



UNIVERSIDAD
**SAN IGNACIO
DE LOYOLA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial y Comercial

**AUTOMATIZACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE
CARGA CONSOLIDADA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL
COSTO DE SERVICIO EN UNA EMPRESA
CEMENTERA**

**Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Industrial y
Comercial**

MARCOS JESÚS PERICHE CARRIÓN
(0000-0001-7918-3636)

Asesor:
DR. PEDRO PABLO ROSALES LOPÉZ
(0000-0002-8115-6431)

Lima - Perú
2022

INDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	17
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	19
Sector cemento en el Perú	19
Identificación del problema	20
Problema Crítico 1: Incumplimiento de manifiesto de servicio	25
Problema Crítico 2: Inadecuado dimensionamiento de flota	29
Problema Crítico 3: Inadecuada consolidación de pedidos	33
Formulación del problema	35
Problema general.	35
Problemas específicos.	35
MARCO REFERENCIAL	36
Antecedentes	36
Antecedentes Internacionales	36
Antecedentes Nacionales	39
Estado del arte	43
Marco teórico	45
Logística de distribución y transporte de carga	45
Costo de Servicio	46
Optimización de distribución	46
Problema de ruteo de vehículos	49
Clasificación de los métodos de resolución CVRP	56
Algoritmo de Ahorros de Clarke & Wright	58
Marco conceptual	61
Fletero	61
Carga	62
OBJETIVOS	63
Objetivo general.	63

	3
Objetivos específicos	63
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	64
Teórica	64
Práctica	64
Social	65
HIPÓTESIS	67
Hipótesis general:	67
Hipótesis específica	67
MARCO METODOLÓGICO	70
Metodología	70
Enfoque	70
Paradigma	71
Método	71
VARIABLES	72
Variable independiente	72
Variable dependiente	73
POBLACIÓN Y MUESTRA	77
Población	77
Muestra	77
UNIDAD DE ANÁLISIS	79
TÉCNICA E INSTRUMENTOS	79
Técnica	79
Fuentes primarias	79
Fuente secundaria	79
Instrumentos	80
Procedimiento y método de análisis	80
RESULTADOS	84

PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	94
Análisis descriptivo	94
Análisis inferencial	100
DISCUSIÓN	108
CONCLUSIÓN	110
RECOMENDACIONES	112
Bibliografía	113
ANEXOS.....	117

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Resultados de la matriz Vester</i>	24
<i>Figura 2 Gráfico circular de distribución de reclamos por área</i>	27
Figura 3 Ratios de productividad de fleteros	30
Figura 4 Ratios de productividad de tráilers	31
<i>Figura 5 Ratios de productividad bombonas</i>	32
Figura 6 Indicador de ocupabilidad de flota en unidades fleteras 2019.....	34
<i>Figura 7 Variantes del problema de ruteo</i>	50
<i>Figura 8 Ejemplo de una solución del VRP</i>	52
<i>Figura 9 Clasificación de los métodos de resolución para el CVRP</i>	56
Figura 10 Modelos de red de distribución.....	59
Figura 11 Base de prueba de pedidos de clientes.....	122
Figura 12 Validación por tipo de cliente y unidad.....	125
Figura 13 Consolidación de pedidos según código de obra.....	127
Figura 14 Matriz de distancias por distritos para programación modelo.....	129
Figura 15 Tabla de distancias, pesos y disponibilidad generada para modelo de programación	131
Figura 16 Reporte preliminar de programación	148
Figura 17 Ingreso de cantidad de flota por tipo de unidades	149
Figura 18 Tabla para asignación de prioridades	152
Figura 19 Ingreso de placas según cantidad de flota disponible registrada	161
Figura 20 Programación modelo de pedidos consolidados para flota de fleteros.....	163

Figura 21 Cuadro para ingreso de rango de ratios de productividad para cálculo de rentabilidad	164
Figura 22 Reporte de tiempos y costos de distribución	180
Figura 23 Registro de datos.....	181
Figura 24 Registro de datos según fecha de calendario	181
Figura 25 Registro de datos ingresado en base de datos diario.....	182

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla de puntaje de valoración entre problemas.....	20
Tabla 2 Valoración de frecuencia, costos y servicio.....	21
Tabla 3 Valoración de especialistas del área de transportes y distribución, respecto a los problemas que afectan el costo de servicio en la distribución de cemento en la empresa.....	23
Tabla 4 Reclamo por incumplimiento de oferta logística según tipo de unidad.....	27
Tabla 5 Matriz de reclamos según tipo de unidad de transporte.....	28
Tabla 6 Falsos fletes del segundo semestre 2019 según tipo de unidad.....	34
Tabla 7 Costo promedio por km recorrido antes y después de la implementación (Segundo Semestre 2020 – 2021).....	85
Tabla 8 Ocupabilidad antes y después de la implementación (Segundo Semestre 2020 – 2021)	86
Tabla 9 Productividad antes y después de la implementación (Segundo Semestre 2020 – 2021)	87
Tabla 10 Ahorro por diferencia de ratios de productividad de flota.....	87
Tabla 11 Entregas a Tiempo antes y después de la implementación (Segundo Semestre 2020 – 2021).....	88
Tabla 12 Entregas a Tiempo por Ventana Horaria antes y después de la implementación (Segundo Semestre 2020 – 2021).....	89
Tabla 13 Falsos Fletes antes y después de la implementación (Segundo Semestre 2020 – 2021).....	91

