

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Diseño de un modelo de asignación de flota de transporte terrestre en una empresa
de transporte de carga

INGE-2477

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Industrial

Presentado por:

Rommel Adrian Fares Galarza

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

Dedicatoria

A mis padres por su apoyo y respaldo, su fe en mi trabajo ha sido el impulso para poder lograr esta meta.

A mis abuelos quienes hubieran estado orgullosos de ver este momento llegar.

A Paola y Emily que siempre han estado allí impulsándome y siendo un apoyo durante mi vida universitaria.

A familiares y conocidos que me han dado enseñanzas de vida para poder mejorar, formarme y fortalecerme como persona.

Y finalmente, a MSc. Maria Isabel Alcívar por ser mi guía e impulsarme a seguir adelante durante mi proyecto.

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a Dios por haberme dado la sabiduría para poder llegar a este punto de mi carrera.

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral, por haberme dado la oportunidad de recibir educación de calidad y desarrollar mis habilidades.

A mis profesores, cuyo arduo trabajo y dedicación han sido fundamentales para abrir mi mente a nuevos horizontes y expandir mis conocimientos más allá de lo que imaginé posible.

Finalmente, a la MSc. Maria Laura Retamales y MSc. Maria Fernanda Lopez por su retroalimentación en mis presentables.

Declaración expresa

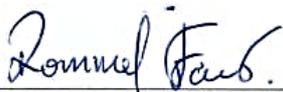
Yo Rommel Adrian Fares Galarza acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autor/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 31 de mayo del 2024.



Rommel Adrian Fares

Galarza

Evaluadores

MSc. María Laura Retamales García

Profesor de Materia

MSc. María Isabel Alcívar García

Tutor de proyecto

Resumen

Este proyecto busca una solución a la problemática de asignación de reservas de transporte. La solución se aborda en una empresa que moviliza carga contenerizada usando flota propia y particular. El objetivo es maximizar la ganancia y cubrir la demanda de la operación, se espera solventar el problema con un modelo de optimización y el manejo de la relación con el proveedor. Esto debido a que la empresa ha experimentado un crecimiento de la demanda del 93.69% (549 reservas) entre junio del 2023 y 2024.

Se realizó un análisis de las necesidades de los principales actores en la asignación de transportistas donde se determinaron las necesidades y requerimientos. Se empleó SOLVER y Python para la elaboración del modelo de asignación de flota terrestre. Se propuso un el manejo de la relación del proveedor para asegurar la disponibilidad de transportistas.

Se obtuvo una rentabilidad de 10.12% en la operación y una cobertura del 100% de las reservas. Se propuso un sistema de compensaciones de acuerdo con cumplimiento de políticas para conductores particulares para motivar la fidelización.

El proyecto proyecta poder disminuir la carga laboral de los coordinadores y mejorar la toma de decisiones en el momento de la asignación de transporte.

Palabras Clave: Optimización de ganancias, Investigación de operaciones, Gestión de flota, Asignación de recursos

Abstract

This project seeks a solution to the problem of assigning transportation reservations. The solution is applied in a company that moves containerized cargo using its own and third-party fleet. The objective is to maximize profit and meet the operational demand. The issue is expected to be addressed with an optimization model and supplier relationship management, as the company has experienced a 93.69% increase in demand (549 reservations) between June 2023 and 2024.

An analysis of the needs of the key stakeholders in the assignment of transporters was conducted, identifying their needs and requirements. SOLVER and Python were used to develop the land fleet assignment model. A supplier relationship management strategy was proposed to ensure the availability of drivers.

A profitability of 10.12% was achieved in the operation, with 100% coverage of the reservations. A compensation system based on policy compliance was proposed for independent drivers to encourage loyalty.

The project aims to reduce the workload of coordinators and improve decision-making in the assignment of transportation.

Keywords: Profit optimization, Operations research, Fleet management, Resource allocation

Índice general

Resumen	I
<i>Abstract</i>	II
Índice general	III
Abreviaturas	VI
Simbología	VII
Índice de figuras	VIII
Índice de tablas	IX
Capítulo 1	1
1.1 Introducción	2
1.2 Declaración de oportunidad	4
1.3 Justificación de oportunidad.....	5
1.4 Objetivos	7
1.4.1 Objetivo general	7
1.4.2 Objetivos específicos	7
1.5 Marco teórico	8
1.5.1 Herramientas de modelamiento matemático	9
Capítulo 2	11
2.1 Metodología	12
2.1.1 Definición	12
2.1.2 Alcance del proyecto	13
2.1.3 Voz del cliente (VOC)	14
2.1.4 Herramientas de calidad	16

2.1.5	<i>Recolección de datos</i>	21
2.1.6	<i>Verificación de datos</i>	21
2.1.7	<i>Matriz de decisión</i>	21
2.1.8	<i>Análisis de costo</i>	23
2.1.9	<i>Análisis de beneficio</i>	23
2.1.10	<i>Diseño de solución</i>	24
2.1.11	<i>Modelo de asignación de flota terrestre</i>	27
2.1.12	<i>Sistema para el manejo de la relación con el proveedor</i>	29
Capítulo 3		33
3.1	Resultados y análisis	34
3.1.1	<i>Análisis en Excel</i>	34
3.1.2	<i>Análisis en python</i>	36
3.1.3	<i>Análisis de sensibilidad</i>	37
3.1.4	<i>Bosquejo en sistema de asignación</i>	38
3.1.5	<i>Resultados de las especificaciones de diseño</i>	39
3.1.6	Impacto	40
Capítulo 4		42
4.1	Conclusiones y recomendaciones	43
4.1.1	<i>Conclusiones</i>	43
4.1.2	<i>Recomendaciones</i>	44
Referencias		45

Apendices 47

Abreviaturas

CTQ	Critical to Quality (crítico para la calidad)
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIFO	Del inglés, “Primero ingresa, primero sale”
GEMBA	Del japonés, “el lugar donde ocurren las cosas”
GPS	Global Positioning System (sistema de posicionamiento global)
ID	Identificación
MPCEIP	Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca
POV	Point of View (Punto de vista)
QFD	Quality Function Deployment (Despliegue de la Función de Calidad)
SRM	Supplier Relationship Management (Manejo de relación con el proveedor)
UNCTAD	Conferencia de las Naciones Unidas para el comercio y el desarrollo
VOC	Voice of the Customer (Voz del Cliente)

Simbología

TEUS Twenty-foot Equivalent Unit (Unidad equivalente a veinte pies)

TM Toneladas métricas

USD dólar

Índice de figuras

Figura 1.1 <i>Cadena de suministro transporte terrestre</i>	3
Figura 1.2 <i>Comparación de demanda segundo trimestre 2024</i>	5
Figura 1.3 <i>Serie de tiempo reservas de transporte</i>	6
Figura 2.1 <i>Diagrama de operación transporte terrestre</i>	12
Figura 2.2 <i>Mapa de actores</i>	13
Figura 2.3 <i>SIPOC Creación de reservas y Asignación de transporte</i>	14
Figura 2.4 <i>Matriz de afinidad</i>	17
Figura 2.5 <i>CTQ tree</i>	18
Figura 2.6 <i>Casa de la calidad (QFD)</i>	19
Figura 2.7 <i>Manejo de la relación con proveedores</i>	30
Figura 3.1 <i>Método asignación FIFO</i>	34
Figura 3.3 <i>Modelo de asignación general</i>	34
Figura 3.3 <i>Ganancia de asignación FIFO</i>	35
Figura 3.4 <i>Ganancia de modelo de asignación general</i>	35
Figura 3.5 <i>Resultado de simulación con estadía</i>	37
Figura 3.6 <i>Resultado de simulación sin estadía</i>	37
Figura 3.7 <i>Objetivo refinado del modelo de optimización</i>	38
Figura 3.8 <i>Comparación de antes y después del modelo</i>	39
Figura 3.9 <i>Restricción de asignación de todas las reservas</i>	40
Figura 3.10 <i>Reservas de transporte asignadas</i>	40

Índice de tablas

Tabla 2.1 <i>Resultado de priorización de requerimiento</i>	20
Tabla 2.2 Matriz Pugh.....	22
Tabla 2.3 <i>Análisis de costo de implementación</i>	23
Tabla 2.4 Plan de prototipo	27
Tabla 3.1 <i>Ganancia de un día de operación</i>	36

Capítulo 1

1.1 Introducción

En el mundo el 80% del comercio de mercancías y el 70% en valor se transporta por en medios marítimos y se gestionan en puertos (Juan Luis Crucelegui Garate, 2020). Según la Facilitación de Comercio y Logística en América Latina y el Caribe, Ecuador es el séptimo país con mayor rendimiento portuario (2,363 mil TEUS) en la región (Saade Hazin Miryam & P. Barleta Eliana, 2024).

El primer trimestre de 2024, las importaciones y exportaciones del Ecuador alcanzaron un valor total de USD 6.366,6 millones y USD 8.075,9 millones respectivamente (Ilich Aguirre S. et al., 2024). Las exportaciones no petroleras representaron el 69% del total (3.145 mil TM) (MPCEIP, 2024, p. 1). Asimismo, el número de empresas exportadoras aumentó un 4% durante el mismo período (MPCEIP, 2024, p. 2). Por otro lado, las importaciones de materia prima y bienes de capital constituyeron el 54% del total (2.554 mil TM). Esta cifra se traduce en la reducción del 9% de importaciones en comparación con 2023 (MPCEIP, 2024, p. 17).

