00	205,00
VTH	Alvaro Velasco	1	7:15 a.m.	10:00 a.m.	165,00	195,00
VTH	Gustavo Lopez	1	7:15 a.m.	11:28 a.m.	253,00	288,00
VTH	Juan Saavedra	1	7:15 a.m.	11:40 a.m.	265,00	240,00
VTH	Maicol Garcia	1	10:40 a.m.	11:00 a.m.	20,00	111,00
VTH	Maicol Garcia	1	7:15 a.m.	10:12 a.m.	172,00	236,00
Moto carguero	Antonio Aviles	1	10:30 a.m.	10:46 a.m.	16,00	450,00
Moto carguero	Antonio Aviles	1	11:45 a.m.	1:10 p.m.	85,00	540,00
Moto carguero	Antonio Aviles	1	7:15 a.m.	8:45 a.m.	90,00	376,00
Moto carguero	Antonio Aviles	1	9:35 a.m.	10:07 a.m.	32,00	956,00
Moto carguero	Daniel Monsalve	1	10:05 a.m.	10:45 a.m.	40,00	208,00
Moto carguero	Daniel Monsalve	1	11:40 a.m.	12:40 p.m.	60,00	196,00
Moto carguero	Daniel Monsalve	1	7:15 a.m.	8:29 a.m.	74,00	660,00
Moto carguero	Daniel Monsalve	1	9:25 a.m.	9:55 a.m.	30,00	652,00
Moto carguero	Javier Garcia	1	10:40 a.m.	11:21 a.m.	41,00	601,00
Moto carguero	Javier Garcia	1	7:32 a.m.	8:27 a.m.	55,00	661,00
Moto carguero	Javier Garcia	1	9:20 a.m.	10:08 a.m.	48,00	535,00
Moto carguero	Jefferson Camargo	1	11:45 a.m.	12:58 p.m.	73,00	180,00
Moto carguero	Jefferson Camargo	1	7:15 a.m.	8:45 a.m.	90,00	376,00
Moto carguero	Jefferson Camargo	1	9:35 a.m.	10:05 a.m.	30,00	992,00
				Promedio (1) VTH	175,29	234,71
				Promedio (2) Moto Carguero	54,57	527,36
				Promedio (3) Total	94,81	429,81

Nota. La siguiente tabla muestra los datos del primer día de observación y toma de tiempos de los colaboradores del Centro de Acopio para la recolección de alimentos.

En el primer día de observación, se analizaron en total 21 recorridos realizados por los colaboradores, donde 7 de estos recorridos correspondieron a los VTH, mientras que los 14 restantes se realizaron por medio de la moto cargueros. Con relación a los promedios alcanzados, se evidencia que la moto cargueros son significativamente más rápidos en comparación con los VTH. Con un promedio de 54,57 minutos, frente a los 175,29 minutos de los VTH. Esto indica que la moto cargueros tienen una mayor eficiencia en términos de tiempo, debido a que los VTH no cuentan con un motor de combustión el cual pueda reducir el esfuerzo físico, facilitando el desplazamiento de los alimentos.

De igual forma, se observa la cantidad de kilogramos recolectados en promedio por parte de la moto cargueros y los VTH, donde se evidencia una alta recuperación por parte de la moto cargueros, llegando a recaudar en promedio alrededor de 527,36 kilogramos frente a los 234,71 kilogramos recolectados por parte de los VTH. Esto indica que la moto cargueros recolectaron un 55.5% más de alimento en comparación de los VTH. Conforme a los promedios generales

obtenidos, se identificó que el tiempo promedio en el proceso de recolección es de 94,81 minutos, donde se recolectan en promedio 429,81 kilogramos de alimento. Esto permite evaluar el desempeño y efectividad del día en observación.

Tabla 2.

Análisis de Productividad y Eficiencia en la Recolección de Alimentos – Día 2 de Observación.

Vehículo	Operario	Día	Hora de Salida	Hora de llegada	Duración (min)	Kilos recolectados
VTH	Ader Mosquera	2	7:19 a.m.	9:31 a.m.	132,00	418,00
VTH	Ader Mosquera	2	9:40 a.m.	12:00 p.m.	140,00	512,00
VTH	Alvaro Velasco	2	7:19 a.m.	10:30 a.m.	191,00	147,00
VTH	Gustavo Lopez	2	7:19 a.m.	11:04 a.m.	225,00	195,00
VTH	Juan Saavedra	2	7:19 a.m.	11:17 a.m.	238,00	254,00
VTH	Maicol Garcia	2	7:19 a.m.	9:45 a.m.	146,00	245,00
Moto carguero	Antonio Aviles	2	10:30 a.m.	11:03 a.m.	33,00	402,00
Moto carguero	Antonio Aviles	2	11:17 a.m.	12:00 p.m.	43,00	648,00
Moto carguero	Antonio Aviles	2	7:19 a.m.	7:59 a.m.	40,00	82,00
Moto carguero	Antonio Aviles	2	8:45 a.m.	9:30 a.m.	45,00	605,00
Moto carguero	Daniel Monsalve	2	10:23 a.m.	10:35 a.m.	12,00	724,00
Moto carguero	Daniel Monsalve	2	7:19 a.m.	7:55 a.m.	36,00	182,00
Moto carguero	Daniel Monsalve	2	8:41 a.m.	8:55 a.m.	14,00	157,00
Moto carguero	Daniel Monsalve	2	9:20 a.m.	10:02 a.m.	42,00	592,00
Moto carguero	Javier Garcia	2	10:30 a.m.	11:03 a.m.	33,00	405,00
Moto carguero	Javier Garcia	2	11:17 a.m.	12:00 p.m.	43,00	334,00
Moto carguero	Javier Garcia	2	7:19 a.m.	8:00 a.m.	41,00	161,00
Moto carguero	Javier Garcia	2	8:42 a.m.	9:30 a.m.	48,00	850,00
Moto carguero	Jefferson Camargo	2	7:19 a.m.	7:55 a.m.	36,00	303,00
Moto carguero	Jefferson Camargo	2	8:35 a.m.	11:32 a.m.	177,00	792,00
				Promedio (1) VTH	178,67	295,17
				Promedio (2) Moto Carguero	45,93	445,50
				Promedio (3) Total	85,75	400,40

Nota. La siguiente tabla muestra los datos del segundo día de observación y toma de tiempos de los colaboradores del Centro de Acopio para la recolección de alimentos.

Con respecto al segundo día de observación, se examinaron un total de 20 recorridos realizados por los colaboradores, donde 6 de estos recorridos corresponden a los VTH y los 14 restantes hacen referencia a la moto cargueros. Durante este análisis, se identificó que el operario que tardo más tiempo en realizar el proceso de recolección fue Juan Saavedra, utilizando un VTH, con un tiempo de 238 minutos. Esto sugiere que se debe de evaluar de mejor manera la asignación de rutas, considerando las distancias y características del trayecto para determinar de manera estratégica que vehículo resulta más adecuado usar.

En cuanto a los VTH, estos representaron un desempeño inferior con respecto a los moto cargueros, donde en promedio los VTH tardaron 178,67 minutos en recolectar 295,17 kilogramos de alimentos, a diferencia de los moto cargueros los cuales lograron recolectar en promedio 445,50 kilogramos en 45,93 minutos.

Correspondiente a los promedios totales del día en mención, se estima un promedio de 85,75 minutos, con una recolección de 400,40 kilogramos. Comparando estos datos con el día anterior, se determina que este día en observación fue más productivo en términos de eficiencia, debido a que por minuto se recolectaron 0,14 kilogramos más. Esto permite al BAB realizar una planificación en términos estratégicos, donde los procesos logísticos pueden mejorar, si se tiene en cuenta los motivos por los cuales un día es más eficiente que el otro. Algunas de estas causas pueden ser las condiciones de movilidad en el centro de abasto Corabastos, distribución geográfica de los puntos de recolección, estado de los vehículos, la capacidad operativa del personal, entre otros.

Tabla 3.

Análisis de Productividad y Eficiencia en la Recolección de Alimentos – Día 3 de Observación.

Vehículo	Operario	Día	Hora de Salida	Hora de llegada	Duración (min)	Kilos recolectados
VTH	Ader Mosquera	3	7:23 a.m.	9:29 a.m.	126,00	402,00
VTH	Ader Mosquera	3	9:45 a.m.	11:26 a.m.	101,00	416,00
VTH	Alvaro Velasco	3	7:23 a.m.	10:16 a.m.	173,00	49,00
VTH	Gustavo Lopez	3	7:23 a.m.	10:36 a.m.	193,00	234,00
VTH	Juan Saavedra	3	7:20 a.m.	11:05 a.m.	225,00	170,00
VTH	Maicol Garcia	3	10:03 a.m.	11:40 a.m.	97,00	203,00
VTH	Maicol Garcia	3	7:25 a.m.	9:27 a.m.	122,00	309,00
Moto carguero	Antonio Aviles	3	11:10 a.m.	12:40 p.m.	90,00	400,00
Moto carguero	Antonio Aviles	3	7:20 a.m.	10:02 a.m.	162,00	160,00
Moto carguero	Daniel Monsalve	3	11:57 a.m.	12:24 p.m.	27,00	340,00
Moto carguero	Daniel Monsalve	3	7:20 a.m.	7:50 a.m.	30,00	106,00
Moto carguero	Daniel Monsalve	3	8:22 a.m.	8:58 a.m.	36,00	230,00
Moto carguero	Daniel Monsalve	3	9:03 a.m.	9:36 a.m.	33,00	462,00
Moto carguero	Javier Garcia	3	11:15 a.m.	12:07 p.m.	52,00	325,00
Moto carguero	Javier Garcia	3	7:25 a.m.	7:50 a.m.	25,00	150,00
Moto carguero	Javier Garcia	3	8:40 a.m.	9:15 a.m.	35,00	476,00
Moto carguero	Jefferson Camargo	3	7:20 a.m.	10:05 a.m.	165,00	585,00
				Promedio (1) VTH	148,14	254,71
				Promedio (2) Moto Carguero	65,50	323,40
				Promedio (3) Total	99,53	295,12

Nota. La siguiente tabla muestra los datos del tercer día de observación y toma de tiempos de los colaboradores del Centro de Acopio para la recolección de alimentos.

En el tercer día de observación se evidenció nuevamente una clara diferencia entre los VTH y los moto cargueros. En este análisis se identificaron en total 17 recorridos, de los cuales 7 corresponden a VTH y los 10 restantes a los moto cargueros. Los VTH tardaron en promedio 148,14 minutos en el proceso de recolección, lo que representa un 49% más de tiempo que el promedio total del día. Con respecto a los moto cargueros, estos tardaron un 34,2% menos con respecto al promedio total del día.

En cuanto a la cantidad de alimentos recolectados, de igual manera los moto cargueros evidencian un rendimiento mayor en este proceso, recolectando en promedio 323,40 kilogramos, es decir un 27% más que los VTH que representaron un valor de 254,71 kilogramos. Comparado con el promedio total del día en observación, los moto cargueros superaron esta cifra en un 9,6%, mientras que los VTH recolectaron un 13,7% menos.

Del mismo modo, bajo este análisis se puede denotar el total del alimento recolectado por día en observación, destacando la jornada número 1, donde se recolectó una cantidad total de 9.026 kilogramos, sin embargo, en este mismo día, el tiempo total de recolección fue el más elevado, indicando un tiempo total de 1991 minutos. El segundo día de observación presentó una recolección total de 8008 kilogramos con un tiempo total de 1715 minutos. En el último día de observación se obtuvieron las menores cantidades de alimento, destacando que fue el día más eficiente en términos de tiempo con una recolección de 5017 kilogramos en 1692 minutos. Por lo cual se puede validar si se alcanzó el objetivo establecido para las jornadas en estudio, correspondiendo a una recuperación de 15000 kilogramos.

Por último, se evalúan los factores que influyen en la mejora de las cantidades recolectadas en el menor tiempo posible, considerando los VTH y los moto cargueros como variables principales del análisis, con el fin de obtener una mayor eficiencia del proceso en mención. Con base en los resultados obtenidos en este estudio se evidencia que los moto cargueros se destacan por tener un nivel de rendimiento mayor a los VTH, esto puede estar asociado a diferentes factores como las limitaciones físicas que conlleva transportar dichos alimentos en los VTH, sin embargo, estos vehículos presentan ventajas competitivas como el fácil acceso a zonas estrechas donde se optimiza el tiempo de recolección.

Este análisis desarrollado permitió identificar de igual manera, aspectos de mejora que el BAB podría implementar a lo largo del desarrollo de sus actividades de forma prospectiva, donde el BAB debe optar por implementar más moto cargueros para optimizar tiempos de recogida. Se entiende que los costos de adquisición de este tipo de vehículos son muy elevados, debido a esto, el BAB podría considerar la implementación de motores de combustión en los VTH, con el fin de reducir la dependencia de la tracción humana y facilitar su desplazamiento de manera más eficiente y ergonómica, logrando así, disminuir costos de compra. Si bien esta solución puede generar un leve aumento en la huella de carbono del BAB, es importante considerar que el impacto social relacionado con una mayor capacidad de recolección de alimentos compensa considerablemente

dicho efecto ambiental, logrando impactar a un número más significativo de comunidades vulnerables.

5.1.5. Análisis proceso de selección y almacenamiento Centro de Acopio

Con respecto al eslabón de selección se decide realizar un diagrama de recorrido para lograr una visualización de los procesos de selección y almacenamiento que se llevan a cabo dentro del Centro de Acopio. De igual manera se realizó un trabajo de observación en campo donde se analizan cada una de las actividades que integra el proceso en mención.

Tabla 4.

Registro fotográfico de las actividades en el proceso selección y almacenamiento en el Centro de Acopio.

FOTO	ACTIVIDAD
	Alimento recolectado por los colaboradores
	Área de recepción
	Proceso de selección
	Área de almacenamiento

	Área de alistamiento
	Zona de cargue y descargue

Nota. Las imágenes muestran las actividades realizadas en el proceso de selección y almacenamiento en el Centro de Acopio del BAB. Fotos tomadas en el Centro de Acopio del BAB en Corabastos.