Tabla 14 Costo promedio antes y después de la implementación.....	91
Tabla 15 Ahorro por diferencia de fletes entre periodos 2019-2020	92
Tabla 16 Resumen de resultados.....	93
Tabla 17 Resumen de procesamiento de casos sobre el costo promedio por tonelada por km recorrido.....	94
Tabla 18 Resultados descriptivos sobre el costo promedio por tonelada por km recorrido.....	95
Tabla 19 Resumen de procesamiento de casos sobre la ocupabilidad.....	96
Tabla 20 Resultados descriptivos sobre la ocupabilidad.....	96
Tabla 21 Resumen de procesamiento de casos sobre la productividad	97
Tabla 22 Resultados descriptivos sobre la productividad	97
Tabla 23 Resumen de procesamiento de casos sobre la razón de entregas a tiempo.....	98
Tabla 24 Resultados descriptivos sobre la razón de entregas a tiempo	98
Tabla 25 Resumen de procesamiento de casos sobre la razón de cumplimiento por ventanas horarias.....	99
Tabla 26 Resultados descriptivos sobre la razón de cumplimiento por ventanas horarias	99
Tabla 27 Pruebas de normalidad sobre el costo promedio por tonelada por km recorrido....	101
Tabla 28 Prueba T de muestras emparejadas sobre el costo promedio por tonelada por km recorrido.....	101
Tabla 29 Pruebas de normalidad sobre la ocupabilidad.....	102
Tabla 30 Prueba T de muestras emparejadas sobre la ocupabilidad	103
Tabla 31 Pruebas de normalidad sobre la productividad	104
Tabla 32 Prueba T de muestras emparejadas sobre la productividad	104
Tabla 33 Pruebas de normalidad sobre la razón de entregas a tiempo.....	105

Tabla 34 Pruebaa W de Wilcoxon sobre la razón de entregas a tiempo	105
Tabla 35 Pruebas de normalidad sobre la razón de cumplimiento por ventanas horarias	106
Tabla 36 Prueba T de muestras emparejadas sobre la razón de cumplimiento por ventanas horarias.....	107

ANEXO

Anexo I Matriz de consistencia.....	117
Anexo II Matriz de Operacionalización.....	120
Anexo III Algoritmo para la programación de transportes - Validar tipo de clientes y tipo de unidad.....	121
Anexo IV Algoritmo para la programación de transportes – Armado de redes de distribución	123
Anexo V Algoritmo para la programación de transportes - Reporte de tiempos, ocupabilidad y fletes por ruta	164
Anexo VI Macro para registro diario de datos.....	181
Anexo VII Proceso general para la distribución de cemento después de la propuesta de mejora	183
Anexo VIII Proceso de programación de transporte tradicional vs automatización.....	184
Anexo IX Proceso de carguío y salida de unidades del almacén.....	185
Anexo X Unidad fletera con carga de cemento	186

JURADO DE LA SUSTENTACIÓN ORAL

.....

Presidente

.....

Jurado 1

.....

Jurado 2

Entregado el: 08 / 03 / 2022

Aprobado por:

.....

Marcos Jesús Periche Carrión

Graduando

.....

Pedro Pablo, Rosales López

Asesor de Tesis

UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**FACULTAD DE INGENIERÍA****DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Marcos Jesús Periche Carrión, identificado con DNI N° 73494000 Bachiller del Programa Académico de la Carrera de Ingeniería Industrial y Comercial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Ignacio de Loyola, presento mi tesis titulada:

Automatización en la programación de carga consolidada para la optimización de costos y servicios en una empresa cementera.

Declaro en honor a la verdad, que el trabajo de tesis es de mi autoría; que los datos, los resultados y su análisis e interpretación, constituyen mi aporte. Todas las referencias han sido debidamente consultadas y reconocidas en la investigación.

En tal sentido, asumo que la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad u ocultamiento de la información aportada. Por todas las afirmaciones, ratifico lo expresado, a través de mi firma correspondiente.

Lima, marzo del 2022.

.....

Marcos Jesús Periche Carrión

DNI N° 73494000

DEDICATORIA

Dedicado a mi mamá Elda y a mi hermana Evelyn quienes son mi principal motivo para crecer como persona y profesional. Gracias por ser parte de mi día a día, apoyarme en cada decisión que he tomado y brindarme total comprensión por los sacrificios que implica buscar la realización personal. Todo esfuerzo que realice estará enfocado en nuestro bienestar, las amo mucho.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi padre Marcos, quien me apoyó a cumplir mi meta de convertirme en un gran profesional. Gracias por preocuparte siempre en brindarme una educación de calidad y en el bienestar de la familia.

Agradezco a mi abuelo Jesús por inculcarme desde niño el deseo de algún día convertirme en ingeniero y por sentirse orgulloso por lo que estoy logrando con mucho esfuerzo.

Y finalmente, agradezco a mi exjefa Stefany Martinez, quien me motivó a realizar el proyecto de automatización, sugiriendo a la vez, que podía ser mi proyecto de tesis, tarea que sin dicha iniciativa no lo hubiese realizado por el nivel de complejidad que implicó en su momento.