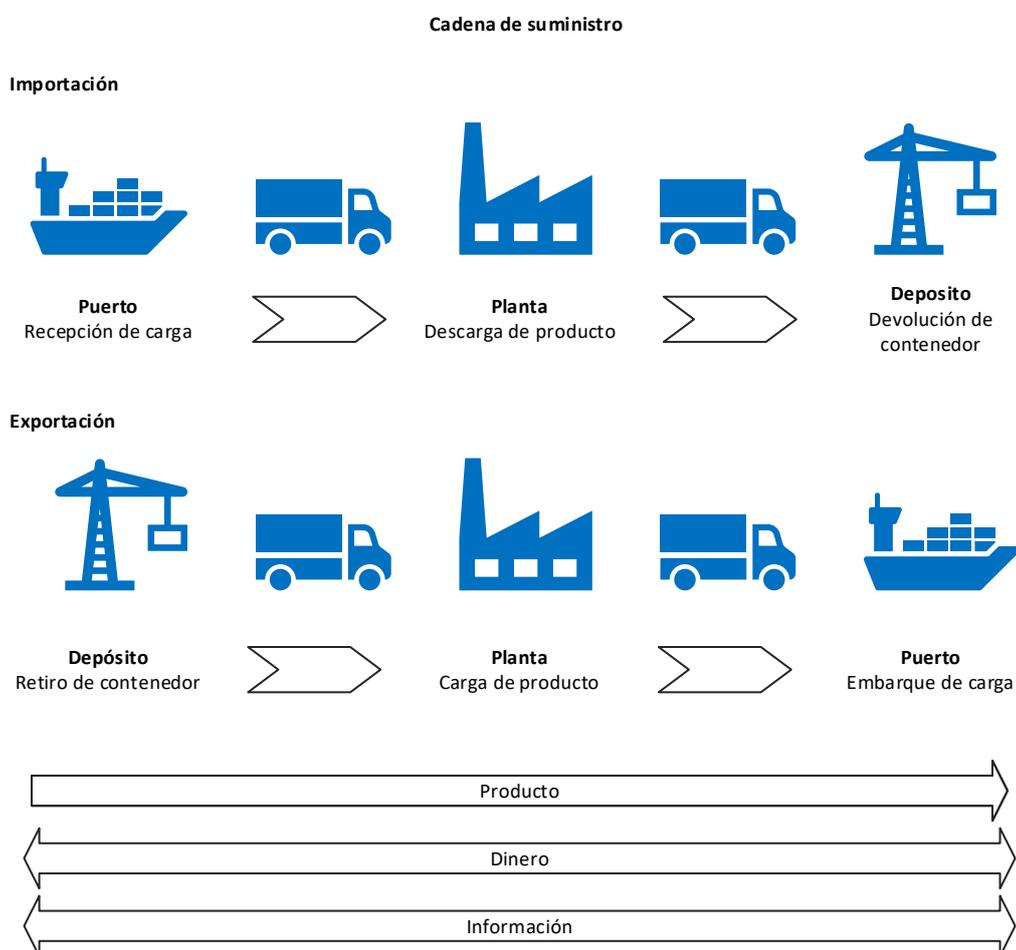
El término de comercio exterior, el costo del comercio de un país está vinculado a diversas variables, entre ellas los costos de transporte (Sebastián Herreros & Miryam Saade Hazin, 2023, p. 10). La carencia de una infraestructura logística de calidad provoca que estos costos sean más altos que en otras regiones (Saade Hazin Miryam & P. Barleta Eliana, 2024, p. 10).

La empresa de transporte involucrada en el proyecto ofrece servicios de transporte de contenedores para la importación y exportación de mercancías en puertos. Actualmente, enfrenta el desafío de satisfacer la creciente demanda de reservas de transporte terrestre de contenedores. La asignación de transportistas es crucial, ya que determina tanto la calidad del servicio y la rentabilidad de la operación.

El propósito de este proyecto es diseñar una solución que permita mejorar la toma de decisiones operativas en la asignación de transporte terrestre. Aprovechando la logística 4.0, que integra procesos de automatización en las operaciones, se busca mejorar la competitividad y sostenibilidad, permitiendo satisfacer las demandas de un mercado cambiante (Pérez, Gabriel et al., 2019).

Figura 1.1

Cadena de suministro transporte terrestre



Nota. La *Figura 1.1* ejemplifica la interacción del servicio de transporte terrestre con la cadena de suministro de importadores y exportadores.

1.2 Declaración de oportunidad

Se realizó un análisis del punto de vista (POV) de la empresa de transporte involucrada en el proyecto. Actualmente, la empresa se encuentra en un proceso de integración operativa con otras empresas logísticas del grupo al que pertenece. La empresa gestiona sus operaciones en una plataforma de transporte de desarrollo propio. Durante el segundo trimestre de 2024, la integración benefició en un incremento de reservas del 48% de reservas en comparación con el mismo período de 2023 (Programa privado, 2024).

La empresa de transporte gestiona sus operaciones con flota propia y particular. La capacidad de operación con flota propia se limita a 35 cabezales que posee la organización. Por otro lado, la capacidad de flota particular es variable dependiendo de su disponibilidad del proveedor.

La organización reporta malestar por el rechazo de reservas de transporte asociado a la falta de disponibilidad de flota. La parte operativa por la necesidad de satisfacer la demanda asigna a los transportistas sin analizar el costo de oportunidad económico. Se ha evidenciado que en ocasiones la ganancia en el rubro de transporte cargado por reserva llega a mínimos USD 5 a nulo (Programa privado, 2024).

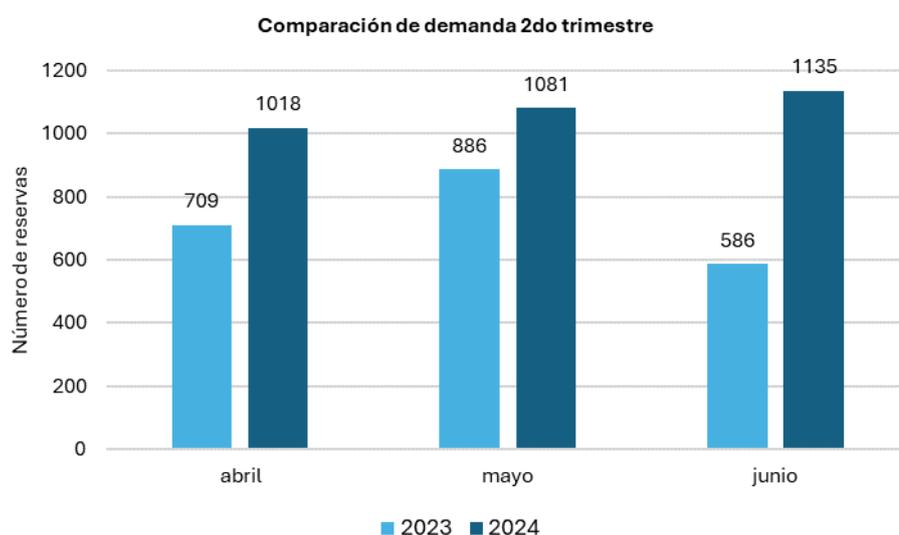
Para la organización es crucial resolver el rechazo de reservas de transporte por falta de disponibilidad. La mala experiencia del cliente por rechazo de solicitud de servicio puede llevar a los clientes a dejar de solicitar el servicio integrado. Provocando pérdidas económicas para el servicio de transporte y los otros servicios logísticos de las empresas del grupo.

Se espera diseñar un modelo que permita atender la asignación de la demanda de reservas. Mediante la maximización de las ganancias operativas asociadas a la eficiente asignación de la flota propia y de proveedores. Además, se busca estandarizar el proceso de

asignación para mejorar la capacidad de respuesta a la demanda y fortalecer la relación con los proveedores.

Figura 1.2

Comparación de demanda segundo trimestre 2024



1.3 Justificación de oportunidad

La empresa de transporte se encuentra con una tendencia creciente de reservas. La *figura 1.3* muestra la serie de tiempo de un año en reservas de transporte terrestre. La diferencia de cantidad de reservas entre junio del 2023 y 2024, denota una tasa de crecimiento de la demanda del 93.69% (549) reservas.

Durante este periodo, el sistema registra el rechazo de 50 reservas (Programa privado, 2024). Sin embargo, comercial detalla que el número de rechazo es mucho mayor debido a que generalmente se rechazan antes de ingresar la reserva al sistema.

El rechazo de una reserva de transporte terrestre puede significar la pérdida de un cliente. En contexto del proceso de integración que vive la empresa, esta situación afecta directamente a todas las empresas del grupo. En términos económicos, el margen de ganancia de un servicio de

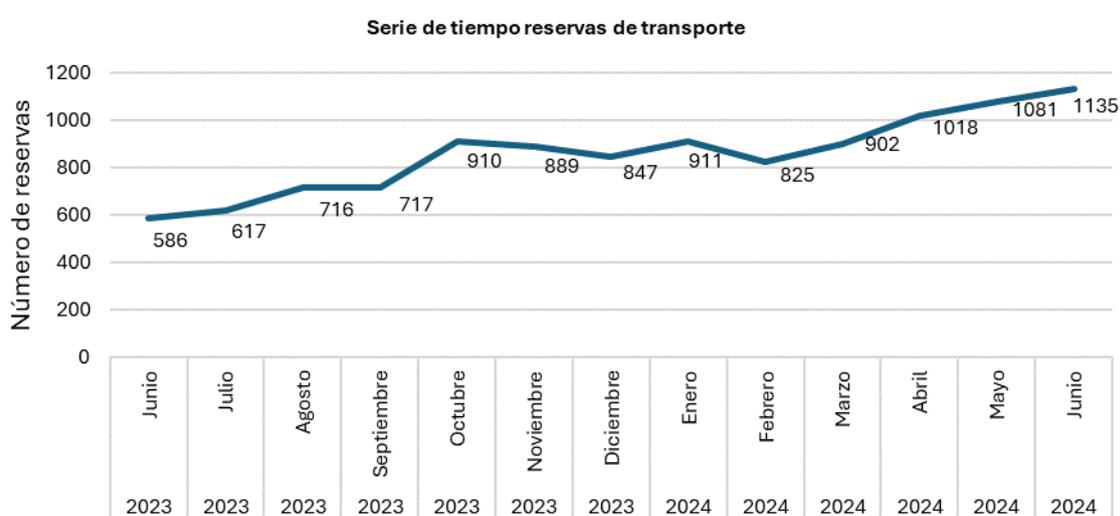
carga marítima suele ser cinco veces mayor que el de una reserva de transporte. Por lo que la pérdida de un cliente marítimo representaría un costo de oportunidad económico considerable para el grupo.

El proceso de asignación de transportistas es una actividad que se ejecuta manualmente en la plataforma de transporte de la organización. La tasa de asignación de flota propia y particular en el 2024 es de 33,96% y 66,04% respectivamente (Programa privado, 2024). La decisión de asignación de tipo flota y transportistas no se realiza bajo ningún análisis de rentabilidad.

Teniendo la oportunidad de implementar un modelo para la asignación de transportistas considerando la satisfacción de la demanda y ganancia por operación. Aprovechando la toma de decisiones basadas en datos, haciendo uso de la información proveniente de sistemas para cumplimiento de objetivos estratégicos (SAP Concur Team, 2021).

Figura 1.3

Serie de tiempo reservas de transporte



Del análisis realizado tenemos la oportunidad social de reducir la carga laboral de los colaboradores mediante la reducción de actividades de gestión. Ambientalmente se puede hacer uso de menos papel que se emplea para la impresión de guías de transporte. Económicamente incrementar la ganancia del rubro de transporte mediante un modelo de asignación.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Asegurar la asignación de al menos un 95% de las reservas de transporte y aumentar el margen de beneficio en un 10% mediante el diseño de un modelo de asignación de flota y la estandarización del proceso de gestión de proveedores de transporte, completándolo con la verificación del prototipo en 4 meses.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Identificar las partes interesadas y recopilar la Voz del Cliente (VOC) para traducirlos en requerimientos.
2. Convertir los requerimientos de los clientes en especificaciones de diseño mediante un árbol crítico para la calidad (CTQ).
3. Determinar arreglos, variables y restricciones que influyan a las especificaciones de diseño priorizadas con cliente.
4. Definir soluciones que permitan el cumplimiento de las especificaciones priorizadas con el cliente.
5. Prototipar solución de diseño y estandarización para el proceso de asignación de transporte terrestre para verificación de resultados.