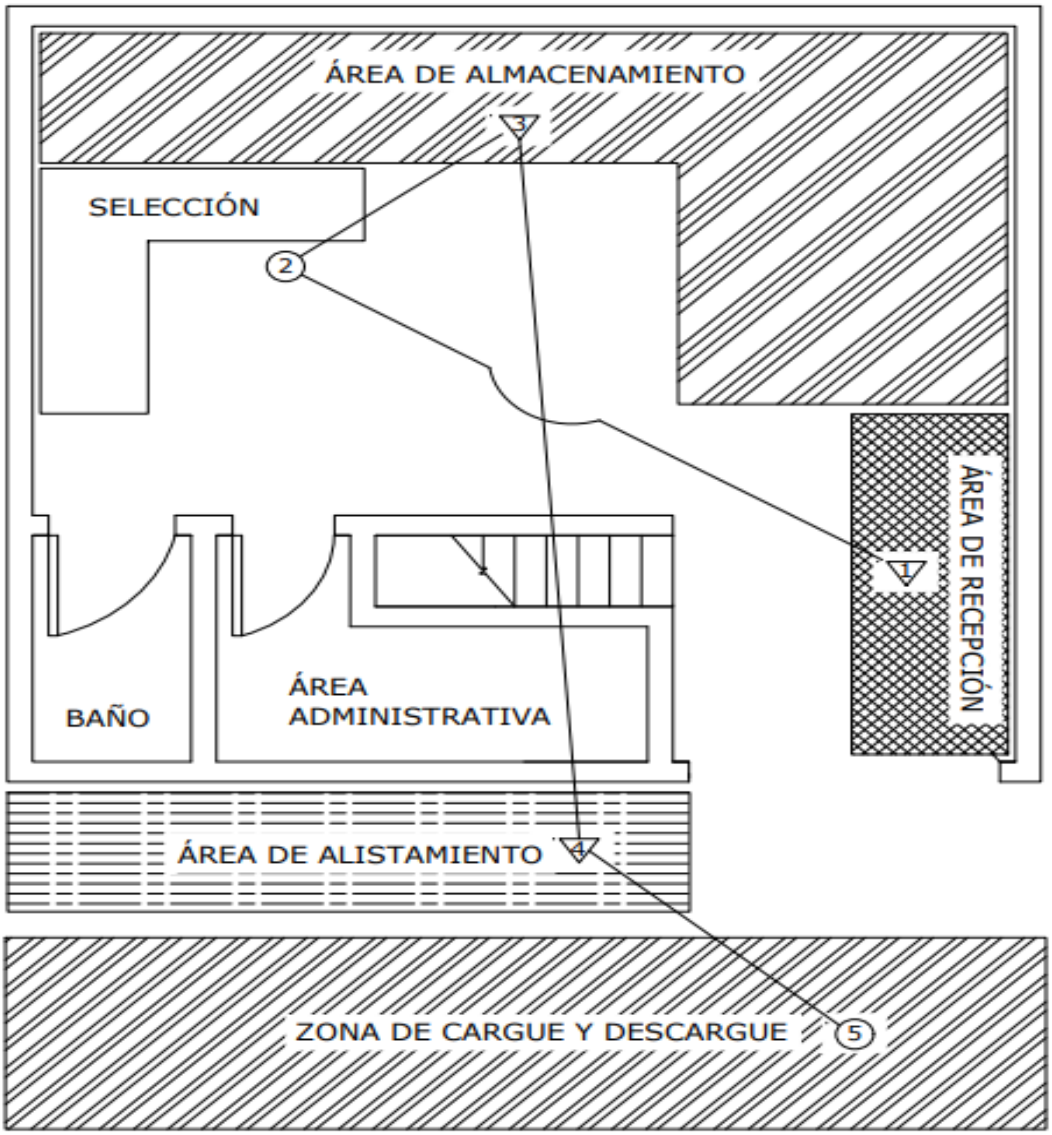
Inicialmente llegan los colaboradores con el alimento recolectado a la zona de cargue y descargue, donde el alimento se establece en el área de recepción, para posteriormente ser almacenado antes de iniciar con el siguiente proceso. Seguido a esto, pasa a la etapa de selección donde el alimento es desplazado de esta zona de recepción a una mesa de selección en acero inoxidable donde son descartados aquellos alimentos que ya no son aptos para el consumo, este proceso es realizado por 5 colaboradores del grupo Interaseo. De los alimentos que entran a la etapa de selección aproximadamente un 92% cumplen con los criterios establecidos y pasan a la siguiente etapa.

A continuación, los alimentos pasan a la zona de almacenamiento donde esperan a su distribución según el requerimiento por parte de los beneficiarios. Dependiendo del nivel de requerimiento, pueden pasar directamente al área de alistamiento sin necesidad de ser almacenados, o permanecer en almacenamiento por un día máximo antes de ser considerado no apto para consumo. La zona de almacenamiento cuenta con una capacidad máxima para 30 toneladas de alimento, en caso tal que se supere esta capacidad máxima, el Centro de Acopio opta por enviar estos productos a la sede principal del BAB para su distribución. En algunos meses como enero, octubre y diciembre donde se recolecta un gran volumen de alimentos se debe de contar con una adecuada planificación y gestión en términos logísticos para evitar una acumulación del inventario resultando en pérdidas de alimento. Respecto al área de alistamiento, aquí es donde el alimento se agrupa conforme al pedido solicitado. En esta etapa, los productos se encuentran encanastados y organizados por pilares de canastas, lo que facilita la identificación y preparación de cada pedido. Cabe resaltar que esta área se encuentra fuera de las instalaciones del Centro de Acopio, debido a que el espacio

físico actual no cuenta con la capacidad suficiente para realizar el alistamiento de los pedidos. Por último, se identifica nuevamente la zona de cargue y descargue, en la cual posteriormente a ser los alimentos alistados por pedido, son cargados en los camiones para su distribución a los diferentes puntos de entrega. Esta etapa finaliza el mapa de recorrido del Centro de Acopio del BAB. Donde esta ayuda visual permite comprender de manera clara la secuencia de actividades y procesos presentes en el Centro de Acopio, con el fin de identificar oportunidades de mejora y optimizar la distribución de espacios para mejorar los procesos logísticos.

Figura 17.

Diagrama de recorrido Centro de Acopio.



Nota. Diagrama de recorrido del Centro de Acopio del Banco de Alimentos de Bogotá en Corabastos.

5.1.6. Distribución a beneficiarios

Para esta variable se tiene en cuenta la flota vehicular propia que dispone el BAB para la distribución de los alimentos que son requeridos por sus beneficiaros. Cabe resaltar que, la mayoría de organización benéficas emplean sus propios vehículos para el transporte de estos alimentos, lo cual impacta positivamente la logística y los tiempos de distribución del BAB. Actualmente, esta organización solo dispone de un vehículo propio y uno tercerizado para realizar las entregas. Cada

camión realiza máximo 3 pedidos por jornada de operación, ya que los alimentos deben ser entregados en el menor tiempo posible a los beneficiarios. Esto se debe a que, por lo general, los alimentos donamos por los comerciantes ya se encuentran en la etapa final del ciclo de vida del producto, lo que representa un desafío en términos de eficiencia para lograr la entrega de los pedidos en las mejores condiciones posibles. Estos vehículos son cargados de acuerdo con el tipo de organización que solicita el alimento, ajustándose a la variedad de alimento disponible por el BAB.

Con respecto a los beneficiarios, estos reciben el alimento como forma de donación, comúnmente se identifican como organizaciones sociales sin ánimo de lucro, donde deben estar legalmente constituidas, generando un impacto positivo a poblaciones vulnerables como tejiendo comunidad (Familias en condiciones de vulnerabilidad), comedor amigo (Comedores juveniles), comedor escolar, instituciones educativas, jardines infantiles, internados, geriátricos, centro de rehabilitación para personas con discapacidad y adicción. . Para este proceso el BAB realiza un registro físico donde cada beneficiario se comunica por llamada, solicitando una cantidad estimada de alimento. En este caso los pedidos oscilan entre los 100 a 500 kilogramos, estos registros son realizados en una planilla de control de entrega a organizaciones, donde se registra y verifica la entrega de productos donados. El BAB de igual manera registra información valiosa en esta plantilla como la fecha de entrega, el nombre de la fundación que recibe, la dirección de entrega, placa del vehículo que transporta el alimento, nombre del transportista, número de personas beneficiadas, barrio, ciudad de destino, costo de transporte, hora de salida, producto entregado y peso total, Este formato se diligencia con el fin de llevar un registro detallado de las entregas y garantizar una mayor trazabilidad en el manejo de las donaciones, permitiendo verificar qué productos fueron entregados, en qué cantidades, a qué organización, y en qué condiciones logísticas se realizó la distribución.

Por último, según datos del informe de gestión del BAB, el Centro de Acopio ha impactado a más de 1207 organizaciones beneficiadas con una cantidad estimada de 3,400,000 kilogramos recibidos como parte de donación para el año 2024. Esta cantidad de alimentos no solo evalúa la capacidad operativa del BAB, sino también su compromiso contra la inseguridad alimentaria. Es importante resaltar, que, a pesar de los esfuerzos y resultados alcanzados por el BAB, la oferta y demanda se encuentran en crecimiento, por lo que hay que evaluar de forma estratégica la capacidad logística, en términos de flota vehicular, ya que, si se obtienen una mayor cantidad de alimentos, se evidencia

la necesidad de implementar más camiones. Esto permitirá mejorar la eficiencia de la entrega en términos de tiempo y ampliar la cobertura a más organizaciones que requieren de estos alimentos.

5.1.7. Clasificación y definición de variables

Tabla 5.

Clasificación y definición de variables

Categoría	Variable	Tipo de variable	Descripción	Cómo se operacionaliza	Contribución al modelo
Entrada (Aprovisionamiento)	Tipo de alimento donado	Independiente - Cualitativa	Clasificación del alimento entregado (fruta, verdura, tubérculo, etc.)	Clasificación registrada en encuestas y base de datos del BAB	Prioriza productos perecederos y guía la planificación
Entrada (Aprovisionamiento)	Cantidad donada (kg)	Independiente - Cuantitativa	Volumen de alimento entregado por comerciante	Registro mensual en bases del BAB	Base para dimensionar necesidades logísticas y prever demanda
Entrada (Aprovisionamiento)	Origen del alimento	Independiente - Cualitativa	Departamento o región de procedencia	Reportado por comerciante (encuesta)	Determina zonas clave de abastecimiento y riesgos regionales
Entrada (Aprovisionamiento)	Frecuencia de donación	Predictora - Cualitativa ordinal	Periodicidad con la que se dona (diaria, semanal, esporádica)	Categorización en encuesta	Permite modelar la incertidumbre y ajustar pronósticos
Entrada (Aprovisi	Medio de notificación	Independiente - Cualitativa	Canal mediante el cual el	Encuesta (presencial,	Evalúa oportunidad y eficiencia del canal de comunicación

onamiento)			comerciante anuncia la donación	llamada, WhatsApp)	
Proceso (Transformación)	Tipo de vehículo	Independiente - Cualitativa	Medio utilizado para recolección: VTH o moto carguero	Registro en campo y tiempo por recorrido	Relaciona velocidad, carga y desempeño logístico
Proceso (Transformación)	Tiempo de recolección	Dependiente - Cuantitativa	Duración promedio de cada recorrido de recolección	Cronometraje en tres jornadas de observación	Evalúa productividad del proceso y eficiencia logística
Salida (Distribución)	Destino del alimento	Dependiente - Cualitativa	Organización social receptora	Datos internos del BAB	Permite asegurar trazabilidad y cobertura del impacto
Salida (Distribución)	Volumen distribuido (kg)	Dependiente - Cuantitativa	Total de alimento entregado a beneficiarios	Comparación entre recolección y despachos	Indica el nivel de aprovechamiento real de alimentos

Nota. La tabla muestra las variables identificadas, así como el tipo de variable y su importancia dentro del trabajo.

5.2. Configuración de la cadena de suministro del Centro de Acopio en Corabastos

En la cadena de suministro es indispensable evaluar la gestión, ejecución y control de los diferentes actores y procesos que garantice el correcto cumplimiento de las operaciones de manera eficiente, con calidad y con el fin de cumplir aquellas necesidades del cliente. Una correcta configuración de la cadena de suministro permite a las organizaciones como el BAB optimizar los procesos, cumplir con los plazos y estándares de entrega, mantener la visibilidad de los flujos de materiales e información en tiempo real y realizar una adecuada planeación de las diferentes actividades con sus actores.

En el caso del BAB su proceso se asemeja más a lo que sería una cadena de suministro sostenible, ya que incorpora practicas responsables con el medio ambiente en el ciclo de vida del producto, desde la obtención de la materia prima, en este caso el alimento, hasta su entrega y disposición. El BAB se centra en reducir el desperdicio de alimentos por medio de una gestión eficiente con el fin de disminuir el impacto ambiental, a través de la recuperación de alimentos que de otro modo serían desechados, evitando emisiones de CO2, y transformando este alimento que se iba a convertir en desperdicio en el plato de comida de alguien que se encuentra en necesidad, fortaleciendo la equidad alimentaria. De igual manera se reduce la disposición de residuos orgánicos en vertederos, disminuyendo las emisiones de gas metano, contribuyendo a una gestión ambiental adecuada. Cuando se rescatan los alimentos, ya no es necesario transportarlos, tratarlos, ni desecharlos, por parte de los comerciantes o entes mayoristas, lo que reduce costos logísticos y operativos. En ciudades como Bogotá, el costo de disposición de residuos sólidos enviados a rellenos sanitarios es significativo, evaluando factores adicionales como el transporte, el tratamiento y las tarifas ambientales relacionadas a la disposición final de estos residuos. Al disminuir la cantidad de desperdicio generado, también se reducen los costos vinculados a su gestión y tratamiento. Por otro lado, algunos comerciantes pueden recibir sanciones o penalidades por la mala gestión de residuos, por lo que se recomienda donar estos alimentos para evitar estos riesgos.

Estas pérdidas de alimento suceden en todos los eslabones de la cadena de suministro, y aunque varía según el producto, las temporadas, la logística y el manejo que se le dé, la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) estima las siguientes perdidas y desperdicios en las diferentes etapas [44].

Tabla 6.