RESUMEN

La presente investigación consiste en la implementación de un proyecto de automatización con VBA (Visual Basic para aplicaciones) basado en el método aproximado de técnica constructiva para elaboración de redes de transporte con ventanas horarias y capacidad limitada de carga útil conocido como el método de ahorros propuesto por Clarke & Wright, este método se ajusta a la realidad considerando las restricciones del negocio, brindando soluciones muy cercanas a la óptima.

Una vez identificado el problema se procedió a plantear como objetivo “Determinar cuánto es la reducción del costo de distribución de una empresa de cemento a través de la aplicación de la optimización de carga”, para lo cual se trabajó en la medición y optimización de los indicadores las variables dependientes que en conjunto contribuyeron a lograr el objetivo planteado.

Finalmente, en base a los resultados obtenidos producto de la implementación del proyecto en el proceso de programación de transporte y el análisis estadístico, se determina la aceptación de la hipótesis alterna que establece que la aplicación de la optimización de carga sí reduce el costo de distribución en una empresa de cemento.

ABSTRACT

The present research consists of the implementation of an automation project with VBA (Visual Basic for applications). The study employs the approximate method of constructive technique for the elaboration of transport networks with time windows and limited payload capacity. Also known as the savings method proposed by Clarke & Wright, this method adjusts to reality considering business restrictions, providing solutions very close to optimal.

First, the objective was to determine the significance of reducing the distribution cost through “the application of load optimization” for the cement company. The measurement and optimization of the dependent variables contributed to achieving the proposed objective.

Finally, based on the results obtained from the implementation of the project in the transportation scheduling process and the statistical analysis, the acceptance of the alternative hypothesis establishes that the “application of load optimization” impacts favorably on the cost reduction of distribution.

INTRODUCCIÓN

El transporte de carga genera costos de gran impacto en las empresas, es por ello por lo que se busca llevar a cabo una adecuada gestión en la distribución de bienes ya que afecta directamente en la competitividad de las empresas. Dentro de la gestión de distribución de carga consolidada, existen problemas habituales como la elaboración de redes de distribución con ventanas horarias y otras restricciones que aplican según el tipo negocio, que, en muchos casos, no se resuelven de manera óptima y traen como consecuencia menor rentabilidad en las operaciones. Este problema se genera en la etapa de planificación debido a la complejidad y cantidad exponencial de posibles soluciones que incrementa acorde a la cantidad de puntos de entrega y tamaño de flota. Para ello existen métodos exactos computacionales que brindan soluciones óptimas, sin embargo, en la práctica no resultan ser siempre los más eficientes por el tipo de variables y restricciones que impiden lograr la optimización esperada, siendo reemplazadas por los métodos aproximados que brindan soluciones muy cercanas a las óptimas y dan mayor flexibilidad a los modelos propuestos en base a las restricciones.

Kotler (1991) en su libro “Marketing Management”, afirma la posibilidad de generar grandes ahorros económicos en las empresas, beneficios medio ambientales y sociales, además de mejorar significativamente la satisfacción en el consumidor final con ligeras disminuciones en los costos de distribución. Según Yepes Piqueras & Medina Folgado (2003) los costos de distribución representan entre la cuarta y sexta parte del precio del producto y entre uno y dos tercios de los costos logísticos.

En el primer capítulo, se expone la situación actual de la empresa y el mercado en el que se encuentra inmerso, adicionalmente, se identifica y formula el problema general y los problemas específicos mediante la herramienta de la matriz Vester, donde se incluyen y adicionan factores de evaluación como el costo y el servicio para dar mayor precisión en la determinación de la problemática del proyecto.

En el segundo capítulo, se sustenta el marco referencial a través de la indagación de antecedentes nacionales e internacionales, estado del arte y marco referencial.

En el tercer capítulo, se establecen los objetivos, justificación e hipótesis del presente proyecto.

En el cuarto capítulo, se redacta el marco metodológico, se determinan las variables de estudio y los instrumentos a utilizar.

En el quinto capítulo, se presentan los resultados, adicionalmente se acepta la hipótesis general alterna planteada en el capítulo tercero en base a las pruebas estadísticas realizadas. Finalmente se detallan las conclusiones basadas en los resultados y recomendaciones para la presente investigación.

PLOBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Sector cemento en el Perú

Según Torres Cuzcano (2016), el mercado de cemento en Perú concentra 5 grupos económicos que cubren la demanda nacional. Dentro de éstos se encuentran Unacem, Hochschild, Gloria, Choy y Cemex, siendo las 3 primeras las que tienen la mayor participación en el mercado peruano.