1.5 Marco teórico

El presente proyecto está basado en el método hecho desde cero, metodología que permite integrar diversas herramientas para llegar a la solución de un problema específico. Entre estas herramientas se detallan las siguientes:

Benjamin W. Niebel & Andris Freivalds (2004) detallan que las gráficas de operaciones de OPERIN muestran la secuencia de operaciones que se llevan a cabo en un proceso. Se deben utilizar pequeños círculos como gráficos para representar cada operación. Una operación se ejecuta cuando se realizan transformaciones intencionales dentro del flujo de actividades.

Michael L. George (2023) establece que la voz del cliente (VOC) y la casa de calidad (QFD) son herramientas claves para la transformación de necesidades en especificaciones de diseño. Mientras que la voz del cliente (VOC) es la entrada de las necesidades y requerimiento del cliente para un producto o servicio. La casa de la calidad (QFD) es la salida de los conceptos de desarrollo y diseño para los objetivos de rendimiento de la organización.

Wydział Zarządzania (2016) analiza sobre el uso combinado del QFD y el CTQ para la mejora de un remoque agrícola. A través de estas iniciativas el autor identifica las necesidades y expectativas para las especificaciones del producto. Gestionando este análisis se concluyó que el sistema necesitaba una mejora en el sistema de inclinación, resistencia y durabilidad para poder hacer frente a la competencia.

Denisa Mirela Petrisor & Kutay Guler (2021) usa la herramienta de pugh matrix para ayudar a gestionar la toma de decisiones en función de criterios definidos. Es útil cuando se requieren hacer desarrollo de nuevos productos ya que permite seleccionar sistemáticamente la mejor opción entre varias opciones de diseño. El proceso requiere puntuar cada alternativa, hacer una suma de estas y seleccionar la que haya obtenido la puntuación más alta. El paper aborda un

modelo del pugh matrix para la toma de decisiones cuando hay falta de eficiencia por equipos pequeños en la decisión de nuevos productos.

1.5.1 Herramientas de modelamiento matemático

En la academia existe una diversidad de investigaciones relacionadas con la optimización de ganancia e incremento de la calidad del servicio. En esta sección se presentan estudios que implementaron herramientas de investigación de operaciones y análisis de procesos para plantear soluciones.

Tassin Srivarapongse & Phajongjit Pijitbanjong (2019) implementa en su estudio un modelo de problema de asignación generalizada. El objetivo de este estudio es maximizar la ganancia diaria mediante la asignación de conductores a maquinas cosechadoras. El criterio de asignación es la experiencia de los conductores con la maquinaria. El salario y la capacidad de cosecha depende de la experiencia del conductor. Existen cosechadoras de diferente tamaño y tiempo de uso, afectando a su capacidad de cosecha y consumo de combustible. El resultado del estudio fue una reducción del costo en USD 63.531.

G. Ayorkor Mills-Tetty et al. (2007) propone una aplicación de un modelo húngaro dinámico para la asignación de trabajo bajo de restricción de un arreglo de costos cambiantes. El resultado que obtuvieron en un algoritmo ágil que propone asignaciones de trabajo de acuerdo con el arreglo de costos establecidos. En conclusión, el modelo es efectivo cuando el cambio de los costos es limitado, logrando tiempo más bajos de reasignación en comparación de resolverlo desde cero.

T. A. Castillo et al. (2018) en su estudio de un problema de Flexible Job Shop Scheduling. Plantea reducir en tiempo muerto entre la asignación de trabajo a las máquinas y secuenciación de actividades. Se estableció los supuestos comunes en este tipo de modelo, no se consideraron tiempos de alistamiento ni la interrupción de maquinarias. El resultado de este estudio fue una mejora del tiempo muerto en un 11.6 %.

Jongkyung Park et al. (2010) propone la aplicación de un sistema SRM para que las compañías pueden lograr bajos costos de compra, mantener la calidad y la provisión de los productos. Se propone la aplicación de cinco pasos para la implementación del SRM: 1. Establecer estrategias de compra, 2. Selección de proveedores, 3. Colaboración, 4. Evaluación al proveedor y desarrollo, 5 provisión de mejora continua.

Medina León et al. (2007) propone un modelo de asignación lineal para la asignación de máquinas a una empresa manufacturera. Las maquinas son multipropósito lo que lleva a tener trabajos en las maquinarias con varias alternativas. La tarea de asignación antes se realizaba de manera manual. Implementando el modelo de optimización logro la reducción del 94% de tiempo requerido en la operación logrando una asignación optima del trabajo. Beneficiando también a indicadores de utilización y aprovechamiento de capacidad de las maquinas.

Capítulo 2

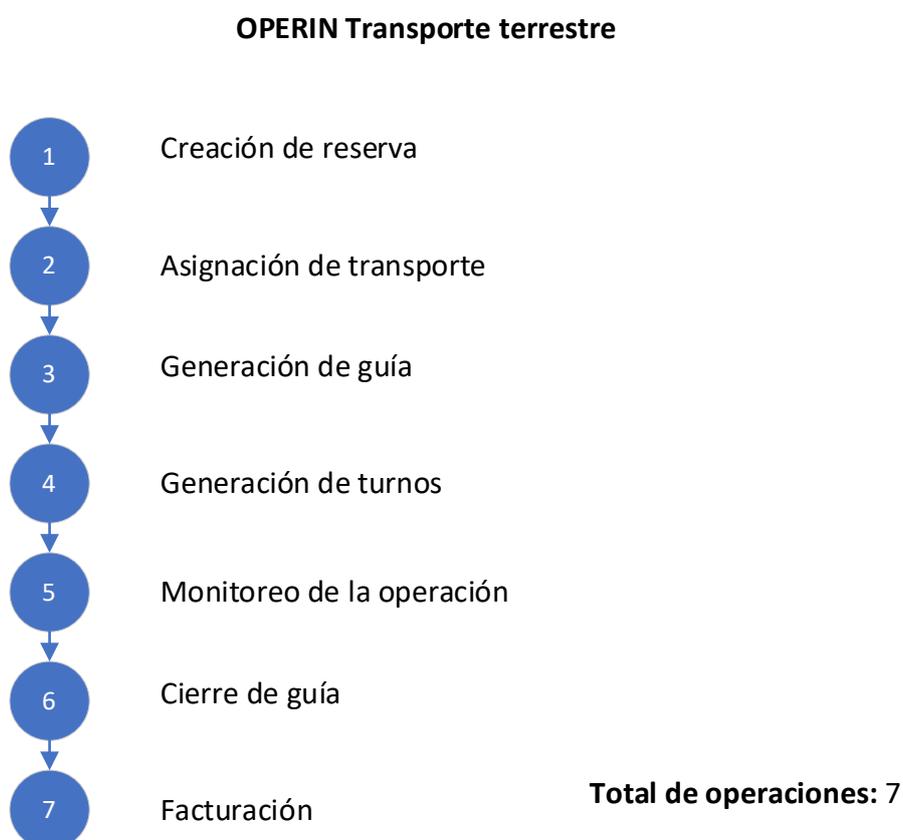
2.1 Metodología

2.1.1 Definición

En la primera etapa del proyecto para la comprensión el giro del negocio se levantó las actividades operativas del equipo de transporte terrestre. Se empleo el método OPERIN para detallar la secuencia de actividades ejecutadas en el proceso. Se evidenció que el proceso de asignación se ejecuta previo la creación de las reservas de transporte y establece el inicio de la operación de transporte.

Figura 2.1

Diagrama de operación transporte terrestre



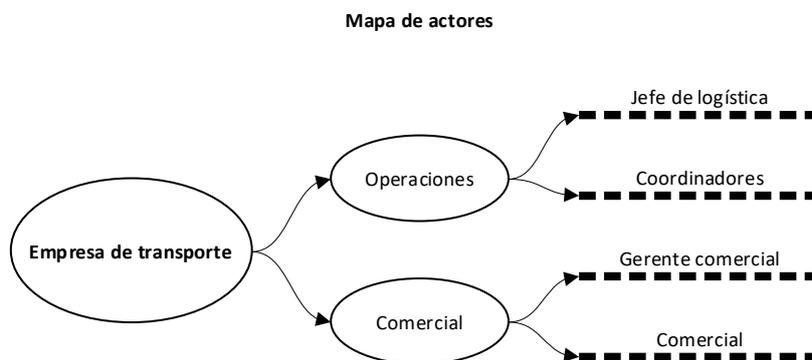
Se evidenció que, para asignar un transportista, este debe estar registrado en el sistema previo de validación de requisitos legales y operativos. Los requisitos legales para manejo de

vehículo de carga pesada es poseer una licencia tipo E y estar registrado bajo una empresa de transporte terrestre (ANT, 2022). Por otro lado, los requisitos operativos son estar habilitados para ingreso en puertos y depósitos.

Una vez comprendido el macroproceso de la operación de transporte. Se definió el mapa de actores de los clientes internos que intervienen en la asignación de las reservas. Dado a que el proceso de asignación depende de la creación de las reservas, se seleccionó a operaciones y comercial como actores de enfoque. La *figura 2.2* detalla los clientes a los que se realizó la entrevista para el levantamiento de la voz del cliente (VOC).

Figura 2.2

Mapa de actores



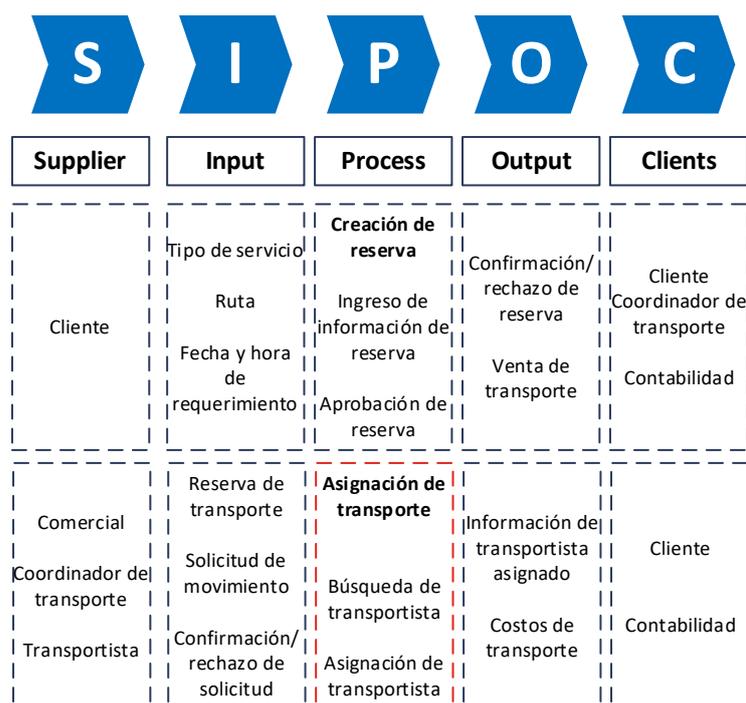
2.1.2 Alcance del proyecto

Una vez se compendió y estableció las partes interesadas. Se caracterizó el funcionamiento del proceso los actores relacionados y sus requisitos para la asignación de transporte. La *figura 2.3* muestra la interacción entre los procesos de creación de reservas y asignación de transportista. El proyecto se enfocó en el proceso de asignación de transportista, debido a que el costo del transporte marca el nivel de ganancia de la operación. El costo de transporte varía dependiendo del tipo de flota y el costo establecido por ruta con el proveedor.