Porcentajes de perdida estimados

Eslabon de la cadena	Porcentaje estimado de perdida
Producción Agrícola	20%- 30%
Postcosecha y almacenamiento	10%-20%
Procesamietno y envasado	5%- 15%
Distribución (Transporte / Comercio)	5%- 10%
Consumo (Hogares y restaurantes)	10%- 20%

Nota. La tabla muestra los porcentajes estimados de perdida en los diferentes eslabones de la cadena de suministro según la FAO.

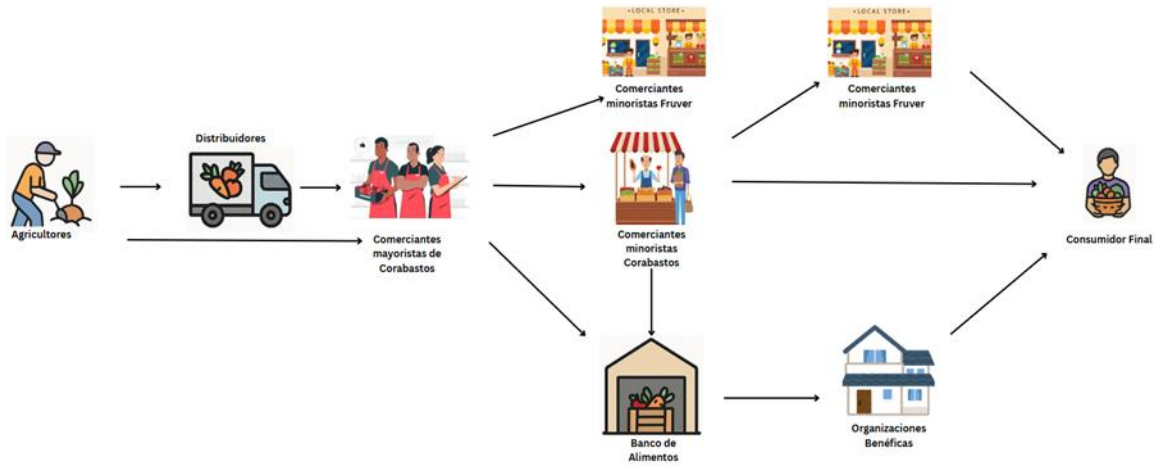
El BAB se encarga de recuperar el desperdicio que se generan en estas etapas, especialmente en

los eslabones de producción agrícola y distribución (comercio) disminuyendo los niveles de emisiones y ayudando a comunidades. Con respecto a los niveles de emisión, si estimamos este valor de acuerdo al valor promedio reconocido por organismos como la FAO, el Word Resource Institute (WRI) y la EPA (Agencia de Protección ambiental de EE.UU) el cual nos dice que por cada kilogramo de alimento que no se desperdicia se evitan aproximadamente 2,5kg de CO2e (Kilogramo de dióxido de carbono equivalente) [45] y lo multiplicamos por los 3,4 millones de kg recuperados en el 2024 según el boletín para comerciantes del Centro de Acopio del BAB tendríamos un valor estimado de 8.5000.000 kg de CO2e evitados gracias a esta recolección. Adicionalmente, según este mismo informe para el 2024 se entregaron 48,950,800 platos de comida a los más necesitados.

La configuración de la cadena de suministro se divide en 3 eslabones principales. La etapa de aprovisionamiento, donde se realiza una selección de proveedores, materiales, recurso humano, capital, infraestructura y tecnología. Con respecto a la segunda etapa se evidencia lo relacionado con producción o transformación del producto o servicio a realizar. Por último, en la etapa de distribución se gestiona lo relacionado con el almacenamiento, inventarios, transporte y pedidos. Para el caso de la cadena de suministro del Centro de Acopio se representa de la siguiente manera:

Figura 18.

Cadena de suministro Centro de Acopio.



Nota. La imagen muestra la cadena de suministro del Centro de Acopio del BAB desde el aprovisionamiento hasta que los alimentos llegan al consumidor final.

5.3. Descripción de actores

Dentro del análisis realizado al Centro de Acopio del BAB en Corabastos se logró identificar una variedad de actores que influyen e impactan en cada uno de los procesos realizados por dicha organización. Las interacciones entre estos actores conforman los diferentes eslabones de la cadena de suministro desde la planeación hasta la distribución. Dando lugar a los principales actores los cuales son: Agricultores, comerciantes donantes, Banco de Alimentos de Bogotá, beneficiarios.

Agricultores: Son el primer eslabón de la cadena de suministro los cuales se encargan de garantizar la disponibilidad de alimentos agrícolas frescos a los comerciantes del centro de abasto Corabastos. Es importante tener en cuenta que la disponibilidad de dichos alimentos perecederos tiene una dependencia directa al calendario agrologico, es decir que se debe de tener en cuenta las temporadas de cosecha y su procedencia. Adicionalmente los agricultores generan un impacto positivo en la seguridad alimentaria y desarrollo económico local.

Según el informe de gestión de Corabastos para el año 2023 ingresaron 5.415.123 toneladas de alimento. Los alimentos que ingresan a Corabastos provienen de 32 departamentos del país donde se estima que el 44% es abastecido por Cundinamarca.

Comerciantes donantes: Son el segundo eslabón de la cadena de suministro y se encargan de la distribución y comercialización de alimentos agrícolas en el centro de abasto Corabastos, son los benefactores que contribuyen en el proceso de abastecimiento de alimentos agrícolas al Centro de Acopio del BAB a través de donaciones. Estos comerciantes se clasifican según su rol en los diferentes puntos de venta. Entre ellos encontramos los comerciantes mayoristas, los cuales adquieren grandes volúmenes de productos directamente de agricultores o intermediarios y los distribuyen hacia los comerciantes minoristas, supermercados, restaurantes, entre otros comercios dentro y fuera de Corabastos. De igual manera los comerciantes minoristas adquieren estos productos en menores cantidades directamente de los agricultores o de los comerciantes mayoristas, generalmente operan en puestos fijos desde los que suelen vender los alimentos directamente al consumidor final dentro del centro de abastos. Algunos de los comerciantes al finalizar las operaciones donan aquellos alimentos que no son comercializados, pero aún son aptos para el consumo humano, contribuyendo a la reducción del desperdicio de alimentos generando un impacto positivo en las comunidades vulnerables.

El centro de abastos cuenta con 59 bodegas y más de 6300 locales, al Centro de Acopio han donado 4058 comerciantes al menos una vez y alrededor de 200 comerciantes donan frecuentemente.

Únicamente del 1 de enero al 31 de marzo de 2025 al Centro de Acopio del BAB en Corabastos se han donado alrededor de 1.266.000 kilos de alimentos. En los últimos años, se ha evidenciado un aumento en la conciencia y participación, pasando de donaciones ocasionales gestionadas por el BAB a una red de donantes frecuentes que apoyan constantemente la labor del Centro de Acopio.

Banco de alimentos de Bogotá: Este eslabón es considerado como uno de los más importantes en la cadena de suministro ya que son los encargados de ser el punto intermedio entre los comerciantes y los beneficiarios. Se encargan principalmente de recibir las donaciones, seleccionar los alimentos aptos para consumo, almacenarlos en el Centro de Acopio de Corabastos y distribuirlos a los beneficiarios para garantizar un flujo eficiente de productos y minimizar el desperdicio de alimentos. Adicionalmente, son los encargados de llevar la misión del BAB en el centro de abastos teniendo como propósito principal reducir el hambre y el desperdicio de alimentos recuperando excedentes y llevándolos a poblaciones vulnerables.

Dentro de las operaciones del BAB trabajan alrededor de 12 colaboradores, de los cuales 9 colaboradores se encargan de recolectar los alimentos de los diferentes locales, mientras tanto, dentro del Centro de Acopio hay una persona encargada para las labores administrativas y trato con los comerciantes y otro encargado de la logística de abastecimiento y distribución, así como dos encargados de bodega. Adicionalmente, la central de abastos dispone de 5 colaboradores para el BAB en forma de obra social. Estos procesos son acompañados por voluntarios que realizan distintas actividades con el BAB como trabajos sociales, investigaciones académicas entre otras.

Beneficiarios: Son el eslabón final de la cadena de suministro, representan las personas u organizaciones a las cuales les llegan finalmente los alimentos para consumo. Algunas de las organizaciones que impacta el BAB son: geriátricos, centros de rehabilitación, escuelas, orfanatos, comedores comunitarios entre otros beneficiarios. Estas organizaciones se ven beneficiadas de acuerdo con la cantidad de personas a su cuidado y a las necesidades específicas de cada una, proyectando una dieta balanceada teniendo en cuenta la disponibilidad de alimentos.

Según el informe de gestión del BAB para el año 2024 se repartieron alrededor de 20.356.005 kg de alimentos, se recibieron 11,438,613 kg de productos, se beneficiaron 1207 organizaciones, se rescataron 3,434,805 kg de frutas verduras y vegetales únicamente en el centro de abastos Corabastos para un total de 3,735,790 kg y se presentaron 12,976 voluntarios para un total de 134,043 horas de trabajo.

5.4. Descripción de procesos

Para esta descripción se estudiaron los hilos conductores (procesos), los cuales permiten al BAB, realizar sus actividades diarias, en las cuales se distinguen la participación de un número de personas, junto al uso de unos recursos y materiales disponibles para completar el objetivo establecido por el BAB.

5.4.1. Planeación

En este proceso el Centro de Acopio establece las rutas de recolección dentro de Corabastos para los colaboradores teniendo en cuenta los vehículos y herramientas disponibles con el fin de optimizar tiempos y recolectar la mayor cantidad de alimento en el menor tiempo posible para evitar el desperdicio. Se debe considerar que los comerciantes se comunican con el Centro de Acopio en distintos momentos a lo largo de las operaciones del día para donar los alimentos, lo que genera una alerta en el Centro de Acopio para recolectar los mismos en el menor tiempo posible, ya que, en algunas ocasiones los comerciantes cuentan con poco tiempo para la entrega o los alimentos llevan mucho tiempo en comercialización contando con una vida útil limitada.

Dentro de las actividades realizadas por el BAB en la etapa de planeación se evidencia una problemática con los tiempos de notificación de donaciones por parte de los comerciantes debido a que para el BAB es indispensable realizar una adecuada planificación para gestionar los recursos disponles de la mejor manera para poder recolectar la mayor cantidad de alimentos posibles optimizando tiempos de recolección. Por lo que se busca mejorar este proceso por medio de una adecuada planeación, que permita al comerciante notificar la donación con tiempo oportuno previo a que finalice sus operaciones.

5.4.2. Abastecimiento

Una vez inician las operaciones de recolección o los comerciantes se comunican con el Centro de Acopio los colaboradores parten hacia las distintas bodegas del centro de abastos haciendo uso de diferentes herramientas. Para este proceso se cuentan con 4 moto cargueros los cuales cargan con un máximo de 16 canastas plásticas y 5 VTH que cargan un máximo de 20 canastas las cuales son movilizadas por 12 colaboradores acompañados de voluntarios. Cuando los colaboradores se encuentran en las bodegas reciben los alimentos por parte de los comerciantes, dependiendo del estado de alimento se procede con la recolección, si el alimento se encuentra en óptimas

condiciones únicamente se realiza el cargue del producto en el vehículo y se dirige hacia el Centro de Acopio para ser almacenado, en caso tal que el alimento no se encuentre en un estado óptimo se realiza una preselección de los productos que se encuentren en un estado apto para el consumo. En este proceso se pasan los productos a las canastillas del Centro de Acopio, en dado caso que los alimentos superen la capacidad máxima de cargue del vehículo es necesario comunicarse con el Centro de Acopio para solicitar un vehículo de apoyo que traiga más canastillas vacías y almacene las que ya fueron seleccionadas. Luego, se generan dos facturas, una para el Centro de Acopio y otra para el donante indicando el nombre del donante, numero de la bodega, el puesto, los productos donados y su cantidad, ya sea en bultos, canastillas o kilogramos. Al finalizar el proceso de recolección se almacenan los productos de acuerdo con la distribución de la bodega la cual tiene una capacidad para 30 toneladas. Finalmente, se hace un registro de la cantidad de producto que ingresa en una base de datos de Excel conforme a lo indicado en la factura.

En cuanto al abastecimiento se observó una tendencia creciente en las donaciones recibidas por el Centro de Acopio generando una necesidad de personal, espacio y herramientas logísticas para poder suplir una demanda futura. Como aspecto de mejora se podría implementar una herramienta tecnológica al momento de notificar una donación a los colaboradores encargados de recoger los alimentos ya que actualmente el sistema de notificación es poco eficiente, impactando en los tiempos de recolecciones generando pérdidas de alimentos.

5.4.3. Selección y clasificación de alimentos

Ya en el Centro de Acopio los productos pasan por un proceso de selección descartando aquellos que ya no son aptos para el consumo, este proceso es realizado por 5 colaboradores del grupo Interaseo los cuales son dispuestos por Corabastos en forma de obra social. Los alimentos seleccionados son encanastados para posteriormente ser almacenados o distribuidos según la demanda que se tenga en el momento. En el día pasan por el proceso de selección alrededor de 9 toneladas de alimentos de las cuales se aprovecha el 92%. Posteriormente, se alista la orden de acuerdo con los pedidos solicitados de los diferentes beneficiarios.

Como oportunidad de mejora, se encuentra establecer un estándar bien definido para clasificar aquellos alimentos que son aptos y los que no son aptos para consumo. Una selección manual puede llevar a inconsistencias, especialmente cuando hay fatiga o falta de capacitación.

5.4.4. Distribución

Una vez se tienen los alimentos listos, llegan los camiones del Banco de Alimentos para distribuir los productos a las diferentes organizaciones. Primeramente, al llegar el camión se entrega la orden al responsable del vehículo, esta orden cuenta con la información de: la fecha, fundación que recibe, Nit, Red, dirección de entrega, localidad, barrio, programa, transporte, conductor, costo, peaje, hora de salida, cantidad y tipo de productos. Con esta información se realiza el cargue del vehículo dependiendo del número de fundaciones que hayan solicitado alimentos, en un solo vehículo se transportan máximo 3 órdenes de entrega, ya que, deben ser entregadas en el menor tiempo posible al ser alimentos perecederos, para estas entregas se estima un tiempo máximo de 1 hora y 30 minutos. En un día, se benefician alrededor de 12 a 15 fundaciones dependiendo de la demanda. Al momento del cargue del vehículo, se montan manualmente las canastillas y se realiza una última selección de aquellos alimentos en mal estado que pudieron pasar en las anteriores etapas o iniciaron su descomposición en el almacenamiento. Dependiente de la demanda un solo vehículo puede hacer dos viajes en un día, el primero alrededor de las 10 de la mañana y el segundo alrededor de las 2 de la tarde. Actualmente la flota vehicular propia del BAB consta de un solo camión con capacidad máxima de 3 toneladas, sin embargo, por motivos de seguridad, los operarios cargan dicho camión hasta 2.5 toneladas. Adicionalmente cuenta con un servicio de un tercero (Transportes Beltrán) contando con la disponibilidad de un camión adicional. Por último, algunas organizaciones benéficas cuentan con su propio transporte desplazando los alimentos desde el Centro de Acopio hasta sus propias instalaciones.