El Reporte Estadístico de Cemento de Perú del año 2019, muestra que el PBI del sector construcción representó el 6.2% del PBI Nacional, además la relación entre el consumo de cemento y el PBI de la construcción tiene un coeficiente de 0.99. (ASOCEM, 2019)

Los indicadores del Reporte Estadístico de Cemento 2019, muestran que el Despacho Nacional de Cemento alcanzó las 10,317 mil toneladas métricas, con una variación a favor de 5,9% y 8% respecto a los años 2018 y 2017 respectivamente. El consumo per cápita de cemento en el Perú en el año 2019 experimentó un crecimiento de 2,3% respecto al 2018 y de 6,8% respecto al 2017, representando un promedio de consumo de 341 kg de cemento por habitante peruano. A partir del año 2010 este consumo tuvo un crecimiento anual en promedio de 2%. En el año en mención, la importación de cemento alcanzó las 772 mil toneladas métricas, con un volumen menor por 21.3% respecto al año 2018 pero mayor en un 25,6% respecto al año 2017. La lista de países importadores de cemento está encabezada por Vietnam con un volumen de aproximadamente 94%, México con un volumen de aproximadamente 4% y Chile con un volumen de aproximadamente 2%. Otros

países como China, Corea del Sur, Estados Unidos y España representan el 0,001% del volumen de importaciones de cemento. (ASOCEM, 2019)

Identificación del problema

La empresa materia del presente estudio, es una empresa transnacional con presencia en más de 50 países dedicada al rubro de la industria de la construcción que ocupa el tercer puesto de ventas de cemento a nivel mundial. En el mercado peruano, la empresa en mención empezó a operar desde el año 2007, siendo los procesos principales: la importación, almacenamiento, ensacado y distribución de cemento en las presentaciones ensacadas y a granel.

A inicios del año 2020 se realizó la evaluación de costos de servicio del año 2019 a cargo de la jefatura del área de transportes y distribución de la empresa. Durante el proceso de análisis, se identificaron y listaron los principales problemas que afectaron la productividad del área de transportes durante el presente año. A partir de la información obtenida, se procedió a realizar un análisis detallado para identificar el impacto en el área y su relevancia para lo cual se utilizó la herramienta de la Matriz Vester.

Tabla 1
Tabla de puntaje de valoración entre problemas

Relevancia	Valoración
Menos importante	1
Igual de importante	2

Más importante 3

Fuente: Vester (2020). Elaboración propia

Adicionalmente, se consideró necesario no sólo valorar los problemas listados, sino también valorar la frecuencia con la que se presentan y el impacto sobre el costo de distribución y el servicio que se presta a los clientes por cada tipo de problema añadiendo un coeficiente para cada ítem.

Tabla 2
Valoración de frecuencia, costos y servicio

Frecuencia	Factor Costo	Factor Servicio	Valoración
Muy poco frecuente	Costo muy bajo	Irrelevante	1
Poco frecuente	Costo bajo	Medianamente relevante	2
Frecuente	Costo relevante	Relevante	3
Muy frecuente	Muy costoso	Percepción deficiente de servicio	4

Fuente: Vester (2020). Elaboración propia

Para el proceso de evaluación de los problemas críticos se listaron los problemas detectados, posteriormente se completó la matriz comparando la importancia de un problema frente al otro evaluado. Una vez completada la matriz cruzada se realizó la sumatoria vertical y horizontalmente. Estos resultados obtenidos se multiplicaron por los coeficientes de frecuencia, costo y servicio evaluados para cada problema. Finalmente se obtuvo los valores influyentes (X) y dependientes (Y) que se graficaron en un plano cartesiano con coordenadas (X; Y). Las coordenadas del primer

cuadrante son consideradas problemas críticos, los del segundo cuadrante problemas pasivos, los del tercer cuadrante problemas indiferentes y los del cuarto cuadrante problemas activos.

Tabla 3

Valoración de especialistas del área de transportes y distribución, respecto a los problemas que afectan el costo de servicio en la distribución de cemento en la empresa.