Por otro lado, la venta de transporte es un valor fijo establecido en la negociación inicial con el cliente.

Figura 2.3

SIPOC Creación de reservas y Asignación de transporte



2.1.3 Voz del cliente (VOC)

Se estableció la parte comercial y operativa del equipo de transporte para el levantamiento de necesidades. Mediante entrevistas se procedió a levantar información de los requerimientos de los clientes establecidos en el mapa de actores, de los cuales se detallan:

VOC comercial:

1. “Se asignan a proveedores cuyos costos disminuyen la ganancia en la operación de transporte”
2. “Se asignan a proveedores que cobran el sobretiempo en la planta del cliente a las 6 horas cuando la venta se pactó que el cliente comienza a pagar sobre tiempo a las 8 horas”

3. “Hay requerimientos de transporte que se cancelan a último momento provocando que el cliente tenga una mala experiencia con el servicio”

4. “Todas las reservas deberían ser asignadas un transportista, no se debe dejar ningún cliente sin atender”

5. “la preasignación debe ser realizada con anticipación para que el cliente conozca que su reserva ya ha sido atendida”

VOC Operaciones:

1. “La información disponible sobre la disponibilidad de la flota de transporte no se encuentra disponible antes de comenzar a operar”

2. “Se deben enviar todas las unidades de la flota propia antes que las tercerizadas en la operación”

3. “Es más rápido asignar a un vehículo propio debido a que se conoce su disponibilidad de para realizar movimientos”

4. “Hay proveedores que realizan sus movimientos con plataformas”

5. “Quiero saber cuándo los transportistas han iniciado movilización”

6. “Quiero saber cuántos de estos transportistas están disponibles”

7. “Quiero saber si estos transportistas se les puede asignar un segundo viaje”

8. “Quiero saber que transportistas tienen disponibilidad para los viajes”

9. “Los clientes a veces exigen que se les asignen carros que sean de cierto año en adelante”

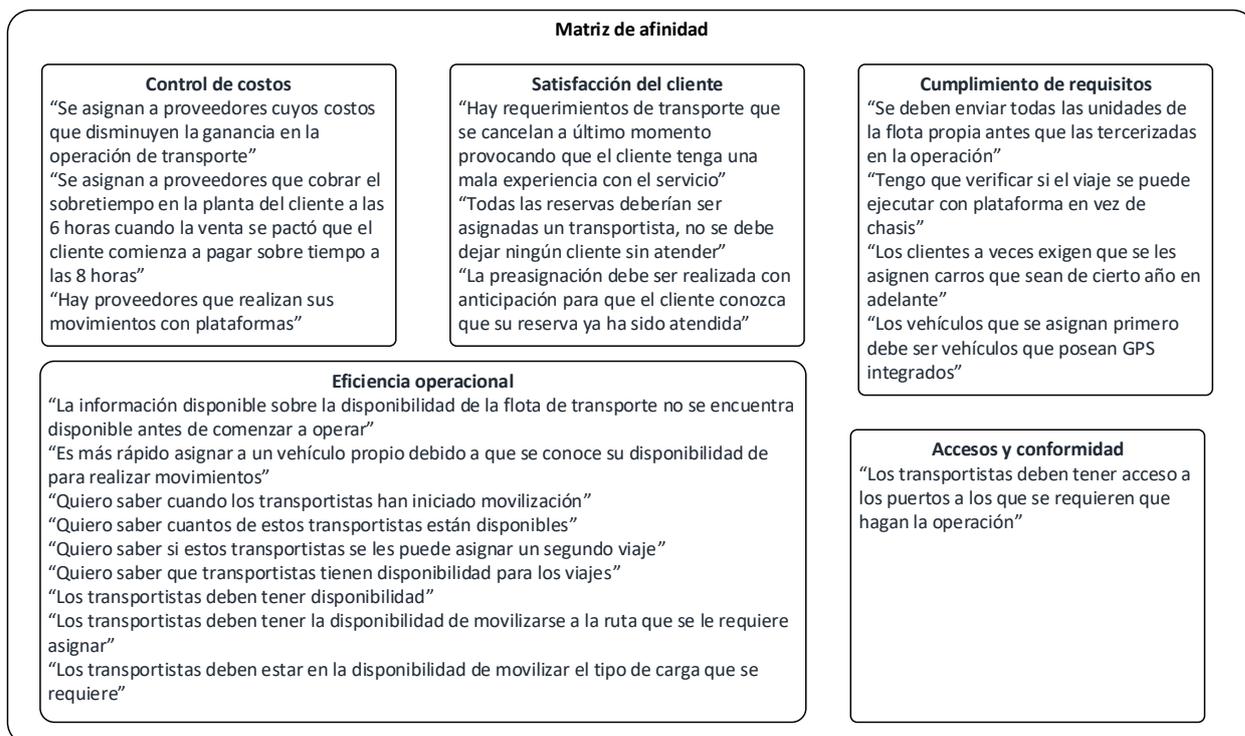
10. “Los vehículos que se asignan primero debe ser vehículos que posean GPS integrados”

11. “Los transportistas deben tener disponibilidad”

12. “Los transportistas deben tener la disponibilidad de movilizarse a la ruta que se le requiere asignar”
13. “los transportistas deben tener acceso a los puertos a los que se requieren que hagan la operación”
14. Los transportistas deben estar en la disponibilidad de movilizar el tipo de carga que se requiere”

2.1.4 Herramientas de calidad

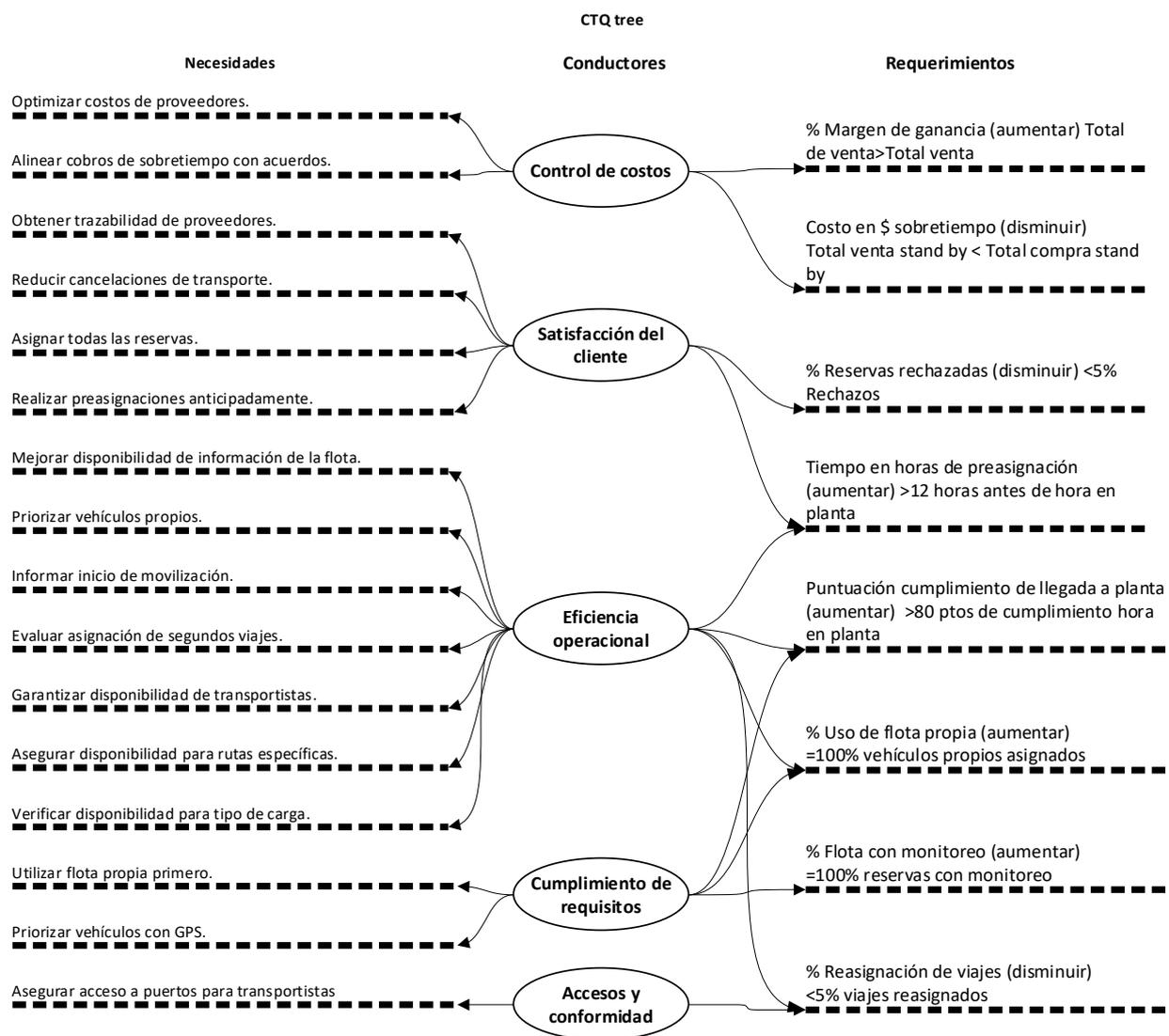
Recolectada la voz del cliente (VOC) se realizó el análisis y la segregación de comentarios mediante agrupaciones de ideas. El método usado para el agrupamiento de ideas fue la matriz de afinidad. Los agrupadores establecidos fueron: eficiencia operacional, control de costos, satisfacción del cliente, cumplimiento de requisitos y accesos y conformidad. La *figura 2.4* detalla la agrupación realizada.

Figura 2.4*Matriz de afinidad*

Mediante el uso del árbol crítico de la calidad se agruparon las necesidades levantadas en las entrevistas con los equipos operativos y comerciales. Los agrupadores definidos anteriormente en la matriz de afinidad se tomaron para ser parte de los conductores de calidad. Relacionado con las partes que conocen el negocio se establecieron indicadores como requerimientos para ser priorizados. Estos requerimientos también conocidos como especificaciones de diseño son las métricas que contribuyó a definir las especificaciones de diseño a priorizar. la *Figura 2.5* muestra el resultado de la elaboración del árbol crítico de la calidad (CTQ tree).