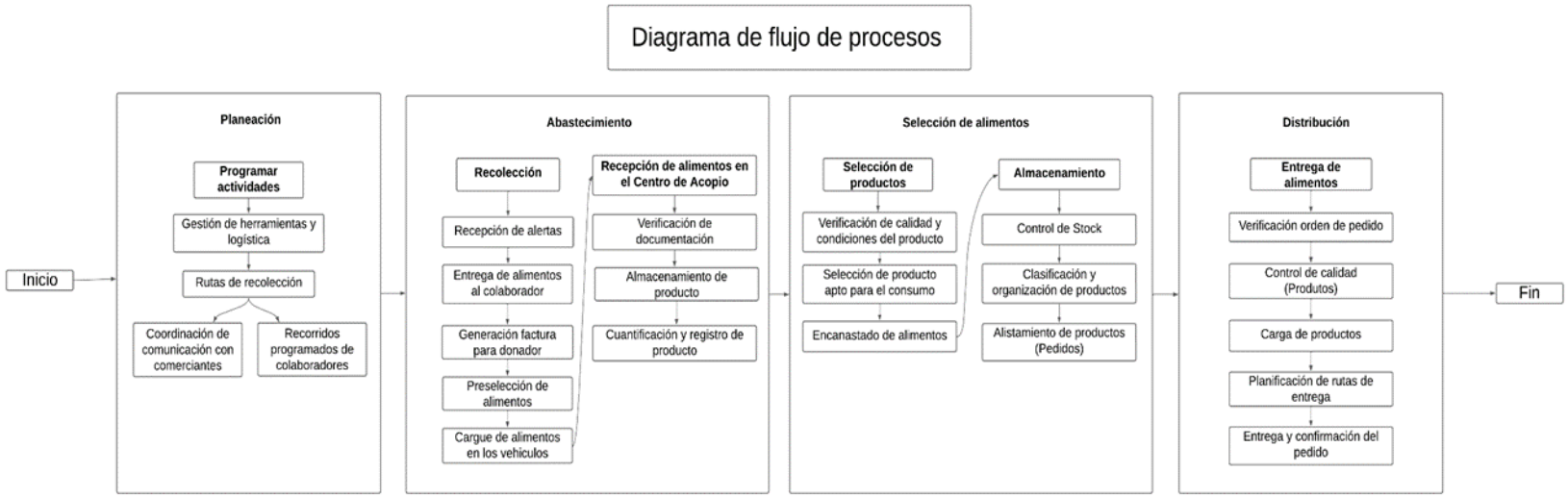
En el ámbito de las tareas a desarrollar en este proceso por el BAB, se evidencia una posible problemática relacionando la capacidad limitada de vehículos con respecto a la demanda de alimentos a distribuir, lo cual puede llegar a generar un riesgo en términos de retrasos, acumulación de pedidos y potenciales perdidas de alimentos perecederos. Con base en lo anteriormente mencionado es importante realizar una adecuada planificación en tiempo real identificando qué cantidad de vehículos en promedio se necesitarán para suplir dicha demanda, programando rutas efectivas, con el fin de reducir el porcentaje de probabilidad de daño de dichos alimentos.

Con base en esta información obtenida, se decide realizar un diagrama de flujo de procesos para obtener una ayuda visual frente a cómo es el desarrollo de las operaciones del Centro de Acopio del BAB. En el cual se puede evidenciar las actividades primordiales que se realizan, donde el BAB debería centrar más su atención, con el fin de recolectar la mayor cantidad de alimentos

disponibles para donación. Un ejemplo de estas actividades puede ser cuando se realiza la programación de las tareas y recursos disponibles, en donde la planificación juega un papel importante, ya que, al no tener una cantidad correcta de colaboradores o equipos de transporte, el desperdicio de alimentos puede aumentar.

Figura 19.

Diagrama de flujo de procesos Centro de Acopio



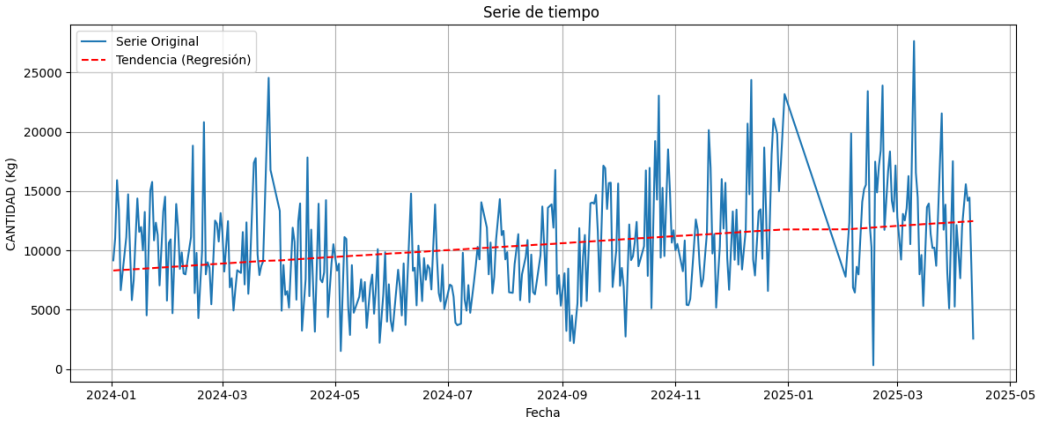
Nota. La figura muestra el diagrama de flujo de los procesos realizados por el Centro de Acopio del BAB en Corabastos.

5.5. Pronóstico de demanda mediante modelado predictivo

El pronóstico de la demanda se realizó con base en los datos recolectados por el BAB del año 2024 y parte del 2025 (hasta inicios de abril), donde inicialmente se grafica la serie de tiempo para poder determinar el comportamiento de estos datos e implementar el modelo que mejor se ajuste.

Figura 20.

Serie de tiempo.

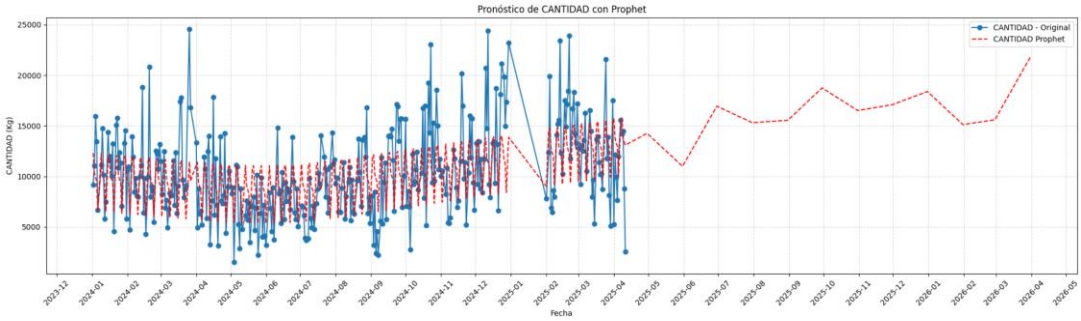


Nota. La grafica muestra la serie de tiempo de alimentos recolectados por el Centro de Acopio del BAB, así como su tendencia. Realizado a partir de la base de datos del BAB para el 2024.

La serie de tiempo presentó distintos picos tanto de bajada como de subida por la misma ocasionalidad de las donaciones mencionada anteriormente, así mismo, se observa una caída de la serie en enero del 2025 ya que no se contaba con un registro para estas fechas. En cuanto a la estacionalidad y tendencia de los datos, luego de aplicar el método Dickey Fuller pudimos determinar que la serie tenía estacionalidad lo que facilita el pronóstico, ya que demuestra que la relación entre los valores actuales y pasados depende del tiempo entre ellos y no del momento específico en el que ocurren, es decir, aunque la donación de los alimentos no se guie exactamente con el calendario agrologico de cosechas como se mostró anteriormente, si tienen un comportamiento regular a lo largo del tiempo. Adicionalmente, se identificó una tendencia creciente en los datos, donde la recolección de los alimentos aumenta progresivamente a lo largo del periodo analizado.

Figura 21.

Pronostico serie de tiempo.



Nota. La grafica evidencia el pronóstico generado de la cantidad de kilogramos recolectados con el método "Prophet" para los próximos 12 meses. Realizado a partir de la base de datos del BAB para el 2024.

Gracias al análisis de la serie de tiempo se implementó el modelo de predicción "Prophet", ya que es un modelo que se caracteriza por manejar bien series con estacionalidad, pero especialmente en ocasiones donde se presentan eventos irregulares que influyen significativamente en la serie, como se evidencia en el proceso de abastecimiento donde surgen cambios drásticos en la cantidad de alimento recolectado. El modelo se graficó a partir de los datos históricos diarios de las fechas mencionadas anteriormente. De la predicción, se puede evidenciar que el modelo identifico una tendencia creciente clara, así como patrones estacionales definidos, a pesar de la alta variabilidad de los datos presentados. Esto nos indica que el modelo fue capaz de adaptarse a la serie de tiempo con un elevado grado de incertidumbre, administrando información útil para la planificación de las donaciones futuras.

Tabla 7.

Pronostico mensual

Mes	Cantidad_Pronosticada
2025-04	262238,58
2025-05	435711,5
2025-06	442610,85
2025-07	474130,09
2025-08	483508,86
2025-09	491832,74
2025-10	519455,12
2025-11	514556,48
2025-12	556239,48
2026-01	563753,19
2026-02	526843,8
2026-03	602495,76
2026-04	594992,8

Nota. La tabla evidencia el pronóstico generado de la cantidad de kilogramos recolectados con el método "Prophet" para los próximos 12 meses. Realizado a partir de la base de datos del BAB para el 2024.

Posteriormente, se generó la sumatoria de alimentos recolectados por mes hasta abril del 2026 con las cantidades pronosticadas de alimento que se van a recibir, para así poder realizar una planificación mensual. Cabe mencionar, que la confiabilidad del pronóstico depende del número de datos que se esté analizando bajo una misma condición, así como de qué tan lejos este el pronóstico de los datos actuales.

5.6. Herramienta tecnológica

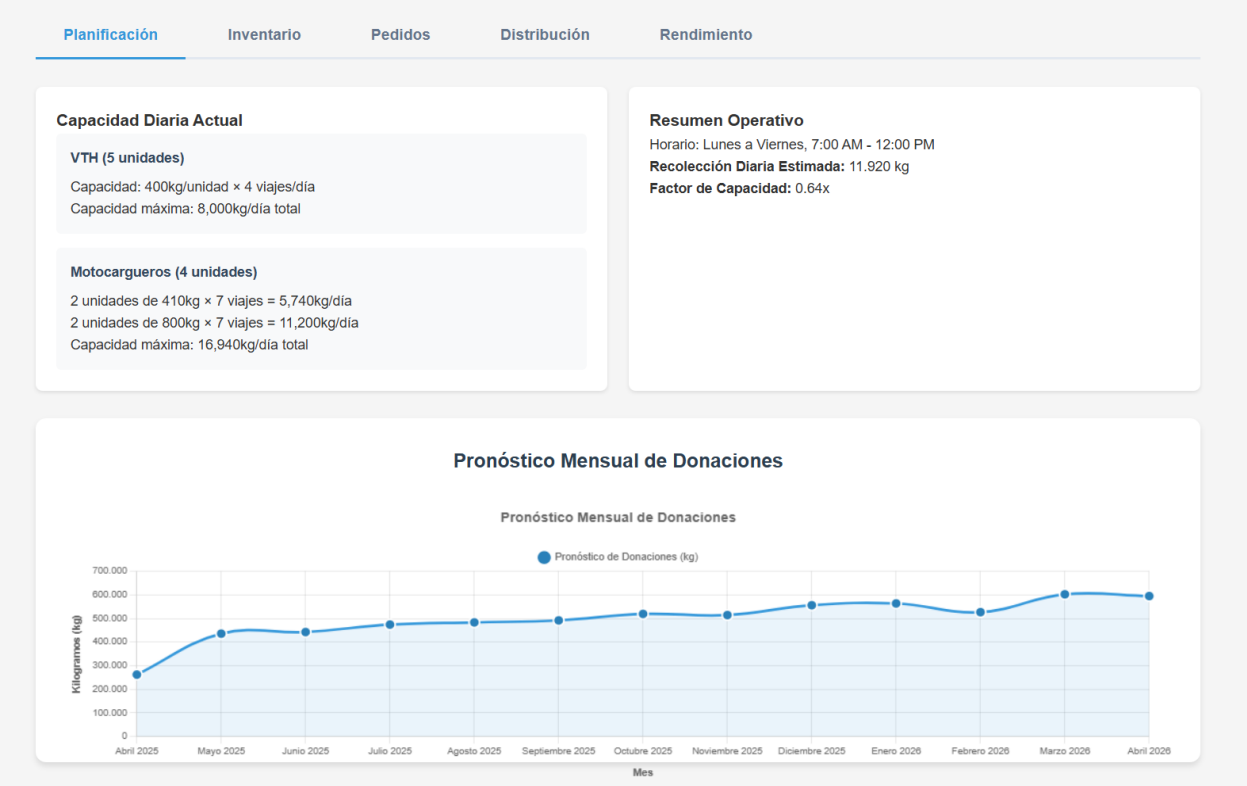
Como herramienta tecnológica para ayudar con la planeación de la cadena de suministro del Centro de Acopio se desarrolló una página en HTML con programación en JavaScript y CSS con el apoyo de tecnologías basadas en inteligencia artificial. Esta página cuenta con diferentes niveles de acceso y funcionalidades para ayudar a facilitar las tareas realizadas en cada uno de los eslabones de la cadena de suministro. Este instrumento cuenta con 5 pestañas principales.