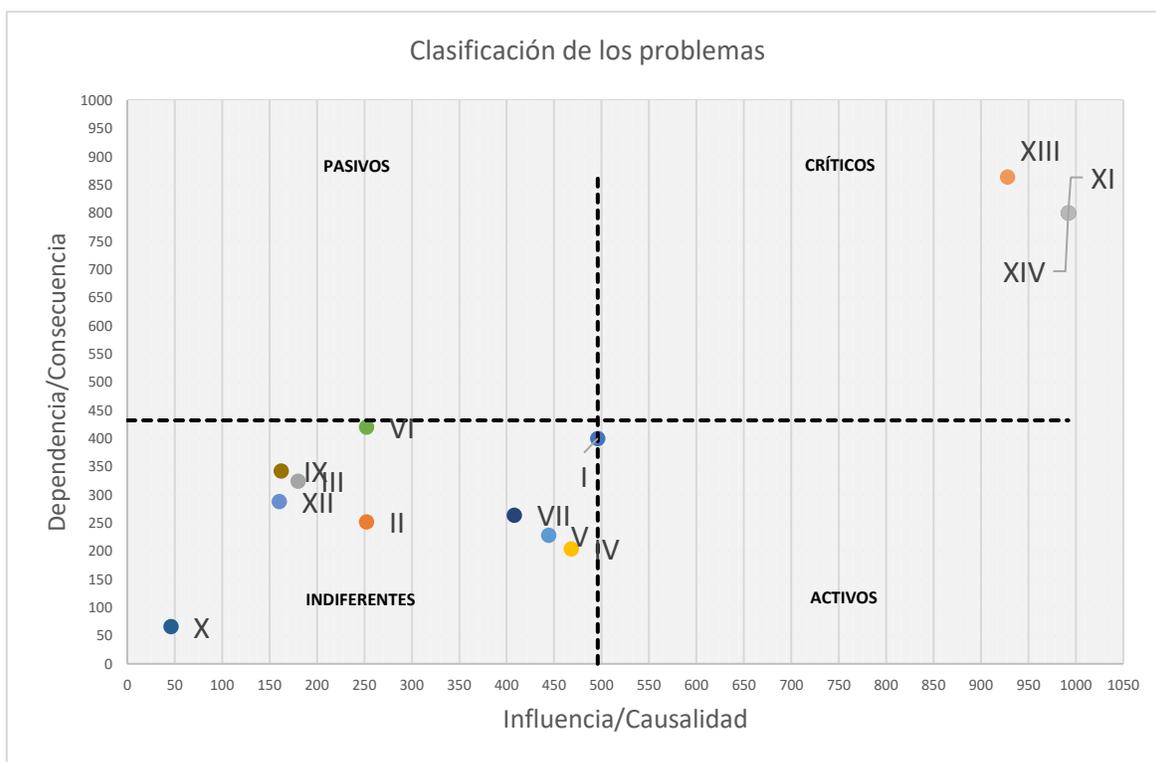
Código	Variable	Área relacionada	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	R	F	C	S	INFLUENCIA (X)
I	Hidratación de cemento.	Calidad	0	3	3	1	2	3	2	2	3	2	2	1	2	2	3	31	1	4	4	496
II	Coloración de cemento.	Calidad	1	0	3	1	1	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	28	1	3	3	252
III	Bolsas rotas.	Calidad	1	1	0	1	1	2	1	3	1	1	1	2	2	1	2	20	3	1	3	180
IV	Carga de tipo de lote diferente al solicitado.	Almacén	3	3	3	0	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	39	1	4	3	468
V	Carga de producto diferente al solicitado.	Almacén	2	3	3	2	0	3	2	2	3	3	2	3	3	3	3	37	1	4	3	444
VI	Demora en carga de unidades.	Almacén	1	3	2	1	1	0	1	1	2	2	2	2	1	1	1	21	3	1	4	252
VII	Ingreso de direcciones de obra diferente a la solicitada.	Comercial / CS	2	2	3	2	2	3	0	2	3	3	2	3	2	2	3	34	2	3	2	408
VIII	Ingreso de pedido en fecha no solicitada.	Comercial / CS	2	2	1	2	2	3	2	0	3	3	2	3	3	3	3	34	2	3	3	612
IX	Demora en proceso de liberación de pedidos.	Comercial / CS	1	1	3	1	1	2	1	1	0	1	1	2	1	1	1	18	3	1	3	162
X	Incumplimiento de requisitos para ingreso a planta.	Flota	2	2	3	1	1	2	1	1	3	0	2	2	1	1	1	23	1	1	2	46
XI	Incumplimiento de manifiesto de servicio.	Flota	2	2	3	1	2	2	2	2	3	2	0	3	2	2	3	31	2	4	4	992
XII	Falta de seguimiento a los despachos.	Flota	3	1	2	1	1	2	1	1	2	2	1	0	1	1	1	20	1	2	4	160
XIII	Inadecuada consolidación de pedidos.	Flota	2	2	2	1	1	3	2	1	3	3	2	3	0	2	2	29	2	4	4	928
XIV	Inadecuado dimensionamiento de flota.	Flota	2	2	3	1	1	3	2	1	3	3	2	3	2	0	3	31	2	4	4	992
XV	Faltante de producto.	Flota	1	1	2	1	1	3	1	1	3	3	1	3	2	1	0	24	2	1	3	144
Relevancia (R)			25	28	36	17	19	35	22	22	38	33	25	36	27	25	32					
Frecuencia (F)			1	1	3	1	1	3	2	2	3	1	2	1	2	2	2					
Factor Costo (C)			4	3	1	4	4	1	3	3	1	1	4	2	4	4	1					
Factor Servicio (S)			4	3	3	3	3	4	2	3	3	2	4	4	4	4	3					
DEPENDENCIA (Y)			400	252	324	204	228	420	264	396	342	66	800	288	864	800	192					

Fuente: Vester (2020). Elaboración propia

A partir de la información colocada en la Tabla 3, se procedió a graficar las coordenadas obteniendo de forma visible los problemas críticos del área de transportes que se muestran en la Figura 4, siendo los problemas “Incumplimiento de manifiesto de servicio”, “Inadecuado dimensionamiento de flota” e “Inadecuada consolidación de pedidos” considerados como críticos.

Figura 1

Resultados de la matriz Vester



Fuente: Vester (2020). Elaboración propia

Problema Crítico 1: Incumplimiento de manifiesto de servicio

Según Alcoba (s.f.), el manifiesto de servicio o manifiesto de experiencia al cliente es una declaración que realiza la organización sobre la experiencia de servicio que se desea transmitir al consumidor. Asimismo, considera como posibilidad que el manifiesto de servicio pueda ser llamado también “Promesa de experiencia” pero aclara que las experiencias son subjetivas y no se pueden garantizar siempre.