Figura 2.5

CTQ tree



Conocido los requerimientos y necesidades del cliente se trasladó la información a la casa de la calidad (QFD). Método que determinó la priorización de requerimiento a continuar en el proyecto. La *Figura 2.6* muestra la relación entre los requerimientos y las necesidades, la cual muestra el cuán importante es la especificación del diseño para el proyecto.

Tabla 2.1*Resultado de priorización de requerimiento*

Requerimiento	Puntuación	Porcentaje acumulado	Clasificación
% reservas rechazadas <95%	169	20,44%	A
% Margen de ganancia >10%	158	39,54%	A
% flota con monitoreo =100%	114	53,33%	B
% reasignación de viaje <5%	114	67,11%	B
Costo de estadía en dólares < Costo de venta	108	80,17%	B
Tiempo de preasignación en horas >12 hrs	77	89,48%	C
% Uso de flota propia =100%	53	95,89%	C
Puntuación de cumplimiento de llegada a planta >80%	34	100,00%	C

Se definió el “Cuan importante” son las especificaciones de los requerimientos mediante la selección de los dos primeros requerimientos con 59.98% de relevancia. Seguido los otros requerimientos que completan el 80% del total de la puntuación con una clasificación B. Finalmente, los requerimientos restantes se clasificaron con C.

En conclusión, para el proyecto se estableció que los requerimientos de % reservas rechazadas (<95%) y el incremento del % Margen de ganancia (>10%), serían los criterios de diseño a enfocarse.

2.1.5 Recolección de datos

En esta etapa se estableció el plan de levantamiento de datos de relevancia para la propuesta de diseño de nuestro modelo como lo muestra el Apéndice A. Esta data nos ayudó el desarrollo de la función objetivo, variables y restricciones de nuestro modelo solución.

2.1.6 Verificación de datos

Mediante el análisis de del GEMBA se pudo verificar que los datos obtenidos del plan de levantamiento de datos son confiables. Estos datos son ingresados en un sistema parametrizado que valida la información por cada reserva gestionada. Se verifico la trazabilidad de las reservas con las guías de transporte generadas en el sistema. La información proviene de un sistema que resguarda la información real de la operación. Toda la gestión del transporte se lleva a cabo en este software desde el inicio hasta su finalización.

2.1.7 Matriz de decisión

Se analizó los modelos propuestos en el marco teórico para identificar cual se ajustaba mejor a las especificaciones de diseño y los requerimientos del cliente.

Tabla 2.2

Matriz Pugh

Categoría	Criterio	Modelo húngaro	Modelo de asignación general	Job shop scheduling	SRM	Weight
Especificaciones de diseño	Asignación de reservas >95%	+1	+1	+1	+1	3
	Porcentaje de ganancia 10%	+1	+1	+1	0	3
	Disponibilidad de transportistas	0	0	0	+1	2
Otros requerimientos	Facilidad de desarrollo y mantenimiento	0	+1	0	+1	3
	Manejo de tiempo de estadía en planta	0	+1	0	+1	1
Puntaje total		6	10	6	9	
Rango		4	1	3	2	
¿Continua?		NO	SI	NO	SI	

Como resultado del análisis detallado presentado en la Tabla 2.2, se concluyó la metodología a utilizar para la gestión del proyecto. Se decidió implementar el modelo de asignación general junto con la gestión de relaciones con proveedores (SRM) para la ejecución del proyecto.

2.1.8 *Análisis de costo*

El proyecto se basa en un prototipo que con los recursos usados no poseen costos debido a que se han empleado recursos de libre acceso. Sin embargo, si se requiere hacer la implementación del prototipo existe un costo estimado de USD 576 relacionado a la integración del algoritmo al sistema.

Tabla 2.3

Análisis de costo de implementación

Costo	USD/hora de trabajo	hora de trabajo	Costo total [USD] estimado
Backend: Desarrollo de algoritmo en sistema	6 USD/hora de trabajo	24	USD 144
Frontend: Desarrollo de vistas en sistema	6 USD/hora de trabajo	72	USD 432
Costo total			USD 576

2.1.9 *Análisis de beneficio*

Se determinó que tiempo disponible de un operador mensual es de 10080 min/mes, y el tiempo que tiene disponible para asignar una reserva de transporte es de 2440 min/mes por lo que en caso de que el prototipo se implemente en la organización se

debería tener un amento de disponibilidad de 24,20% de tiempo por operador para gestionar nuevas reservas.

2.1.10 Diseño de solución

Plan de prototipo. Se definió un plan para el desarrollo del prototipo donde se establecieron las actividades, una descripción de lo que se realizó, herramientas, responsables, fechas y estatus de acciones.

Tabla 2.4

Plan de prototipo

¿Qué?	Descripción	¿Por qué?	Herramientas	Fecha	Estado de validación
Validar mi formulación matemática	Validar con las partes interesadas y ajustar el modelo según los requisitos	Validar con las partes interesadas y ajustar el modelo según los requisitos	Excel	29/07/24 - 2/08/24	Hecho
Recopilar datos o prototipo	Obtener datos y definir muestras de prueba	Obtener datos y definir muestras de prueba	Sistema de la empresa	5/08/24 - 8/08/24	Hecho
Formulación del modelo en Python	Formular una solución en un lenguaje de programación fácil de integrar	Formular una solución en un lenguaje de programación	Python, IDE	8/08/24 - 16/8/24	Hecho

		fácil de integrar			
Validación inicial	Realizar validaciones iniciales para comprobar que el código funciona como se espera	Realizar validaciones iniciales para comprobar que el código funciona como se espera	Python, IDE, Excel	17/8/24 - 17/8/24	Hecho
Simulación de escenarios	Crear múltiples escenarios de prueba que reflejen diferentes condiciones operativas	Crear múltiples escenarios de prueba que reflejen diferentes condiciones operativas	Python, IDE	17/8/24 - 21/8/24	Hecho
Análisis de resultados	Comparar los resultados obtenidos con datos históricos y evaluar la mejora en la optimización de ganancias	Comparar los resultados obtenidos con datos históricos y evaluar la mejora en la optimización de ganancias	Python, IDE	17/8/24 - 21/8/24	Hecho
Retroalimentación clave de clientes	Presentar los resultados y el funcionamiento del prototipo a las	Presentar los resultados y el funcionamiento	Python, IDE	21/8/24 - 21/8/24	Hecho

	partes interesadas clave	to del prototipo a las partes interesadas clave			
Refinamiento del modelo	Incorporar la retroalimentación recibida y hacer los ajustes necesarios al modelo	Incorporar la retroalimentación recibida y hacer los ajustes necesarios al modelo	Python, IDE	21/8/24 - 23/8/24	Hecho
Diseño preliminar	Diseñar una vista basada en procesos para presentar la solución al problema, SRM y modelo de asignación en el sistema	Diseñar una vista basada en procesos para presentar la solución al problema, SRM y modelo de asignación en el sistema	MS VISIO	12/8/24 - 26/8/24	Hecho
Documentación del proceso	Documentar la formulación matemática, el código de desarrollo y los resultados de las pruebas	Documentar la formulación matemática, el código de desarrollo y los resultados	MS Word	26/8/24 - 30/8/24	Hecho

de las
pruebas

2.1.11 Modelo de asignación de flota terrestre

Como se indicó en la sección de análisis, el modelo más viable es el modelo de asignación general. Este modelo busca maximizar las ganancias en base a la asignación de transportistas a reservas de transporte. La asignación toma en cuenta parámetros de venta y compra de rubros de transporte y estadía en planta. El parámetro de compra y venta para la estadía en planta depende de la cantidad de horas libres acordadas con el cliente y el proveedor. Es decir, los clientes y proveedores tienen un tiempo límite, después del cual se comienza a cobrar la estadía al cliente o el proveedor empieza a cobrar la compañía.

A continuación, se detalla el planteamiento matemático de la asignación de transporte terrestre.

Conjuntos:

I: Conjunto de transportistas de flota propia $\{i = 1,2,3, \dots, I\}$

J: Conjunto de transportistas de flota particular $\{j = 1,2,3, \dots, J\}$

K: Reserva de transporte $\{k = 1,2,3, \dots, K\}$

Variables de decisión:

$X_{i,k}$: bin{1 transportista de flota propia i es asignado a reserva k , 0 no es asignado}

$X_{j,k}$: bin{1 transportista de flota particular j es asignado a reserva k , 0 no es asignado}

Parámetros

$C_{i,k}$: Costo de transportista de flota propia i para la reserva k

$C_{j,k}$: Costo de transportista de flota particular j para la reserva k

V_k : Ingreso por rubro de transporte para la reserva k

VS_k : Ingreso por rubro de tiempo de estadía en horas para la reserva k

$T_{i,k}$: Tiempo maximo en horas de estadía en la planta por parte del transportista propio i para la reserva k

$T_{j,k}$: Tiempo maximo en horas de estadía en la planta por parte del transportista particular j para la reserva k

T_k : Tiempo maximo de estadía en horas la planta para la reserva k

TR_k : Promedio de estadía en planta en horas para la reserva k

$S_{i,k}$: Costo por hora de estadía en planta para transportista propio i para reserva k

$S_{j,k}$: Costo por hora de estadía en planta para transportista particular j para reserva k

$E_{i,k}$: Exceso de tiempo en planta para transportista propio i y reserva k (Calculado como

$$E_{i,k} = \max(0, TR_k - T_{i,k})$$

$E_{j,k}$: Exceso de tiempo en planta para transportista particular j y reserva k (Calculado como

$$E_{j,k} = \max(0, TR_k - T_{j,k})$$

E_k : Exeso de tiempo en horas en planta para la reserva k (calculada como

$$E_k = \max(0, TR_k - T_{j,k})$$

$A_{i,k}$: Disponibilidad para transportista propio i para reserva k (1 si esta disponible, 0 si no esta disponible)

$A_{j,k}$: Disponibilidad para transportista particular j para reserva k (1 si esta disponible, 0 si no esta disponible)

Función objetivo

$$\sum_{k \in K} (V_k + VS_k E_k - \sum_{i \in I} (C_{i,k} + E_{i,k} * S_{i,k}) X_{i,k} - \sum_{j \in J} (C_{j,k} + E_{j,k} * S_{j,k}) X_{j,k}) \quad (2.1)$$

Restricciones

$$\sum_{i \in I} X_{i,k} + \sum_{j \in J} X_{j,k} = 1 \quad \forall k \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} \sum_{k \in K} X_{i,k} &\leq 1 \quad \forall i \in I \\ \sum_{k \in K} X_{j,k} &\leq 1 \quad \forall j \in J \end{aligned} \quad (2.3)$$

$$\begin{aligned} X_{i,k} &\in \{0,1\} \quad \forall i \in I, k \in K \\ X_{j,k} &\in \{0,1\} \quad \forall j \in J, k \in K \end{aligned} \quad (2.4)$$

$$\begin{aligned} X_{i,k} &\leq A_{i,k} \quad \forall i \in I, k \in K \\ X_{j,k} &\leq A_{j,k} \quad \forall j \in J, k \in K \end{aligned} \quad (2.5)$$

La ecuación (2.2) asegura que todas las reservas deben ser asignadas a un transportista sea particular o propio

Las ecuaciones (2.3) aseguran que un transportista solo pueda ser asignado una sola vez

Las ecuaciones (2.4) establecen que las variables de decisión son binarias

Las ecuaciones (2.5) establecen que el transportista debe estar disponible para ser asignados a las reservas de transporte.