Es importante resaltar que esta herramienta permitió la materialización operativa del modelo propuesto, haciendo posible su aplicación práctica mediante la evaluación y optimización de las etapas y procesos. A través de este modelo, se logró simular escenarios reales, ajustar recursos, y facilitar la toma de decisiones basada en datos, lo que fortalece la viabilidad del modelo desde una perspectiva tanto técnica como operativa. Además, debido a su configuración permite futuras actualizaciones o adaptaciones a otros centros logísticos similares.

Con base en lo anteriormente mencionado se procede a la explicación de la herramienta tecnológica (modelo). En primer lugar, se identifica una pestaña de planeación donde según el pronóstico generado en la fase 3 del trabajo nos indica la recolección diaria estimada por mes, así como los recursos de personal recomendado por día, estos recursos incluyen el número de VTH y moto cargueros necesarios para la recolección. De igual manera, genera una planificación de la cantidad mensual y diaria que se espera recolectar del top 20 de alimentos y una recomendación por prioridad de las bodegas que se deberían visitar en los diferentes momentos del día. Cabe resaltar, que para los diferentes cálculos se tuvo en cuenta que el Centro de Acopio trabaja de lunes a viernes (alrededor de 22 días al mes) en un horario de recolección de 7am a 12pm aproximadamente. Adicionalmente, se consideraron los recursos logísticos actuales del Centro de Acopio, los cuales cuentan con 5 unidades de VTH con una capacidad teórica máxima de 400 kilogramos realizando alrededor de 4 viajes al día, de igual modo, cuentan con 4 unidades de moto carguero de los cuales 2 tienen una capacidad de 410 kilogramos y los otros 2 con una capacidad de 800 kilogramos los cuales realizan aproximadamente 7 viajes al día.

Figura 22.

Pestaña de planeación.



Nota. La imagen muestra el pronóstico de los próximos 12 meses en donaciones, así como la capacidad logística actual del Centro de Acopio y el resumen operativo.

La siguiente pestaña es la de inventario, en esta pestaña se puede gestionar el inventario con 3 diferentes botones. Con el primer botón se registran los productos por nombre y categoría, luego para ingresar las entradas con otro botón se registran las donaciones indicando el producto, la cantidad y su fecha de vencimiento. Finalmente, para registrar las salidas de inventario el tercer botón nos da dos opciones, la primera opción es registrar la salida del inventario cuando este se vence ya que al ser alimentos perecederos que llevan cierto tiempo en comercialización es algo muy común. La segunda opción es cuando se genera el pedido para distribución donde se indica el número de pedido, la fundación beneficiada y los productos que se van a entregar. Otras funcionalidades de esta pestaña es que se pueden ver los diferentes lotes de un mismo producto con su respectiva fecha de vencimiento, así mismo, la pestaña presenta un resumen general para poder ver los alimentos que están por vencer o ya se han vencido y un gráfico que nos da una idea general de cuanto stock tenemos de cada alimento.

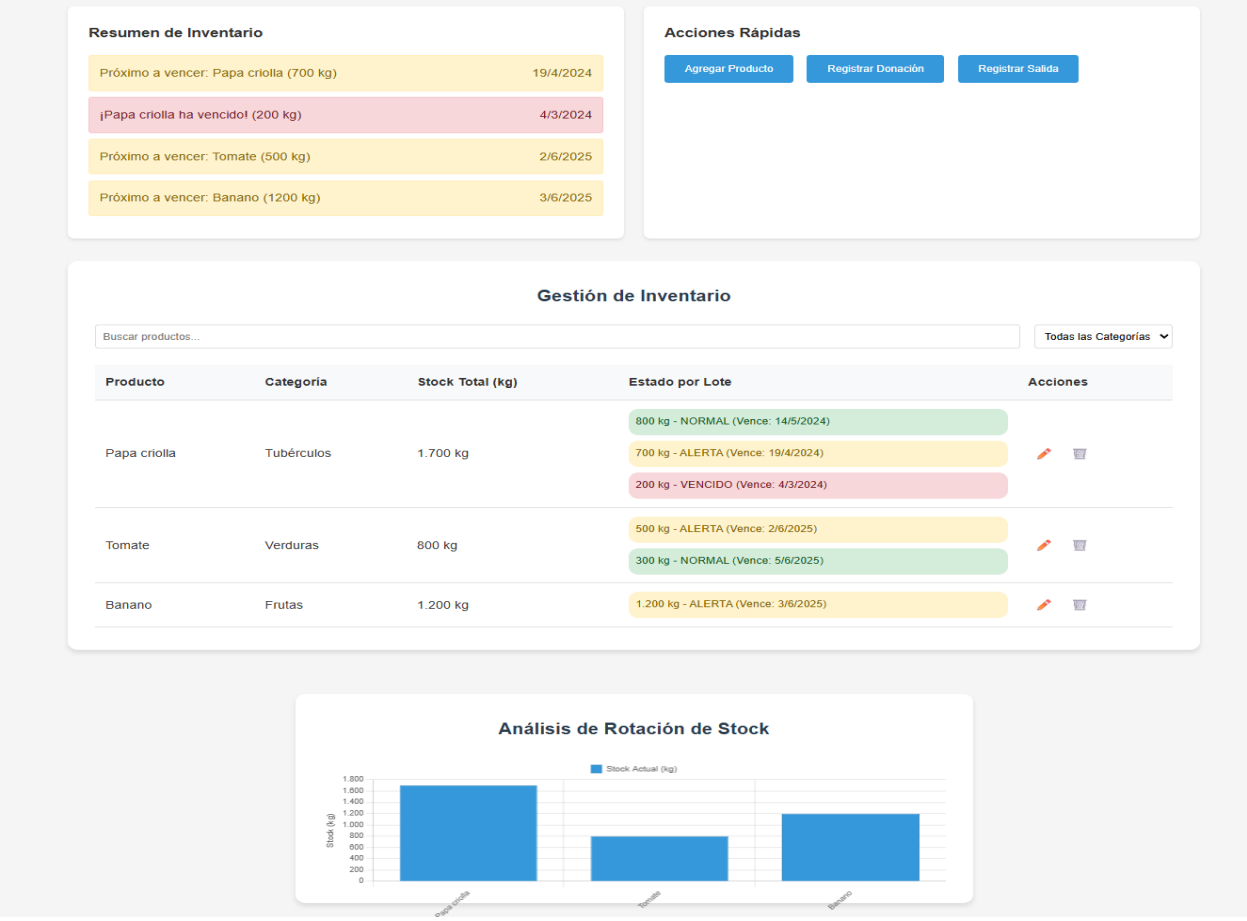
La herramienta tecnológica utilizada en este proyecto de igual manera estima la cantidad de

vehículos necesarios para la recolección diaria de alimentos con base en el pronóstico mensual de donaciones y la capacidad máxima operativa de los medios de transporte. Como ejemplo, se puede evidenciar que para el mes de abril del año 2025 se proyecta una recolección diaria de 11.920 kg, y la plataforma recomienda el uso de 4 VTH, 2 motocargueros de 410 kg y 2 motocargueros de 800 kg, con una capacidad teórica máxima de 6.400 kg, 5.740 kg y 11.200 kg respectivamente, para un total de 23.340 kg/día. En abril de 2026, el mes con mayor demanda, se estima una recolección diaria de 27.045 kg, y se asignan 8 VTH, 3 motocargueros de 410 kg y 3 de 800 kg, alcanzando una capacidad total de 38.210 kg/día. Aunque estas cifras superan los requerimientos diarios, la herramienta aplica este exceso como medida de compensación. Estudios de campo demostraron que, en la operación real, los vehículos utilizan aproximadamente el 60 % de su capacidad máxima por viaje, debido a factores como tiempos de carga y descarga, congestión vial, distribución geográfica de los puntos de recolección y características del alimento recolectado. Por ello, la herramienta incrementa la cantidad de unidades para asegurar que, incluso con esta eficiencia reducida, se cumpla con la meta operativa diaria.

Al aplicar este factor del 60 %, la capacidad efectiva para abril de 2026 se reduce a 38.210 × 0.6 = 22.926 kg/día, un valor que no alcanza a cubrir la demanda diaria estimada de 27.045 kg. Para abril de 2025, los 4 VTH, 2 motocargueros de 410 kg y 2 de 800 kg recomendados alcanzarían una capacidad efectiva de 6.400 × 0.6 = 3.840 kg, 5.740 × 0.6 = 3.444 kg y 11.200 × 0.6 = 6.720 kg respectivamente, lo que da un total aproximado de 14.004 kg/día. Aunque este valor supera la demanda diaria de ese mes, confirma que la plataforma no trabaja con condiciones ideales, sino con márgenes operativos reales que permiten absorber variaciones y contingencias logísticas. El llamado "factor de capacidad" mostrado en la plataforma (0.64x para abril de 2025 y 1.46x en abril de 2026) representa ese margen de seguridad necesario para garantizar el cumplimiento de los objetivos logísticos. Esta metodología asegura una planificación robusta, ajustada al contexto operativo del Banco de Alimentos.

Figura 23.

Pestaña de inventario.

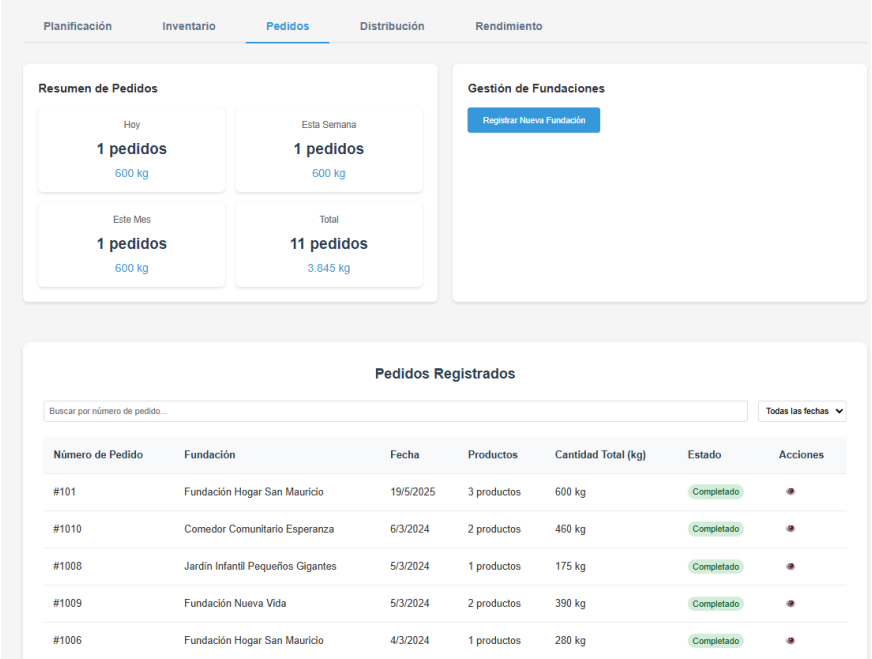


Nota. La imagen muestra la pestaña de inventario evidenciando las acciones que se pueden realizar en ella y como se muestra el resultado.

Posteriormente, en la pestaña de pedidos quedan registrados por número de pedido, fundación, Fecha, productos, cantidad total de kilogramos y estado, refiriéndose a si el pedido ya fue alistado y entregado. Adicionalmente, muestra un resumen de los pedidos en cantidad y peso.

Figura 24.

Pestaña de pedidos.

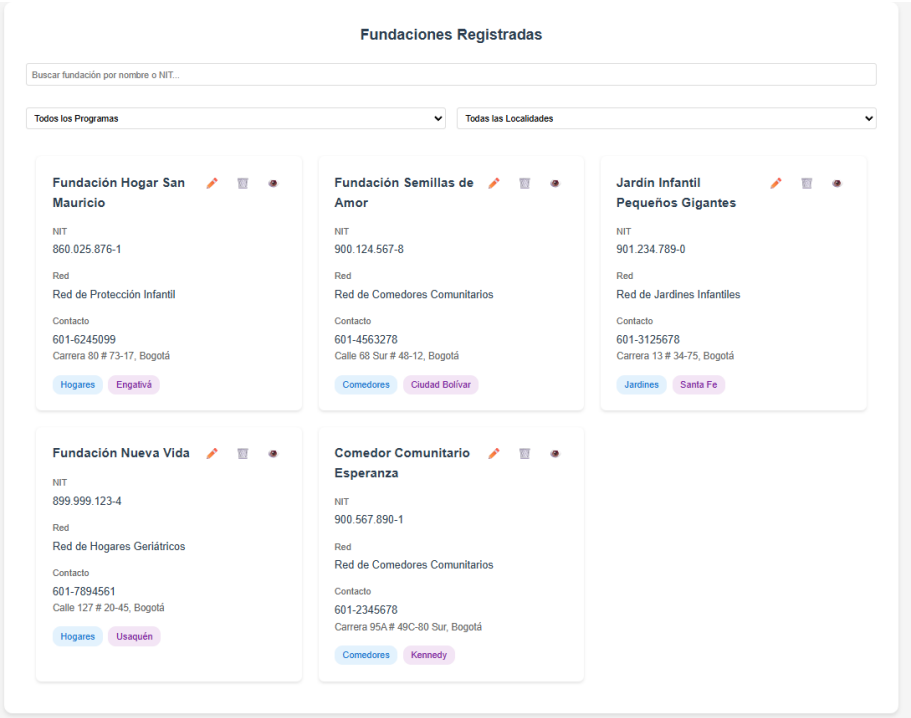


Nota. La imagen muestra la pestaña de pedidos y como queda el registro de la misma.

Adicionalmente, en esta pestaña se hace el registro de las fundaciones beneficiadas indicando información necesaria como la razón social, el NIT, Red, teléfono, dirección, localidad, barrio, dirección y programa. Esto permite asociar los pedidos a las fundaciones para su posterior distribución.

Figura 25.

Registro de fundaciones.