Enfocado al servicio de distribución en Lima Metropolitana y Callao, el manifiesto de servicio de la empresa establece y asegura el cumplimiento de la entrega del producto en un tiempo no mayor a 24 horas a partir de la confirmación del pedido. Las ventanas horarias están divididas según el tipo de cliente. Los clientes industriales y constructores, con un tiempo de entrega en el rango de 06:00 a 12:00 horas; este tipo de clientes tienen poca flexibilidad en los rangos de entrega ya que disponen de diversas restricciones como tránsito en vías por horas establecidas impuestas por las municipalidades distritales, adicionalmente es muy probable que el incumplimiento de la entrega del material genere desabastecimiento de cemento en obras o concreteras, que se traduce en penalidades variables de acuerdo a la cantidad de trabajadores, tiempos muertos y pérdidas de ventas de los clientes; éstas penalidades se aplican según el acuerdo comercial que se haya establecido con las empresas previa a la compra. El segundo grupo son los clientes ferreteros y distribuidores con un tiempo de entrega en el rango de 06:00 a 18:00 horas, la flexibilidad en la entrega es mayor ya que los clientes cuentan en la mayoría de las ocasiones con stock de seguridad debido a que tienen espacio suficiente para almacenar producto. Si el cliente solicita la entrega del producto en un horario diferente al ofrecido según manifiesto, no se considera como

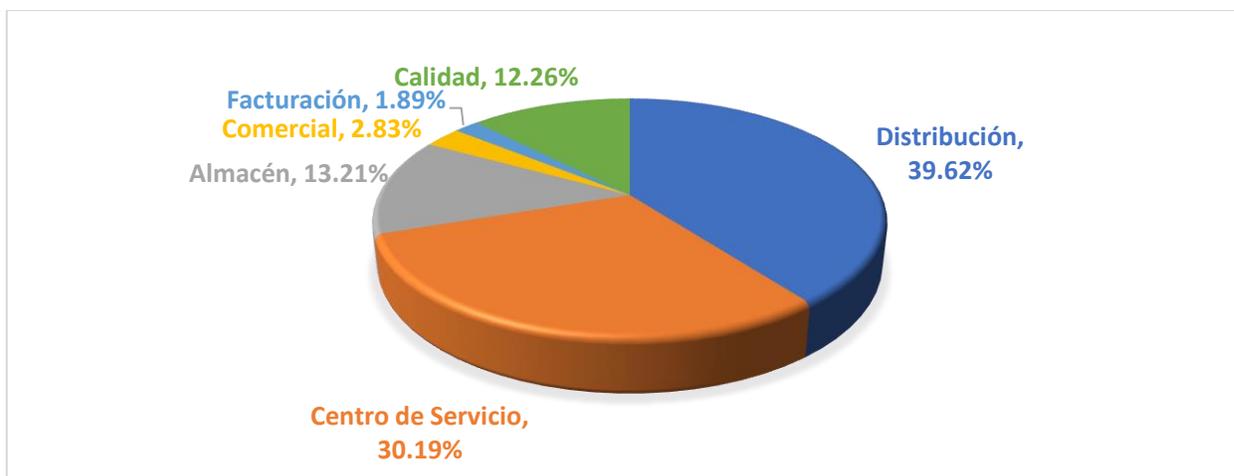
incumplimiento ya que es un acuerdo comercial. El envío de pedidos realizados el mismo día está sujeto a la disponibilidad de flota y el ingreso de pedidos deber ser no menor a 50 sacos. El tiempo de espera para atención no debe exceder los 30 minutos y el tiempo de descarga no debe exceder los 120 minutos.

La empresa maneja 4 indicadores para evaluar el cumplimiento del manifiesto, siendo los 2 primeros los de mayor relevancia para el área de transportes:

1. Razón de entregas a tiempo: Porcentaje de órdenes entregadas en la fecha según oferta logística.
2. Razón de entregas a tiempo según ventanas horarias: porcentaje de órdenes entregadas dentro de las ventanas horarias ofrecidas a los clientes.
3. Razón de compromiso al cliente: Porcentaje de órdenes entregadas en la fecha de deseo del cliente.
4. Razón de manifiesto de servicio: Porcentaje de órdenes entregadas entregadas según los días de manifiesto de servicio.

En el último trimestre del año 2019 se estableció formalmente el área de reclamos en la empresa. El análisis de la data de reclamos mostrada en la Figura 2, muestra que el área de transportes tuvo la responsabilidad del 39.62% de reclamos de la empresa, más de la tercera parte del total de reclamos.

Figura 2
Gráfico circular de distribución de reclamos por área



Fuente: Elaboración propia (2019).

Según la Tabla 4, los reclamos por incumplimiento de manifiesto de servicio según tipo de unidad estuvieron distribuidos en bombonas, fleteros y tráiler con un porcentaje de 50%, 33.33% y 16.67% respectivamente. Este reclamo predominó la lista con un 57.14% del global de reclamos presentados en el último trimestre del año 2019 y el primer trimestre del año 2020 como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 4
Reclamo por incumplimiento de oferta logística según tipo de unidad

Reclamo según matriz	Bombona	Fletero	Tráiler	Tráiler Provincia	Total, general
Incumplimiento de manifiesto	50.00%	33.33%	8.33%	8.33%	100.00%
Total	50.00%	33.33%	8.33%	8.33%	100.00%

Fuente: La empresa (2019). Elaboración propia.