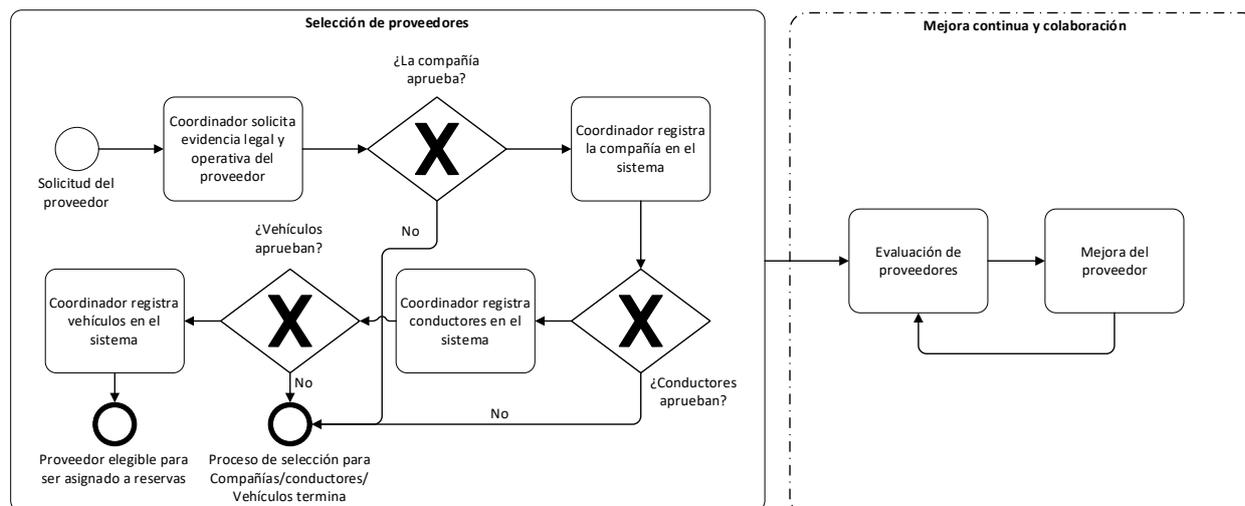
2.1.12 Sistema para el manejo de la relación con el proveedor

Adicional al modelo de asignación de flota terrestre se estableció realizar un sistema para el manejo de la relación con proveedores. La finalidad de este sistema es

mejorar la disponibilidad de transportistas para su asignación. La *Figura 2.7* resume el sistema en dos fases, la selección del proveedor y la mejora continua y colaboración.

Figura 2.7

Manejo de la relación con proveedores



Selección de proveedores. El diseño del proceso de selección de proveedores involucró la definición de requisitos legales para compañías, conductores y vehículos. Entre los definidos por la organización para las compañías se requieren:

- Contrato de transporte
- Listado de tarifas de transporte
- Actualización del certificado de RUC
- Resolución de permisos de operaciones otorgado por una agencia de tránsito
- Identificación del representante legal.
- Nombramiento del representante legal
- Listado de conductores y vehículos

Requerimientos para los conductores:

- Licencia de identificación tipo E
- Credenciales de acceso a los puertos
- Certificado de record criminal

Requerimientos para los vehículos:

- Certificado de GPS
- Matricula vigente
- Certificado de operaciones
- Certificado de inspección técnica vehicular
- Certificados de pesos y medidas

Evaluación del proveedor. Se propuso una evaluación a los proveedores basados en calificación de 5 estrellas en donde el equipo de monitoreo al finalizar la operación deberá evaluar los siguientes aspectos:

- Uso de GPS: De 1 a 5 estrellas cuando: malo, regular promedio, bueno y excelente respectivamente para trazabilidad
- Respuestas a comunicaciones: 1 a 5 estrellas cuando: malo, regular promedio, bueno y excelente para respuestas rápidas.
- Integridad del vehículo: 1 a 5 estrellas cuando: malo, regular promedio, bueno y excelente para vehículos sin daños mecánicos.
- Uso de la aplicación: De 1 a 5 estrellas cuando: malo, regular promedio, bueno y excelente para uso de app de conductores

Mejora del proveedor. Se propuso una política de recompensas para reforzar la relación con el proveedor:

Para fortalecer la relación con el proveedor y asegurar el cumplimiento de la evaluación, se otorgarán anticipos de los costos de transporte de la siguiente manera:

- Si la evaluación promedio es de 5 estrellas, se otorgará un anticipo del 50%.
- Si la evaluación promedio es de 4 estrellas, se otorgará un anticipo del 25%.
- Si la evaluación promedio es de 3 estrellas, se otorgará un anticipo del 10%.
- Si la evaluación promedio es de 2 estrellas, se otorgará un anticipo del 5%.
- Si la evaluación promedio es de 1 estrella o ninguna estrella, no se otorgará ningún anticipo.

El fin de esta propuesta es fidelizar a los transportistas particulares a que continúen sus operaciones con la organización. Mediante la fidelización se puede aumentar la capacidad de operación y mediante sistema de optimización alcanzar mejores ganancias.

Capítulo 3

Figura 3.3*Ganancia de asignación FIFO*

Descripción	Monto
Ingresos por transporte	\$2.748,00
Ingresos por tiempo de espera en planta	\$383,00
Costo para transportista propio	\$583,00
Costo por tiempo de espera del transportista propio	\$144,00
Costo para transportista proveedor	\$636,00
Costo por tiempo de espera del transportista proveedor	\$456,00
Total	\$1.312,00

Figura 3.4*Ganancia de modelo de asignación general*

Descripción	Monto
Ingresos por transporte	\$2.748,00
Ingresos por tiempo de espera en planta	\$383,00
Costo para transportista propio	\$501,00
Costo por tiempo de espera del transportista propio	\$200,00
Costo para transportista proveedor	\$572,00
Costo por tiempo de espera del transportista proveedor	\$66,00
Total	\$1.792,00

El resultado de esta prueba de baja muestra que el modelo de asignación general supero al método FIFO. Para la asignación de flota terrestre se obtuvo un margen de ganancia del 36,58% y la cobertura del 100% de la demanda. Por lo que se optó por continuar con una prueba real de la operación terrestre con data de la operación verificar la eficacia del modelo. Por lo que se concluyó que la formulación del modelo es correcta para ser ejecutada en una prueba de alta.

3.1.2 *Análisis en python*

Para el prototipo de alta se empleó un modelo de Python que usa librerías de Numpy, Pandas y Pulp para la optimización de ganancia en las reservas de transporte. Para este escenario se tomó un día de la operación normal de transporte con 57 reservas y se comparó la ganancia de ese día con el que pudo haber ofrecido el modelo.

El Apéndice C muestra el código formulado con los costos de estadía en planta, mientras que el Apéndice D muestra el código formulado sin costos de estadía en planta.

Tabla 3.1

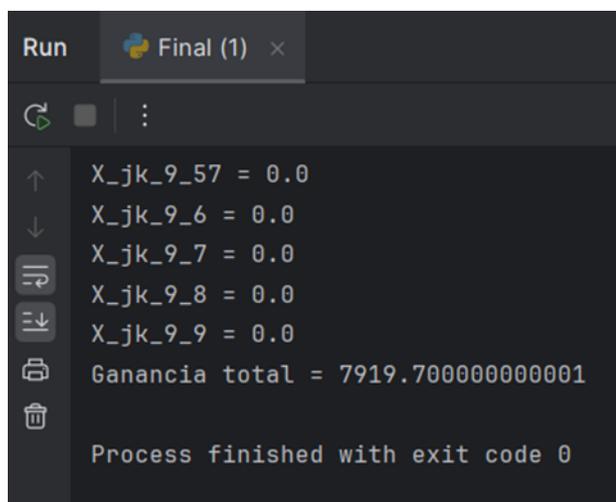
Ganancia de un día de operación

Compra	Venta	Ganancia
\$22821,80	\$25534,70	\$2712,90

Al ser ejecutado los códigos con la data de la operación se evidenció una diferencia considerable relacionada con el tiempo de estadía en planta, por lo que se determinó que el modelo es sensible a el tiempo de estadía en planta, se detallan los resultados obtenidos de las simulaciones del prototipo.

Figura 3.5

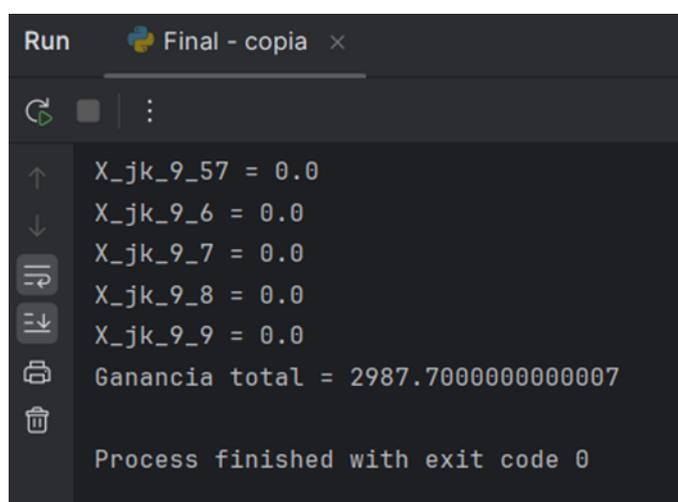
Resultado de simulación con estadía



```
Run Final (1) x
X_jk_9_57 = 0.0
X_jk_9_6 = 0.0
X_jk_9_7 = 0.0
X_jk_9_8 = 0.0
X_jk_9_9 = 0.0
Ganancia total = 7919.700000000001
Process finished with exit code 0
```

Figura 3.6

Resultado de simulación sin estadía



```
Run Final - copia x
X_jk_9_57 = 0.0
X_jk_9_6 = 0.0
X_jk_9_7 = 0.0
X_jk_9_8 = 0.0
X_jk_9_9 = 0.0
Ganancia total = 2987.7000000000007
Process finished with exit code 0
```

3.1.3 Análisis de sensibilidad

Analizando el resultado de la simulación con estadía difiere con la ganancia real en USD 5206.80, mientras que la simulación sin estadía difiere con la ganancia real en USD 274.8. Por lo que se refinó el modelo para el proyecto y se pudo usar solo el escenario sin estadía, este

refinamiento del modelo implicó en la modificación de la función objetivo, teniendo la siguiente función.