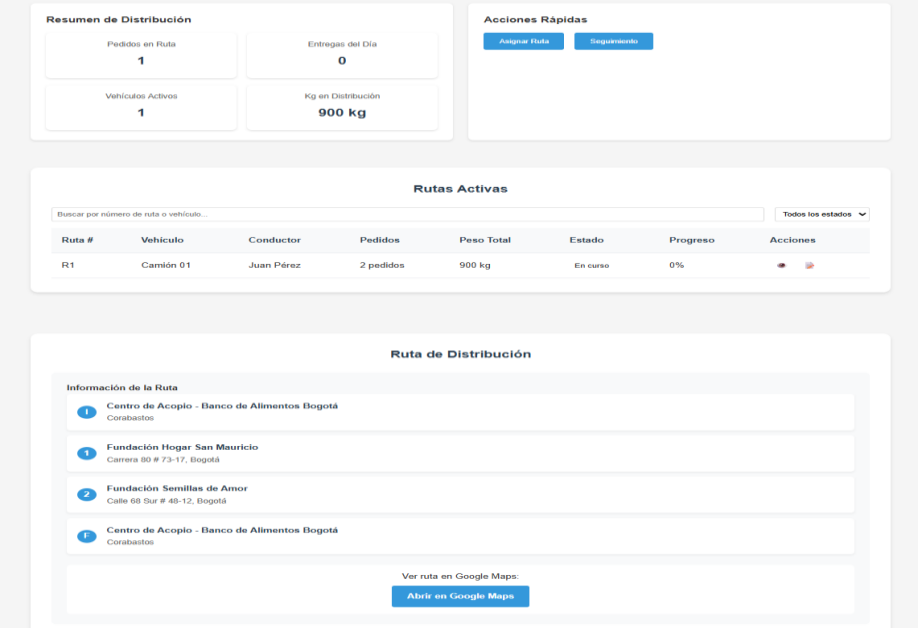


Nota. La imagen muestra el registro de las fundaciones en la herramienta tecnológica.

En la pestaña de distribución se asignan las rutas para los pedidos que serán distribuidos por parte del Centro de Acopio, se asigna la ruta a uno de los dos camiones del Centro de Acopio, el conductor y la hora de salida, así como los pedidos que va a distribuir, teniendo en cuenta que llevan máximo 3 pedidos. Cuando se crea la ruta, al tener las fundaciones asociadas a los pedidos con su respectiva dirección se genera un enlace en Google maps que nos indica la ruta optima que debería seguir el conductor dando un tiempo estimado para la entrega. Igualmente, al tener la ruta activa se puede registrar la hora de entrega y algún comentario de cada pedido para poder seguir el progreso de la ruta y definir el estado en el que se encuentra.

Figura 26.

Pestaña de distribución.



Nota. La imagen muestra la pestaña de distribución, así como sus diferentes opciones y resultados.

Como ultima pestaña, se muestra un resumen de rendimiento donde se puede ver la eficiencia general y cumplimientos de entregas. También, unos indicadores de rendimiento clave como el tiempo promedio de entregas, la tasa de entregas a tiempo, la utilización de los vehículos y la eficiencia de las rutas. Finalmente, genera otros detalles de rendimiento como el número de entregas completadas, kilogramos distribuidos y emisiones evitadas.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo con el trabajo desarrollado, se pudo realizar la caracterización de las variables logísticas de entrada y salida de los alimentos, logrando identificar actores clave como los comerciantes entendiendo el proceso de donación desde su perspectiva. Se reconocieron sus motivaciones para donar, los productos que comercializan, así como su procedencia, la periodicidad con la que donan y por qué medio la realizan, entre otros factores claves para el proceso de donación. Igualmente, se realizó un análisis frente a los datos recolectados por el Centro de Acopio del año 2024 obteniendo información clave sobre los alimentos donados como los tipos de producto que más se donaron. Este primer objetivo nos ayudó a caracterizar variables en toda la cadena de suministro como lo fueron los alimentos identificando su tipo, cantidad, origen y frecuencia de donación, igualmente se identificaron variables como el medio de notificación, los tipos de vehículos utilizados, tiempos de recolección y finalmente el destino de estos alimentos. El resultado de la caracterización de estas variables coincide con los hallazgos obtenidos por Cristancho Mora & Bulla Marín en su trabajo de grado, donde la caracterización de variables logísticas permite identificar y optimizar los factores que influyen en la eficiencia y eficacia de las operaciones, permitiendo identificar áreas de mejora, optimizar recursos y garantizar una distribución más equitativa y efectiva [19].

Frente a la configuración de la cadena de suministro se lograron determinar los actores y procesos claves dentro de los diferentes eslabones de la cadena. A partir de este análisis se logró establecer como una cadena de suministro sostenible, ya que, por medio del aprovechamiento de alimentos por parte del Centro de Acopio se ven afectados positivamente los factores ambientales y sociales pasando de productos que estaban destinados a ser desechados y generar emisiones a platos de comida para poblaciones en necesidad de alimento. Realizar una configuración de esta cadena fue fundamental para garantizar la eficiencia en términos operativos y mejorar su capacidad de adaptación frente a posibles cambios generados en el entorno. En este sentido, la configuración de una cadena de suministro sostenible se alinea con lo planteado por Seuring y Müller (2008), los cuales mencionan que este enfoque no solo mejora el desempeño económico, sino que también ayuda a fortalecer la reputación corporativa, contribuyendo al bienestar social y ambiental. De este modo, una cadena bien estructurada bajo principios de sostenibilidad permite generar valor a largo plazo a las organizaciones [25].

Adicionalmente, con respecto a la aplicación del modelo “Propthet”, este permitió construir una

proyección que se ajustó a la serie de tiempo de alimentos recuperados para un periodo de 12 meses, tomando en cuenta la tendencia y estacionalidad de los datos. Esto facilitó la anticipación de picos y caídas en la disponibilidad de las donaciones, mejorando la planificación en logística de entrada, almacenamiento y distribución. El pronóstico generado por el modelo tuvo resultados satisfactorios como los obtenidos en el artículo de Zhang, Li y Wang, donde se obtuvo una demanda del volumen de carga diario con precisión pese a las dificultades encontradas por la volatilidad de los datos registrados [34].

Finalmente se puede concluir que la propuesta de un modelo de cadena de suministro a través de una herramienta tecnológica permitió identificar oportunidades claras para optimizar los procesos de recolección, almacenamiento y distribución aumentando la recuperación y gestión de los alimentos. El modelo permite llevar a cabo una planificación en cuanto al proceso de recolección identificando las herramientas logísticas necesarias, puntos clave y un estimado de alimentos a recuperar con base en el pronóstico generado para cada mes. Asimismo, permite gestionar el inventario teniendo en cuenta los productos y su estado, llevando una mejor trazabilidad de la información para futuros análisis. Igualmente, se mejora el diligenciamiento de los pedidos vinculándolos a una fundación registrada en la herramienta, determinando la cantidad de alimento que se requiere y su estado de entrega. Para el proceso de distribución, por medio de “Google Maps” se optimizó el ruteo de los pedidos minimizando tiempos de entrega, lo cual es vital para conservar la vida útil de los alimentos. La optimización de todos estos procesos se traduce en la reducción de emisiones debido a un aumento en la recuperación de alimentos, así como un mayor impacto en las poblaciones beneficiadas por las donaciones.

7. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los análisis y conclusiones derivadas de este trabajo se recomienda ampliar la flota de moto cargueros y considerar el uso de vehículos eléctricos o con motores de combustión auxiliar para VTH, con el fin de incrementar la eficiencia de la recolección y reducir la dependencia del esfuerzo físico humano. Asimismo, establecer convenios formales con las bodegas que más donan alimentos, especialmente las 6 principales, permitiendo garantizar una oferta constante y previsible, facilitando la planificación operativa del Centro de Acopio.

Por otro lado, para futuras investigaciones, se recomienda desarrollar una plataforma digital que permita a los comerciantes anunciar en tiempo real sus excedentes, podría transformar las recolecciones esporádicas en donaciones programadas. Esto reduciría tiempos muertos y mejoraría el uso de recursos logísticos. Además, dado que solo el 0,76% de los comerciantes dona por incentivos tributarios, se recomienda implementar una estrategia de comunicación y formación que muestre los beneficios fiscales de donar, simplificando el proceso de registro tributario.

Finalmente, se plantea que el modelo de cadena de suministro propuesto puede ser replicado en otros bancos de alimentos del país, con ajustes según el contexto local. Su efectividad en Corabastos valida su escalabilidad como solución nacional frente al desperdicio y la inseguridad alimentaria. En el caso del Centro de Acopio, se recomienda instruir a una persona para que se encargue del diligenciamiento y manejo de la herramienta la cual permitirá una mejor recolección de datos para investigaciones futuras. Igualmente, dado que este trabajo se planteó como una propuesta para el BAB se recomienda el estudio de su implementación con el fin de reconocer posibles mejoras, ajustar el modelo a las condiciones operativas reales y fortalecer su impacto en la reducción del desperdicio y la inseguridad alimentaria.

REFERENCIAS

[1] Departamento Nacional de Planeación (DNP), Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia, Dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas, Bogotá, Colombia, 2016. [En línea]. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/perdida-y-desperdicio-de-alimentos-en-colombia-2016.pdf

[2] Banco de Alimentos de Bogotá, Sitio web oficial, 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.bancodealimentos.org.co

[3] Food Security Information Network (FSIN), Global Report on Food Crises 2023. Rome: FSIN, 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.fsinplatform.org/report/global-report-food-crises-2023/

[4] The Global Food Banking Network, Panorama del impacto, 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.foodbanking.org/our-impact/network-activity-report-2023/

[5] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Índice de desperdicio de alimentos, 2024. [En línea]. Disponible en: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/45230/food_waste_index_report_2024_SP.pdf

[6] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Índice de desperdicio de alimentos, 2021. [En línea]. Disponible en: https://www.unep.org/es/resources/informe/indice-de-desperdicio-de-alimentos-2021

[7] DANE, "Inseguridad alimentaria a partir de la escala FIES," [En línea]. Disponible en: https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/escala-de-experiencia-de-inseguridad-alimentaria-fies

[8] Programa Mundial de Alimentos (WFP), Evaluación de la seguridad alimentaria para la población colombiana, 2024. [En línea]. Disponible en: https://es.wfp.org/publicaciones/evaluacion-de-la-seguridad-alimentaria-para-la-poblacion-colombiana-2024

[9] Secretaría Distrital de Integración Social, “Combatir el hambre y reducir la inseguridad alimentaria: un gran reto para la administración distrital en Bogotá,” 15 feb. 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.integracionsocial.gov.co/index.php/noticias/99-noticias-seguridad-alimentaria/6496-combatir-el-hambre-y-reducir-la-inseguridad-alimentaria-gran-

reto-para-la-administracion-distrital-en-bogota

[10] Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV), 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/

[11] Banco de Alimentos de Bogotá, Informe de gestión y distribución de alimentos en Colombia, 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.bancodealimentos.org.co/wp-content/uploads/2020/12/Informe-de-Gestion-2024-Hori-1.pdf

[12] Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC), Sitio web oficial de la Sociedad de Agricultores de Colombia. [En línea]. Disponible en: https://sac.org.co/

[13] Asociación de Bancos de Alimentos de Colombia (ABACO), Sitio web oficial de ABACO. [En línea]. Disponible en: https://abaco.org.co/

[14] A. Cañedo and L. Martínez, "Gestión eficiente de los bancos de alimentos: Impacto en la reducción del desperdicio y la inseguridad alimentaria," Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, vol. 18, no. 2, pp. 45–62, 2021.

[15] Programa Mundial de Alimentos (WFP), Innovación y tecnología en la distribución de alimentos para combatir el hambre, 2020. [En línea]. Disponible en: https://www.wfp.org

[16] Departamento Nacional de Planeación (DNP), Pérdidas y desperdicio de alimentos en Colombia: Diagnóstico y estrategias de mitigación, 2021. [En línea]. Disponible en: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/Pérdida%20y%20desperdicio%20de%20alimentos%20en%20colombia.pdf

[17] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Sixth Assessment Report, 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/

[18] Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Desperdicio de alimentos en América Latina y el Caribe, 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.iadb.org

[19] J. J. Cristancho Mora y D. V. Bulla Marín, Caracterización de la red logística del Banco de Alimentos de Bogotá [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas], 2024. [En línea]. Disponible en: https://repository.udistrital.edu.co/items/d2a3e100-1e96-47d8-b2c7-0a0804e2d66f

[20] Prefeitura de São Paulo, "Programa Municipal Banco de Alimentos," [En línea]. Disponible en: https://capital.sp.gov.br/web/abastecimento/w/banco_de_alimentos/151234

[21] Banco de Alimentos de Buenos Aires, Lanzamiento de app móvil para organizaciones

sociales, 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.bancodealimentos.org.ar/lanzamiento-app/

[22] R. H. Ballou, Business Logistics Management, 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999

[23] S. Chopra and P. Meindl, Supply Chain Management, 5th ed. Boston, MA: Pearson, 2013.

[24] PricewaterhouseCoopers, Manual práctico de logística, 2007. [En línea]. Disponible en: https://idoc.pub/documents/01-manual-practico-de-logistica-pricecoopers-143010vd6v4j

[25] S. Seuring and M. Müller, "From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management," Journal of Cleaner Production, vol. 16, no. 15, pp. 1699–1710, 2008. [En línea]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.020

[26] F. Acevedo Suárez, F. A. Olaya Martínez, y J. Ramírez Arango, Planeación y control de la producción en empresas manufactureras. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2010.

[27] IBM, Gestión sostenible de la cadena de suministro, 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.ibm.com/es-es/topics/sustainable-supply-chain-management

[28] The Logistics World, Logística 4.0: Cómo la IA optimiza la predicción de la demanda en tiempo real, 2025. [En línea]. Disponible en: https://thelogisticsworld.com/tecnologia/logistica-4-0-como-la-ia-optimiza-la-prediccion-de-la-demanda-en-tiempo-real/

[29] S. Haykin, Neural Networks and Learning Machines, 3rd ed. Pearson Education, 2009. [En línea]. Disponible en: https://dai.fmph.uniba.sk/courses/NN/haykin.neural-networks.3ed.2009.pdf

[30] MathWorks, "Análisis de series temporales: pasos, tipos y ejemplos," 2025. [En línea]. Disponible en: https://la.mathworks.com/discovery/time-series-analysis.html

[31] S. Chopra and P. Meindl, Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation, 7th ed. Pearson, 2019.

[32] J. Heizer, B. Render, and C. Munson, Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management, 13th ed. Boston, MA: Pearson, 2020.