Tabla 5
Matriz de reclamos según tipo de unidad de transporte

Reclamo según matriz	Bombona	Fletero	Tráiler	Tráiler Provincia	Total, general
No se respetó oferta logística	28.57%	19.05%	4.76%	4.76%	57.14%
Descarga de manera insegura	11.90%	0.00%	0.00%	0.00%	11.90%
Faltante de Producto	2.38%	0.00%	0.00%	7.14%	9.52%
Incumplimiento de requisitos para ingreso a obra cliente	7.14%	0.00%	0.00%	2.38%	9.52%
Daños a propiedad privada	0.00%	4.76%	0.00%	0.00%	4.76%
Trato inadecuado por parte de personal transportista	2.38%	2.38%	0.00%	0.00%	4.76%
Entrega de sacos rotos por traslado	0.00%	0.00%	2.38%	0.00%	2.38%
Total general	52.38%	26.19%	7.14%	14.29%	100.00%

Fuente: La empresa (2019). Elaboración propia.

Problema Crítico 2: Inadecuado dimensionamiento de flota

El dimensionamiento de flota en la empresa se maneja basado en la proyección anual de ventas y se evalúa de forma mensual basado en la variación de la demanda, analizados con 3 meses precedentes al mes de estudio; en este análisis se determina el comportamiento de ventas por semana para poder tomar las decisiones para la proyección de dimensionamiento, con la finalidad de no desabastecer a los clientes por falta de oferta de transporte.

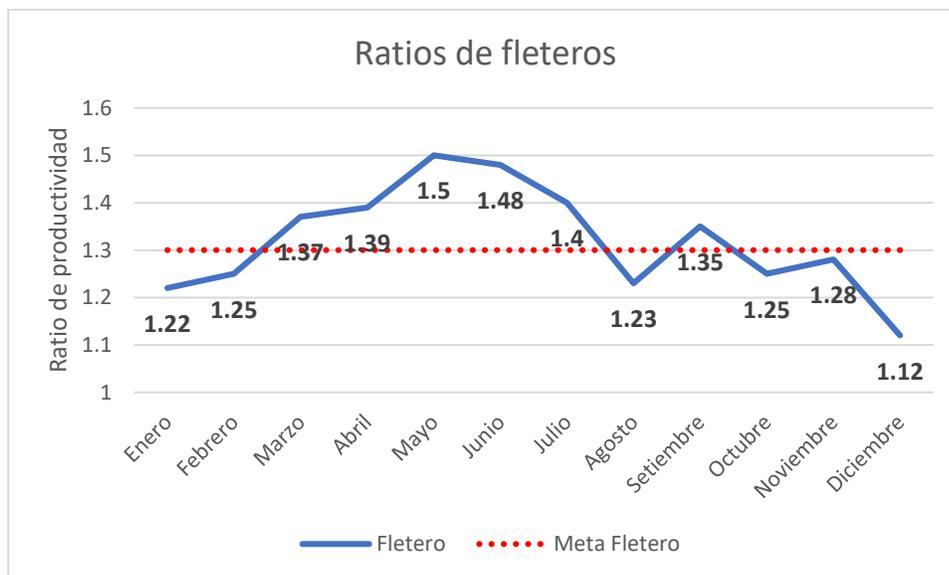
El dimensionamiento de la flota impacta directamente en costos debido a que la empresa factura a los proveedores en base a ratios de productividad que pueden variar de forma mensual. El inadecuado dimensionamiento, implica unidades sin productividad que aumenta el costo por recursos inutilizados, y en el otro escenario, implica déficit en el manifiesto por falta de unidades que afecta directamente al nivel de servicio y los costos por búsqueda de unidades back up, con un flete mayor que al establecido con la empresa que se trabaja bajo contrato.

La lógica del cálculo implica que, a mayor ratio, la tarifa a pagar a los proveedores es menor ya que se está dando mayor productividad a las unidades, sin embargo, a menor ratio de productividad la tarifa a pagar es mayor porque implica menor productividad para las unidades y por tanto la empresa contratante debe asumir la baja productividad a fin de no afectar la rentabilidad de los proveedores.

La evaluación de productividad de flota del año 2019 determinó que el dimensionamiento de flota estuvo acorde a la proyección de ventas, sin embargo, la proyección no se cumplió en su totalidad

lo que generó un desfase en pago por distribución tercera del que se había presupuestado para el año 2019.

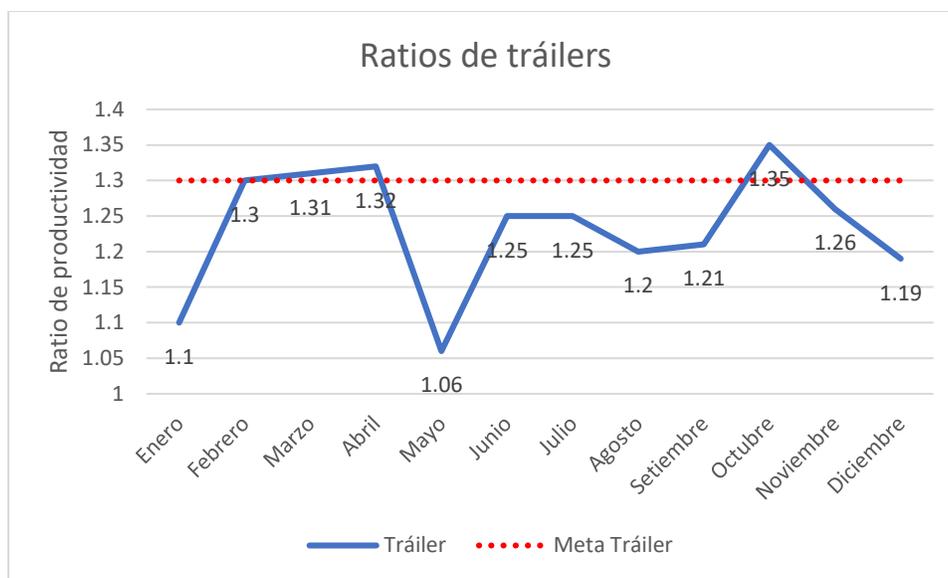
Figura 3
Ratios de productividad de fleteros