Figura 3.7

Objetivo refinado del modelo de optimización

```

objetivo = pulp.lpSum([
V_k[k-1]
- pulp.lpSum([(C_ik[i-1, k-1]) * X_ik[i-1, k-1] for i in range(1, len(I)+1)])
- pulp.lpSum([(C_jk[j-1, k-1]) * X_jk[j-1, k-1] for j in range(1, len(J)+1)])
for k in range(1, len(K)+1)

```

Para el resultado del proyecto se adoptó este modelo modificado para la propuesta de la solución sin embargo no se descarta el modelo que poseen está en planta.

3.1.4 Bosquejo en sistema de asignación

Se propuso para el uso del algoritmo en la plataforma de la organización implementar un botón que asigne de manera automática a los transportistas a las reservas. Teniendo solo una actividad de verificación al guardar la asignación tal como se muestra en el bosquejo del Apéndice F.

Se propone para la implementación el modelo de mejora y colaboración mediante una encuesta realizada por el equipo de monitoreo. La encuesta es sencilla y motivaría a los transportistas a ajustarse a los requerimientos de la empresa y estar disponible para realizar viajes. El Apéndice F muestra cómo sería el diseño de la evaluación al terminar una reserva de transporte.

Estas iniciativas ayudarían a minimizar el consumo de papel en la operación ya que no sería necesario que los transportistas impriman sus guías de transportes. Con el uso obligatorio de la aplicación todos tendrían su guía digital.

3.1.5 Resultados de las especificaciones de diseño

Incremento del margen de ganancia. Haciendo una comparación entre el resultado de la operación de un día de transporte y el resultado de la ganancia. El margen de ganancia obtenido por el modelo de asignación es de 10,12%

Figura 3.8

Comparación de antes y después del modelo



$$\frac{(2987 - 2712.9)}{2712.9} * 100 = 10.12\% \quad (3.1)$$

Se concluyó que se cumplió con el impacto financiero y la especificación de diseño requerido por la organización.

Asignación de las reservas de transporte. Se aseguro mediante el código de Python que las reservas tengan la restricción de que todas sean asignadas. De esta manera

se pudo cumplir con el 100% de la asignación de reservas de transporte que supera el 95% de las reservas que era lo esperado en las especificaciones de diseño.

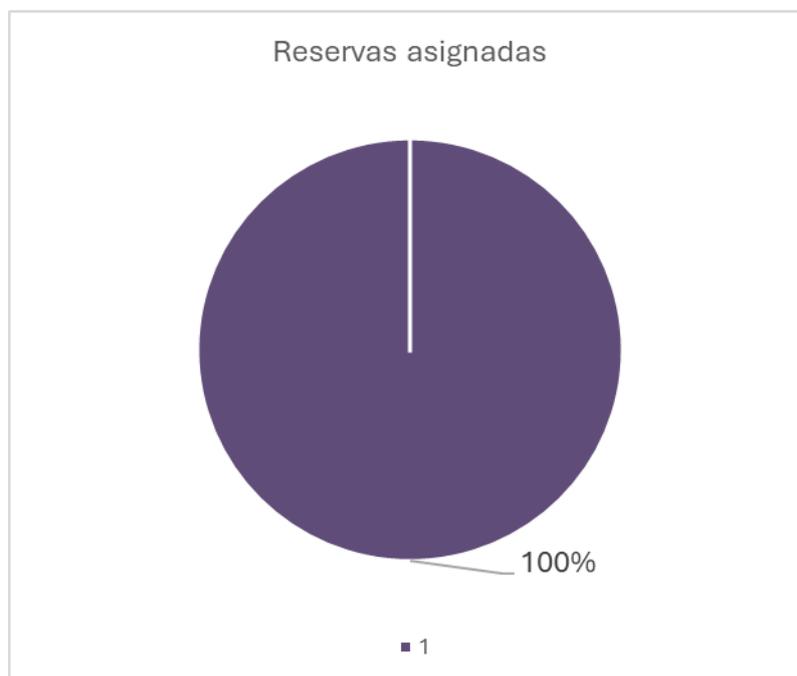
Figura 3.9

Restricción de asignación de todas las reservas

```
#All reservation should be assigned
for k in range(len(K)):
    model += pulp.lpSum(X_ik[:, k]) + pulp.lpSum(X_jk[:, k])
    == 1
```

Figura 3.10

Reservas de transporte asignadas



3.1.6 Impacto

Impacto social. Mediante la automatización del proceso de asignación de transportistas se espera que con su implementación se reduzca al menos un 24,20% de la

carga que se realiza ubicando a transportistas y asignándolos a las reservas de transporte. En promedio mensualmente un operador se toma 2440 min/mes en buscar un proveedor y asignarlo. Mientras posee una disponibilidad mensual de 10080 min/mes de trabajo.

$$\frac{2440 \text{ min/mes}}{10080 \text{ min/mes}} * 100 = 24.20\% \quad (3.2)$$

Por lo que el impacto sería de una reducción del 24.20% anual de su trabajo que podría ser aprovechado para gestionar nuevas reservas. Basado en el contexto del incremento de la demanda que experimenta la organización.

Impacto ambiental. Mediante el manejo de la relación con los proveedores (SRM) se espera que todos los transportistas comiencen a usar la aplicación de la organización. Esto provocaría que los transportistas manejen guías de transporte digitales reduciendo a 0 el consumo de papel.

Impacto financiero. Mediante la prueba del prototipo se obtuvo un incremento del margen de ganancia del 10,12% en las reservas de transporte.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- El proyecto propuso un prototipo de un modelo de asignación general, con la finalidad de maximizar la ganancia de las operaciones de transporte en al menos un 10% obteniendo un margen de 10,14% cumpliendo con la especificación del diseño.

- El modelo de asignación restringió que todas las reservas sean asignadas en un 100% superando la expectativa del 95% de la especificación de diseño.

- Se verificó que el modelo es sensible al tiempo de estadía en planta, hace una asignación basada en la estadía en planta se obtuvo un valor poco razonable. Sin embargo, para gestionar esta sensibilidad del modelo se refinó la función objetivo para que no gestione el tiempo de estadía en planta.

- La relación con el proveedor de transporte es clave debido a que la organización dependen de la disponibilidad de estos para que el modelo asigne el trabajo. También, el uso y cumplimiento de las políticas establecida contribuirían a la fidelización de los transportistas. El uso de la aplicación permitiría eliminar la impresión de las guías de transporte obteniendo 0 consumo de papel.

- El implementar el prototipo tendría un costo de \$576, pero beneficiaría con una reducción de la carga laboral del equipo operativo del 24.20%.

Las conclusiones siempre tienen que estar respaldadas por los resultados obtenidos en el trabajo y deben referirse a los objetivos planteados al inicio del proyecto.

4.1.2 Recomendaciones

- La organización podría expandir el modelo para realizar asignaciones de segunda vuelta para recorridos que son cortos.
- Mediante la fidelización de los transportistas se podría realizar una planificación con una ventana semanal de asignaciones.
- Se debe reforzar el control de los GPS para hacer un mejor manejo de los tiempos de estadía en planta para poder gestionar cobros a clientes y controlar los cobros de proveedores.
- Se recomienda hacer una mezcla de los modelos que consideran estadía en planta y los que no, considerando el historial de los clientes y viendo quienes poseen tiempos consistentes en planta.
- Es necesario depurar los transportistas que no han sido utilizados durante un tiempo. Esto garantizará que todos los transportistas pasen por el proceso de gestión de la relación con el proveedor.

Referencias

- ANT. (2022). *Renovación de licencia de conducir profesional tipo: C, D, E o G | Ecuador—Guía Oficial de Trámites y Servicios*. Renovación de licencias de conducir. <https://www.gob.ec/ant/tramites/renovacion-licencia-conducir-profesional-tipo-c-d-g>
- Benjamin W. Niebel & Andris Freivalds. (2004). *Ingeniería industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo* (12 va). McGraw-Hill.
- Denisa Mirela Petrisor & Kutay Guler. (2021, abril 19). A Pugh Matrix based product development model for increased small design team efficiency. *Cogent Engineering*. www.tandfonline.com/journals/oaen20
- G. Ayorkor Mills-Tettey, Anthony Stentz, & M. Bernardine Dias. (2007). *The Dynamic Hungarian Algorithm for the Assignment Problem with Changing Costs* [Tesis]. Carnegie Mellon University.
- Ilich Aguirre S., Carlos Andrade A., & Santiago Segovia L. (2024). *BOLETÍN ANALÍTICO TRIMESTRAL DE COMERCIO EXTERIOR Primer trimestre de 2024*. Banco central del Ecuador.
https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorExterno/ComercioExterior/informes/ResultCE_012024.pdf
- Jongkyung Park, Kitae Shin, Tai-Woo Chang, & Jinwoo Park. (2010). An integrative framework for supplier relationship management. *Emerald Group Publishing Limited*, 110(4), 95-515. <https://doi.org/10.1108/02635571011038990>
- Juan Luis Crucelegui Garate. (2020). *Desafíos en la competencia y la regulación de infraestructuras y servicios portuarios y del sector del transporte marítimo*

(Research Paper 48; UNCTAD Research Paper).

https://unctad.org/system/files/official-document/ser-rp-2020d7_en.pdf

Medina León, Raya Díaz, & Contreras Orendain. (2007, junio 20). Utilización del modelo de transporte para la asignación de trabajos a máquinas considerando prioridades. *Universidad Autónoma del Estado de Baja California, Facultad de Ingeniería, 11-2*.

Michael L. George. (2023). *Lean six sigma for service*. McGraw-Hill.

MPCEIP. (2024). *Análisis Trimestral comercio exterior (enero—Marzo)* (p. 1,2,15,16).

<https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/05/Analisis-trimestral-de-comercio-exterior-ene-mar-2024.pdf>

Pérez, Gabriel, Barleta, Eliana, & Sánchez, Ricardo. (2019). La revolución industrial 4.0 y el advenimiento de una logística 4.0. *Boletín FAL*, 7, 12-13.

Programa privado. (2024). *Reporte comercial segundo trimestre 2024* (Versión 2024) [Dataset].