[33] Taylor, S. J., & Letham, B. (2018). Forecasting at scale. The American Statistician, 72(1), 37–45. https://doi.org/10.1080/00031305.2017.1380080

[34] Zhang, H., Li, Y., & Wang, X. (2025). Forecasting daily freight flow in cold regions of China using the hybrid Prophet model considering the importance of festivals and epidemic

prevention policy. Research in Transportation Business & Management, 59, 101294. https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2024.101294

[35] M. Christopher, Logistics & Supply Chain Management, 5th ed. Harlow, UK: Pearson Education Limited, 2016.

[36] R. Ghosh, A. Kumar, y T. Raj, “Forecasting demand in supply chains with data-driven models,” J. Cleaner Prod., vol. 273, p. 123099, 2020. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123099.

[37] B. Ageron, A. Gunasekaran y A. Spalanzani, “Sustainable supply management: An empirical study,” International Journal of Production Economics, vol. 140, no. 1, pp. 168–182, 2012. [En línea]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.04.007

[38] P. Montecinos y F. Navarro, Desarrollo de aplicaciones web para optimización logística en pymes, Universidad Técnica Federico Santa María, 2023.

[39] P. Liang, J. Wang y X. Zhou, “Programming for supply chain digitalization: A practical guide,” International Journal of Logistics Systems and Management, vol. 42, no. 3, pp. 317–335, 2022. Disponible en: https://doi.org/10.1504/IJLSM.2022.100497

[40] I. Sommerville, Software Engineering, 10th ed., Pearson, 2016.

[41] P. Gölzer and A. Fritzsche, “Data-driven operations management,” Production Planning & Control, vol. 28, no. 16, pp. 1332–1343, 2017. [Online]. Available: https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1375148

[42] H. Kagermann, “Change through digitization,” in Management of Permanent Change, Springer, 2015, pp. 23–45. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-319-06653-0_2

[43] Gobierno de Colombia, “Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA,” [En línea]. Disponible en: https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Evaluaciones-Agropecuarias-Municipales-EVA-Calenda/4229-puwp/about_data

[44] FAO, The State of Food and Agriculture: Moving forward on food loss and waste reduction, 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.fao.org

[45] FAO, Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources. Roma, Italia: FAO, 2013. [En línea]. Disponible en: https://www.fao.org/4/i3347e/i3347e.pdf

ANEXOS

ANEXO 1.

MANUAL DE USUARIO – SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN DEL BANCO DE ALIMENTOS DE BOGOTÁ – GUÍA DE USO DE LA HERRAMIENTA TECNOLÓGICA (MODELO)

Módulo 1: Planificación

1.1. Acceso a la plataforma

Al ingresar a la herramienta, se encuentra la interfaz principal titulada:

"Sistema de Optimización - Banco de Alimentos Bogotá", acompañada del subtítulo "Centro de Acopio - Gestión Integral"

Justo debajo se ubican las cinco pestañas de navegación principales:

1.2. Contenido de la pestaña "Planificación"

En esta sección se visualizan tres bloques informativos esenciales para la gestión operativa:

Capacidad Diaria Actual

Se muestra la capacidad máxima de recolección diaria para cada tipo de vehículo:

- VTH (Vehículos de Tracción Humana): 5 unidades
  - Capacidad individual: 400 kg
  - Número de viajes diarios: 4

- Capacidad total: 8.000 kg/día

- Motocargueros: 4 unidades
  - 2 unidades con capacidad de 410 kg (7 viajes/día): 5.740 kg/día
  - 2 unidades con capacidad de 800 kg (7 viajes/día): 11.200 kg/día
  - Capacidad total: 16.940 kg/día

Resumen Operativo

Este recuadro presenta datos clave sobre el funcionamiento diario:

- Horario de operación: Lunes a Viernes, de 7:00 AM a 12:00 PM
- Recolección diaria estimada: 11.920 kg
- Factor de capacidad: 0.64x, lo que indica el porcentaje de uso respecto a la capacidad total disponible.

Pronóstico Mensual de Donaciones

Gráfico de línea que proyecta la cantidad de donaciones mensuales estimadas (en kilogramos), desde abril de 2025 hasta abril de 2026.

- El gráfico permite visualizar el crecimiento o disminución de las donaciones, facilitando la planificación logística con base en tendencias.

1.3. Recomendación de Recursos

Este apartado complementa el módulo de planificación al ofrecer una estimación automatizada de recursos necesarios por día, con base en el pronóstico mensual de donaciones.

Selección de Mes

El usuario puede seleccionar un mes desde un menú desplegable que incluye el rango de abril 2025 a abril 2026. Esta selección modifica automáticamente los valores presentados en pantalla.

Datos que se visualizan

Una vez seleccionado el mes, se presentan los siguientes indicadores:

- Recolección Diaria Estimada: muestra la cantidad de kilogramos proyectada a recolectar diariamente para ese mes específico. Ejemplo: 21.978 kg para agosto 2025.

- Factor de Capacidad: indica el porcentaje del uso requerido de la capacidad operativa, es decir, cuánto se necesita aumentar o disminuir el uso de los vehículos según la demanda proyectada. Ejemplo: 1.19x sugiere una sobredemanda del 19% respecto a la capacidad estándar.

Recursos Recomendados por Día

La herramienta recomienda automáticamente la cantidad de unidades necesarias para cumplir con la demanda estimada de recolección diaria:

- VTH de 400 kg
- Motocargueros de 410 kg
- Motocargueros de 800 kg

En el caso ilustrado (agosto 2025):

- VTH: 6 unidades
- Motocargueros 410 kg: 3 unidades
- Motocargueros 800 kg: 3 unidades

Condiciones de operación

- Basado en el pronóstico para el mes seleccionado.
- Horario de operación: Lunes a Viernes, 7:00 AM – 12:00 PM

1.4. Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP)

Esta sección, ubicada dentro del módulo de Planificación, muestra las cantidades mensuales y diarias estimadas (en kg) de productos recolectados por el centro de acopio del Banco de Alimentos de Bogotá.

Los datos son generados automáticamente por la herramienta tecnológica, tomando como referencia el pronóstico para agosto de 2025 y un total de 22 días laborables. Esta información permite planificar mejor el inventario, la recepción y la distribución de los alimentos.

Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP)

Producto	Cantidad Mensual (kg)	Cantidad Diaria (kg)
Papa criolla	134.028,66	6.092,21
Tomate	62.952,85	2.861,49
Fruver	45.111,38	2.050,52
Zanahoria	22.821,62	1.037,35
Papa común	20.017,27	909,88
Banano	17.793,13	808,78
Papaya	17.067,86	775,81
Limón	12.426,18	564,83
Plátano	12.377,83	562,63
Cebolla cabezona	11.845,97	538,45
Arracacha	10.443,79	474,72
Melón	10.395,44	472,52
Repollo	9.911,93	450,54
Cebolla	9.573,48	435,16
Pepino cohombro	7.736,14	351,64
Cebolla larga	6.672,42	303,29
Habichuela	5.947,16	270,33
Naranja	5.802,11	263,73
Yuca	5.512	250,55
Mandarina	5.463,65	248,35

1.5. Recomendaciones de Visitas a Bodegas

Este apartado del módulo de Planificación muestra una guía de horarios y bodegas priorizadas para visitar, basada en la disponibilidad diaria de productos frescos donados.

La herramienta tecnológica clasifica las visitas por franjas horarias y niveles de prioridad (alta, media y normal), permitiendo organizar de forma eficiente las rutas logísticas y asegurar la recolección oportuna de los alimentos.

Las recomendaciones se generan automáticamente a partir de los datos del MRP, considerando la cantidad por producto y su lugar de origen.

Recomendaciones de Visitas a Bodegas

7:00 AM - 9:00 AM (Alta Prioridad)

Bodega 29 - Papa (7.002 kg/día)

- Papa criolla (6.092 kg)
- Papa común (910 kg)
- Otras papas (251 kg)

Bodega 12 - Tomate (2.861 kg/día)

- Tomate chonto (1.880 kg)
- Tomate larga vida (981 kg)

Bodega 21 - Fruver (2.051 kg/día)

- Manzana (627 kg)
- Naranja (472 kg)
- Mandarina (513 kg)
- Otros (439 kg)

** Mayor disponibilidad de producto fresco en estas horas*

9:00 AM - 10:30 AM (Prioridad Media)

Bodega 15 - Zanahoria (1.037 kg/día)

Bodega 31 - Plátano/Banano (1.371 kg/día)

- Banano (809 kg)
- Plátano (563 kg)

10:30 AM - 12:00 PM (Prioridad Normal)

Bodega 25 - Cebolla (842 kg/día)

- Cebolla cabezona (538 kg)
- Cebolla larga (303 kg)

Bodega 33 - Tubérculos (725 kg/día)

- Arracacha (475 kg)
- Yuca (251 kg)

Otras bodegas (6.870 kg/día)

Módulo 2 – Inventario

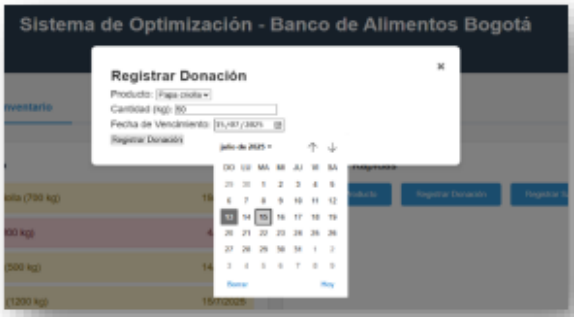
Este módulo permite al centro de acopio gestionar los productos donados, su clasificación por fecha de vencimiento, y realizar registros de ingreso y salida. A continuación, se describen las funciones principales:

2.1. Agregar Producto

- Haz clic en el botón "Agregar Producto".
- Ingresa el nombre del producto.
- Selecciona la categoría correspondiente (Ej. Tubérculos, Frutas, Verduras).
- Guarda la información.

2.2. Registrar Donación

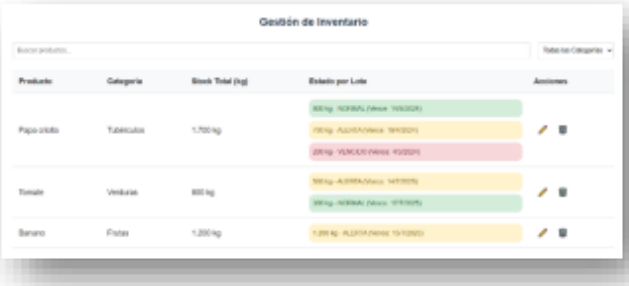
- Haz clic en "Registrar Donación".
- Selecciona el producto previamente creado.
- Ingresa la cantidad en kilogramos recolectada.
- Registra la fecha de vencimiento del lote recibido.
- Confirma el registro.



2.3. Consultar Inventario

En la sección Gestión de Inventario, podrás visualizar:

- Producto y categoría.
- Stock total disponible (kg).
- Estado por lote, clasificado en:
  - Normal: Producto en buenas condiciones.
  - Alerta: Producto próximo a vencer.
  - Vencido: Producto caducado.
- Acciones disponibles: editar o eliminar.



2.4. Registrar Salida

- Haz clic en el botón "Registrar Salida".
- Selecciona el producto a donar o retirar.
- Indica la cantidad (kg) que saldrá.
- Especifica el motivo de salida (ej. vencimiento, distribución).
- Guarda el registro de salida.

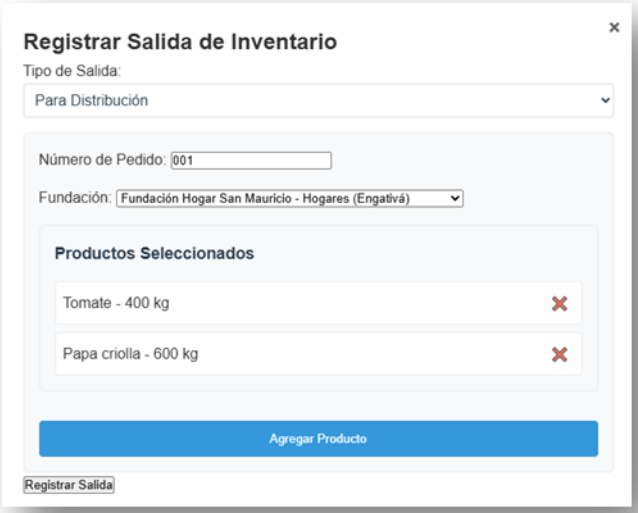
2.5. Registrar Salida por Distribución

Si se selecciona el tipo de salida "Para Distribución", la herramienta solicita información adicional para completar el registro del pedido:

- Número de pedido: código único asignado a la salida.
- Fundación receptora: se elige de una lista desplegable la organización a la que se entregará la donación.

- Productos seleccionados: se agregan los productos desde inventario con su respectiva cantidad (kg) a distribuir.

Una vez completado el formulario, se hace clic en "Registrar Salida" para guardar el pedido.

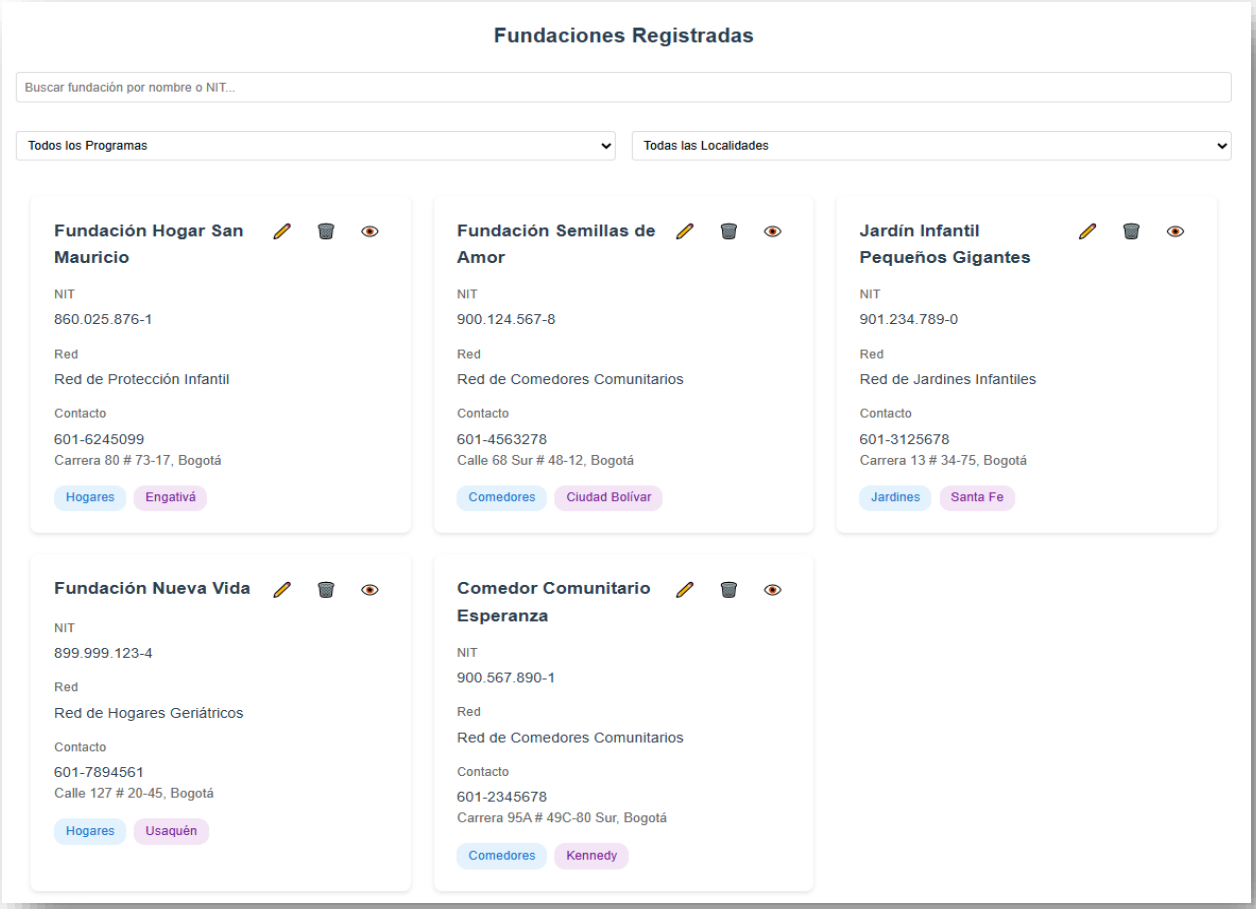


Módulo 3 – Pedidos

3.1. En este módulo se lleva a cabo el registro y gestión de fundaciones, permitiendo ingresar la siguiente información:

- Nombre de la fundación
- NIT
- Red a la que pertenece
- Teléfono
- Dirección
- Localidad
- Barrio
- Programa (Comedores, jardines, hogares, otros)

3.2. El sistema consolida esta información y presenta de manera organizada la lista de fundaciones registradas, facilitando su consulta y seguimiento.



3.3. Adicionalmente, el módulo cuenta con un apartado de resumen de pedidos, en el cual se visualizan los pedidos realizados en los siguientes periodos:

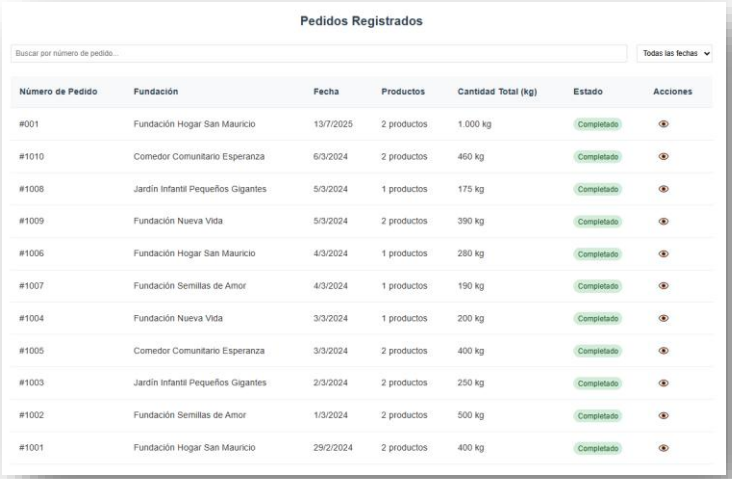
- Día en evaluación
- Semana actual
- Mes en curso
- Total histórico de pedidos registrados

Este resumen permite conocer el comportamiento de la demanda en diferentes rangos de tiempo.

3.4: Visualización Detallada de Pedidos

Cada pedido registrado puede ser consultado en detalle, mostrando la siguiente información:

- Número de pedido
- Fundación asociada
- Fecha del pedido
- Productos incluidos
- Cantidad total (kg)
- Estado del pedido
- Acciones disponibles



Pedidos Registrados

Buscar por número de pedido... | Todas las fechas

Número de Pedido	Fundación	Fecha	Productos	Cantidad Total (kg)	Estado	Acciones
#001	Fundación Hogar San Mauricio	13/7/2025	2 productos	1.000 kg	Completado	
#1010	Comedor Comunitario Esperanza	6/3/2024	2 productos	460 kg	Completado	
#1008	Jardín Infantil Pequeños Gigantes	5/3/2024	1 productos	175 kg	Completado	
#1009	Fundación Nueva Vida	5/3/2024	2 productos	390 kg	Completado	
#1006	Fundación Hogar San Mauricio	4/3/2024	1 productos	280 kg	Completado	
#1007	Fundación Semillas de Amor	4/3/2024	1 productos	190 kg	Completado	
#1004	Fundación Nueva Vida	3/3/2024	1 productos	200 kg	Completado	
#1005	Comedor Comunitario Esperanza	3/3/2024	2 productos	400 kg	Completado	
#1003	Jardín Infantil Pequeños Gigantes	2/3/2024	2 productos	250 kg	Completado	
#1002	Fundación Semillas de Amor	1/3/2024	2 productos	500 kg	Completado	
#1001	Fundación Hogar San Mauricio	29/2/2024	2 productos	400 kg	Completado	

Dentro de cada pedido es posible visualizar un resumen específico de los productos solicitados y sus respectivas cantidades, lo que facilita el control y seguimiento de la distribución de alimentos.

Módulo 4: Distribución

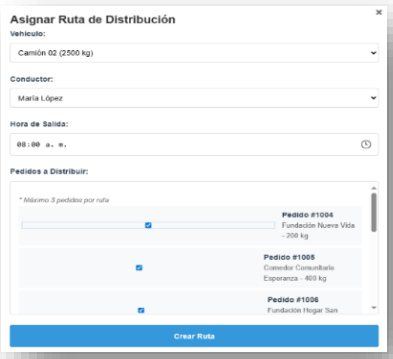
Este módulo tiene como objetivo gestionar la asignación de rutas de distribución para el despacho de productos hacia las fundaciones registradas. El módulo contempla las siguientes funcionalidades:

4.1. Asignación de Ruta de Distribución

Una vez realizados los pedidos, el sistema permite asignar una ruta de distribución para cada uno, teniendo en cuenta la dirección previamente registrada por cada fundación.

Durante esta etapa se deben definir los siguientes elementos:

- Vehículo asignado (hay dos disponibles, cada uno con una capacidad máxima de 2.500 kg).
- Conductor responsable.
- Hora de salida.
- Pedidos que serán incluidos en la ruta.



Nota importante: Cada ruta de distribución puede incluir como máximo 3 pedidos, lo que permite mantener un control eficiente del peso y la logística de entrega.

4.2. Generación de Rutas Activas

Una vez se asignan las rutas, la herramienta crea automáticamente una sección de rutas activas, donde se visualizan todos los datos relevantes asociados a cada ruta generada, incluyendo:

- Número de ruta
- Vehículo utilizado
- Nombre del conductor
- Número de pedidos asignados
- Peso total de la carga (kg)
- Estado de la ruta (pendiente, en curso, completada)
- Progreso de la entrega
- Acciones disponibles

4.3. Trazabilidad y Registro de Entregas

Desde el apartado de acciones, el usuario puede hacer seguimiento en tiempo real del recorrido de cada ruta. Las funcionalidades disponibles incluyen:

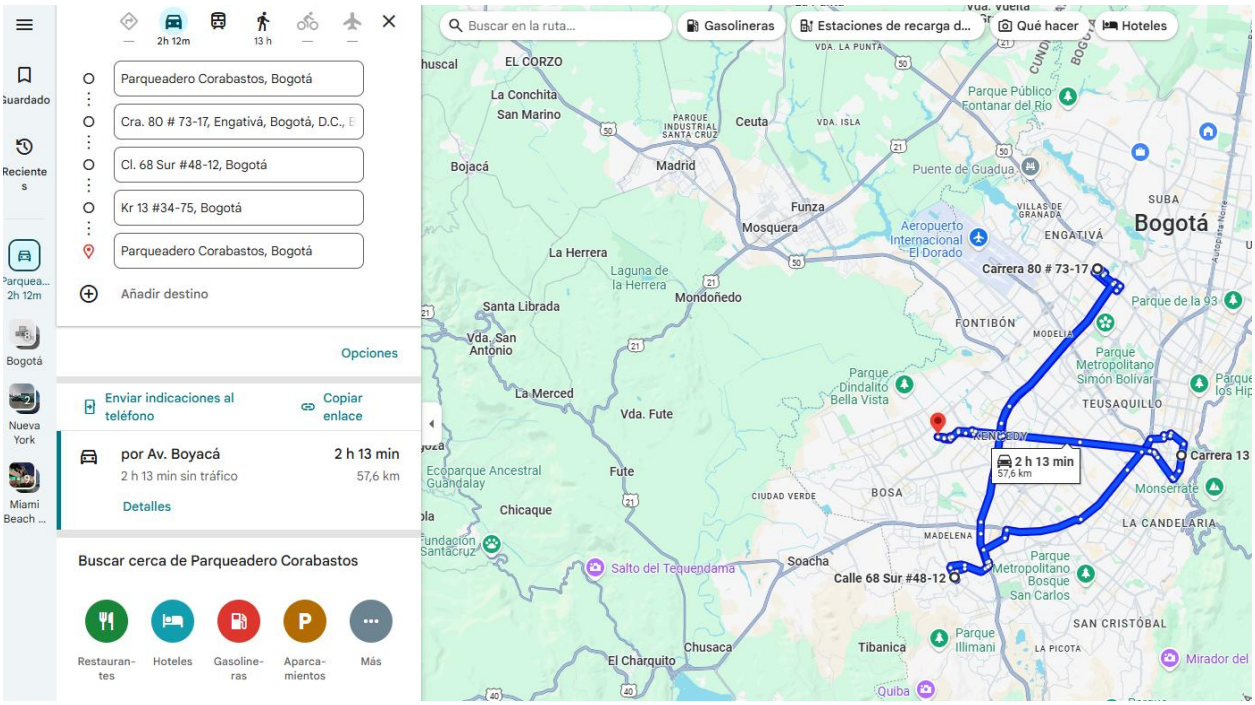
- Visualización de la ruta asignada a cada pedido.
- Registro de la hora de llegada a cada fundación.
- Espacio para agregar notas o comentarios relevantes sobre cada entrega (por ejemplo, novedades, retrasos, dificultades de acceso, etc.).

Esto permite mantener una trazabilidad completa de cada entrega realizada.

4.4. Generación Automática de Ruteo en Google Maps

Una vez se ha registrado una ruta, la herramienta genera automáticamente un ruteo en Google Maps, en tiempo real, con base en las direcciones asignadas a cada fundación.

El recorrido parte del centro de acopio (ubicado en Corabastos), pasando por cada fundación programada en la ruta y finalizando nuevamente en el centro de acopio. Esta funcionalidad permite visualizar el trayecto óptimo para la distribución, mejorando la eficiencia operativa y el control logístico.



Módulo 5: Rendimiento

El módulo de Rendimiento ofrece un resumen integral del desempeño operativo mensual de la herramienta, permitiendo a los usuarios evaluar la eficiencia logística y el cumplimiento de objetivos clave. Este apartado está diseñado para facilitar la toma de decisiones informadas mediante indicadores clave de rendimiento (KPIs), comparaciones con el mes anterior y el estado frente a las metas establecidas.

5.1. Resumen de Rendimiento Mensual

En la parte superior, se presenta un resumen visual del mes seleccionado, destacando dos indicadores generales:

- Eficiencia General: Representa el porcentaje acumulado de eficiencia operacional basado en diversos KPIs.

- Cumplimiento de Entregas: Muestra el porcentaje de entregas efectivamente realizadas respecto a las programadas.

5.2. Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs)

Este bloque proporciona métricas fundamentales para el análisis del rendimiento:

- Tiempo Promedio de Entrega: Tiempo medio que tarda una entrega en completarse.

- Tasa de Entregas a Tiempo: Porcentaje de entregas realizadas dentro del plazo previsto.

- Utilización de Vehículos: Nivel de uso de la flota disponible.

- Eficiencia de Rutas: Proporción de rutas planificadas que fueron utilizadas eficazmente.

Cada KPI se presenta junto a la variación porcentual en comparación con el mes anterior, lo que permite un seguimiento evolutivo del desempeño.

5.3. Detalles de Rendimiento

En la sección inferior se incluyen métricas cuantitativas clave, comparando el valor actual con el objetivo establecido:

- Entregas Completadas: Número de rutas ejecutadas respecto a las programadas.

- Kilogramos Distribuidos: Peso total de los productos entregados.

- Emisiones Evitadas: Cantidad de CO_2 equivalente que se ha dejado de emitir gracias a la operación logística eficiente.

Cada métrica muestra también su variación respecto al objetivo y una tendencia (ascendente, descendente o estable), ayudando a identificar áreas críticas de mejora.

5.4: Recomendaciones de Mejora

Con base en el análisis del desempeño actual, el módulo presenta automáticamente sugerencias estratégicas para optimizar la operación logística. Estas recomendaciones están orientadas a mejorar los indicadores más rezagados y pueden ser actualizadas mes a mes según los resultados obtenidos. Algunas de las sugerencias visibles en el módulo incluyen:

- Optimizar rutas en la zona norte para reducir los tiempos de entrega.

- Aumentar la capacidad de distribución en horas pico, con el fin de mejorar la eficiencia y reducir retrasos.

- Implementar un sistema de notificación previa a fundaciones, facilitando la preparación y recepción de las entregas.