Saade Hazin Miryam & P. Barleta Eliana. (2024). *Informe portuario 2022 a primer trimestre de 2023 Tras la tempestad, ¿llega la calma?* (Boletín 401; Boletín FAL, p. 22). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/69017-informe-portuario-2022-primero-trimestre-2023-tras-la-tempestad-llega-la-calma>

SAP Concur Team. (2021). *La importancia de los datos para la toma de decisiones*. <https://www.concur.com.mx/blog/article/datos-para-la-toma-de-decisiones-mx>

Sebastián Herreros & Miryam Saade Hazin. (2023). *La facilitación del comercio en América Latina y el Caribe: Formalidades, infraestructura y logística* (Boletín 3; FAL, p. 10). FACILITACIÓN, COMERCIO Y LOGÍSTICA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE.

<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/5fcd031f-bc17-4646-a1e3-c8eaf91f8edf/content>

T. A. Castillo, C. E. Díaz, J. D. Gómez, E. A. Orduz, & M. L. Niño. (2018).

Optimización del makespan en el problema de Job Shop Flexible con restricciones de transporte usando Algoritmos Genéticos. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 12(24). <https://doi.org/10.31908/19098367.3820>

Tassin Srivarapongse & Phajongjit Pijitbanjong. (2019). *Solving a Special Case of the Generalized Assignment Problem Using the Modified Differential Evolution Algorithms: A Case Study in Sugarcane Harvesting*. 5(5), 20.

<https://doi.org/10.3390/joitmc5010005>

Wydział Zarządzania. (2016). USING A QFD METHOD AND CTQ TREE TO IDENTIFY THE AREAS NEEDING IMPROVEMENT IN THE PRODUCT FARM TRUCK TRAILER. *ORGANIZACJA I ZARZĄDZANIE*, 1947.

<https://bibliotekanauki.pl/articles/323257.pdf>

Appendices

Apéndice A

Plan de levantamiento de datos

Datos Cuantitativos	Cómo se recopila	Condiciones relacionadas	Notas de muestreo	Dónde se registra	Uso futuro de los datos
Tiempo [hr] en planta por reserva	Recopilado por tecnologías GPS o ingresado por el Monitor de Transporte	Disponibilidad de GPS	(Ene - Jun 2024)	AWS - BASE DE DATOS	Parámetros para modelo de optimización
Tarifa de compra de transporte por ruta	Establecido por acuerdo	SRM	N/A	AWS - BASE DE DATOS	Variable para modelo de optimización
Tarifa de Venta de Transporte por Ruta	Establecido por acuerdo	CRM	N/A	AWS - BASE DE DATOS	Variable para modelo de optimización
Tiempo Máximo en Planta para Cliente	Establecido por acuerdo	CRM	N/A	AWS - BASE DE DATOS	Parámetros para modelo de optimización
Tiempo Máximo en Planta para proveedor	Establecido por acuerdo	SRM	N/A	AWS - BASE DE DATOS	Parámetros para modelo de optimización
Tarifa de Venta en Espera [hr]	Establecido por acuerdo	CRM	N/A	AWS - BASE DE DATOS	Variable para modelo de optimización
Tarifa de costo en espera [hr]	Establecido por acuerdo	CRM	N/A	AWS - BASE DE DATOS	Variable para modelo de optimización

Disponibilidad de transportistas	Establecido por acuerdo	SRM	N/A	Revisión diaria de disponibilidad	parámetros de modelo de optimización
Número de reservas	Recopilado mediante la creación de la reserva	Contiene transporte de carga	(Ene - Jun 2024)	AWS - BASE DE DATOS	Conjuntos para modelo de optimización
Número de transportistas propios	Información recopilada en el sistema	Manejo de flota propia	N/A	AWS - BASE DE DATOS	Conjuntos para modelo de optimización
Número de transportistas particulares	Información recopilada en el sistema	SRM	N/A	AWS - BASE DE DATOS	Conjuntos para modelo de optimización
Uso de GPS	Integraciones de tecnologías GPS	Disponibilidad de GPS	(Ene - Jun 2024)	AWS - BASE DE DATOS	Verificación de la fiabilidad de los datos

Apéndice B

Formulación SOLVER

Solver Parameters

Set Objective:

To: Max Min Value Of:

By Changing Variable Cells:

Subject to the Constraints:

-
-
-
-
-
-
-

Make Unconstrained Variables Non-Negative

Select a Solving Method:

Solving Method

Select the GRG Nonlinear engine for Solver Problems that are smooth nonlinear. Select the LP Simplex engine for linear Solver Problems, and select the Evolutionary engine for Solver problems that are non-smooth.

Formulación del modelo de optimización usando SOLVER de Excel

Apéndice C

Código Python con estadia

```

import numpy as np
import pandas as pd
import pulp

# Crear el problema de maximización
model = pulp.LpProblem("Maximize_Profit", pulp.LpMaximize)

# Conjuntos
I = list(range(1, 16)) # Conjunto de transportistas propios
J = list(range(1, 45)) # Conjunto de transportistas subcontratados
K = list(range(1, 58)) # Conjunto de reservas de transporte

# Variables de decisión
X_ik = np.array([[pulp.LpVariable(f'X_ik_{i}_{k}', cat='Binary') for k
in K] for i in I])
X_jk = np.array([[pulp.LpVariable(f'X_jk_{j}_{k}', cat='Binary') for k
in K] for j in J])

# Parámetros importados desde Excel y convertidos a arrays de NumPy
C_ik = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="C propio", header=None).values
C_jk = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Cparticular", header=None).values
V_k = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Venta", header=None).values.flatten()
VS_k = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="VS", header=None).values.flatten()
T_k = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Tk", header=None).values.flatten()
T_ik = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Tik", header=None).values
T_jk = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Tjk", header=None).values
TR_k = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="TRK", header=None).values.flatten()
S_ik = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Sik", header=None).values
S_jk = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Sjk", header=None).values
A_ik = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Ai", header=None).values
A_jk = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Aj", header=None).values

# Cálculo de tiempos en exceso usando NumPy
E_k = np.maximum(0, TR_k - T_k)
E_ik_matrix = np.maximum(0, TR_k.reshape(1, -1) - T_ik)
E_jk_matrix = np.maximum(0, TR_k.reshape(1, -1) - T_jk)

# Función objetivo
objetivo = pulp.lpSum([
    V_k[k-1] + VS_k[k-1] * E_k[k-1]

```

```
- pulp.lpSum([(C_ik[i-1, k-1] + E_ik_matrix[i-1, k-1] * S_ik[i-1,
k-1]) * X_ik[i-1, k-1] for i in range(1, len(I)+1)])
- pulp.lpSum([(C_jk[j-1, k-1] + E_jk_matrix[j-1, k-1] * S_jk[j-1,
k-1]) * X_jk[j-1, k-1] for j in range(1, len(J)+1)])
  for k in range(1, len(K)+1)
])

model += objetivo
```

Código de programación en Python para conocer la asignación óptima de flota tomando en cuenta la estadía en planta del cliente.

Apéndice D

Código Python sin estadía

```

import numpy as np
import pandas as pd
import pulp

# Crear el problema de maximización
model = pulp.LpProblem("Maximize_Profit", pulp.LpMaximize)

# Conjuntos
I = list(range(1, 16)) # Conjunto de transportistas propios
J = list(range(1, 45)) # Conjunto de transportistas subcontratados
K = list(range(1, 58)) # Conjunto de reservas de transporte

# Variables de decisión
X_ik = np.array([[pulp.LpVariable(f'X_ik_{i}_{k}', cat='Binary') for k
in K] for i in I])
X_jk = np.array([[pulp.LpVariable(f'X_jk_{j}_{k}', cat='Binary') for k
in K] for j in J])

# Parámetros importados desde Excel y convertidos a arrays de NumPy
C_ik = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="C propio", header=None).values
C_jk = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Cparticular", header=None).values
V_k = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Venta", header=None).values.flatten()
VS_k = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="VS", header=None).values.flatten()
T_k = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Tk", header=None).values.flatten()
T_ik = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Tik", header=None).values
T_jk = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Tjk", header=None).values
TR_k = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="TRK", header=None).values.flatten()
S_ik = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Sik", header=None).values
S_jk = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Sjk", header=None).values
A_ik = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Ai", header=None).values
A_jk = pd.read_excel("C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto
final/Book5.xlsx", sheet_name="Aj", header=None).values

# Función objetivo
objetivo = pulp.lpSum([
    V_k[k-1]
    - pulp.lpSum([(C_ik[i-1, k-1]) * X_ik[i-1, k-1] for i in range(1,
len(I)+1)])
    - pulp.lpSum([(C_jk[j-1, k-1]) * X_jk[j-1, k-1] for j in range(1,
len(J)+1)])

```

```

    for k in range(1, len(K)+1
])
model += objetivo
# Restricciones
#Todas las reservas se deben asignar
for k in range(len(K)):

```

Código de programación en Python para conocer la asignación óptima de flota sin la estadía en planta del cliente.

Apéndice E

Bosquejo de asignación en sistema

Planta de asignación de transportistas

Asignación automática Guardar cambios

Reserva 12345	Cliente: Cliente1	Ruta: Guayaquil - Manta - Guayaquil	Seleccionar a conductor Ganancia: \$---
Reserva 12345	Cliente: Cliente1	Ruta: Guayaquil - Manta - Guayaquil	Seleccionar a conductor Ganancia: \$---
Reserva 12345	Cliente: Cliente1	Ruta: Guayaquil - Manta - Guayaquil	Seleccionar a conductor Ganancia: \$---
Reserva 12345	Cliente: Cliente1	Ruta: Guayaquil - Manta - Guayaquil	Seleccionar a conductor Ganancia: \$---
Reserva 12345	Cliente: Cliente1	Ruta: Guayaquil - Manta - Guayaquil	Seleccionar a conductor Ganancia: \$---

Microsoft - Oficial Home x +

https://App.Optimo.com.ec

Plazas de asignación de transportistas

Asignación automática Guardar cambios

Reserva 12345	Cliente: Cliente1	Ruta: Guayaquil-Manta-Guayaquil	Transportista 1	Ganancia: \$ 50
Reserva 12345	Cliente: Cliente1	Ruta: Guayaquil-Manta-Guayaquil	Transportista 2	Ganancia: \$ 100
Reserva 12345	Cliente: Cliente1	Ruta: Guayaquil-Manta-Guayaquil	Transportista 3	Ganancia: \$ 75
Reserva 12345	Cliente: Cliente1	Ruta: Guayaquil-Manta-Guayaquil	Transportista 4	Ganancia: \$ 80
Reserva 12345	Cliente: Cliente1	Ruta: Guayaquil-Manta-Guayaquil	Transportista 5	Ganancia: \$ 45

Apéndice F

Bosquejo de evaluación de proveedor

Reserva 12345	Cliente: Cliente1	Usage of GPS	☆	☆	☆	☆	☆
		Responses of communication	☆	☆	☆	☆	☆
Ruta: Guayaquil-Manta-Guayaquil	Transportista 1	Vehicle integrity	☆	☆	☆	☆	☆
		Use of app	☆	☆	☆	☆	☆
							Enviar