Fuente: La empresa (2019). Elaboración propia.

La Figura 3 muestra los ratios de productividad de las unidades fleteras del año 2019 vs el ratio mínimo esperado según el presupuesto, siendo el ratio de 1.5 el escenario optimista y solicitado por gerencia de cadena de suministros. La evaluación muestra que la meta no se cumplió en un 50% estando 06 meses por debajo del ratio esperado, concluyendo que exceso de unidades para la demanda real del presente año. Esto generó sobrecostos por baja productividad de unidades.

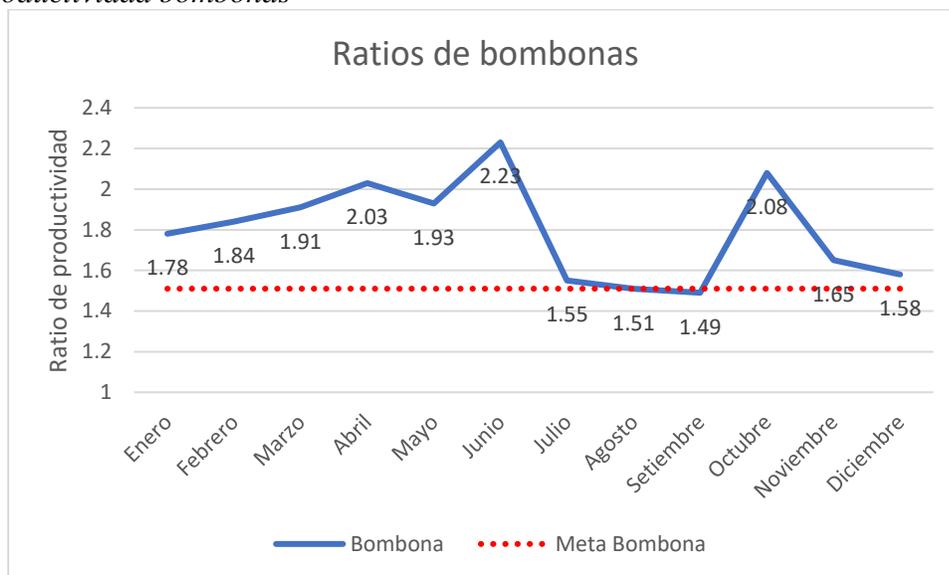
Figura 4
Ratios de productividad de tráilers



Fuente: La empresa (2019). Elaboración propia.

La Figura 4, muestra los ratios de productividad de las unidades de tráiler del año 2019 vs el ratio esperado según el presupuesto. La evaluación muestra que la meta no se cumplió en un 66.67% estando 8 meses por debajo del ratio esperado; sin embargo, por tema de servicio se acordó mantener el mismo número de unidades ya que se cuenta con amplia cartera de clientes constructores e industriales que solicitan a primera hora los pedidos.

Figura 5
Ratios de productividad bombonas



Fuente: La empresa (2019). Elaboración propia.

La figura 5 muestra los ratios de productividad de las unidades bombonas del año 2019 vs el ratio esperado según el presupuesto. La evaluación muestra que la meta estuvo por sobre la esperada durante 11 meses del año 2019, a pesar de dicha productividad generó mayor ahorro se consideró que la cantidad de unidades no fue suficiente para cumplir con los clientes según el manifiesto de servicio, tal como se muestra en la Tabla 5, los reclamos por llegadas fuera de hora representaron el 28.57% del total de los reclamos del área de transportes.

Problema Crítico 3: Inadecuada consolidación de pedidos

Este problema crítico es medido a través del indicador de ocupabilidad y aplica sólo para el tipo de unidades fleteras ya que son las unidades que realizan reparto a diferentes clientes quienes pagan sólo el flete por la cantidad de cemento que compran. En el caso de bombonas para traslado de cemento a granel y tráilers no se considera este indicador debido a que se cobra el flete por la capacidad total de las unidades y la distribución es a un solo punto.

En base al análisis de la data de costos de transporte del segundo semestre del año 2019, la consolidación de carga en unidades fleteras representó en promedio la ocupabilidad del 88.73% de las unidades estando por debajo del límite mínimo de 90% establecido por la empresa generando pagos adicionales por tonelaje no movido y asumido por la empresa de S/. 191,636.45 (Cálculo realizado en base al flete pagado a los proveedores de fleteros).

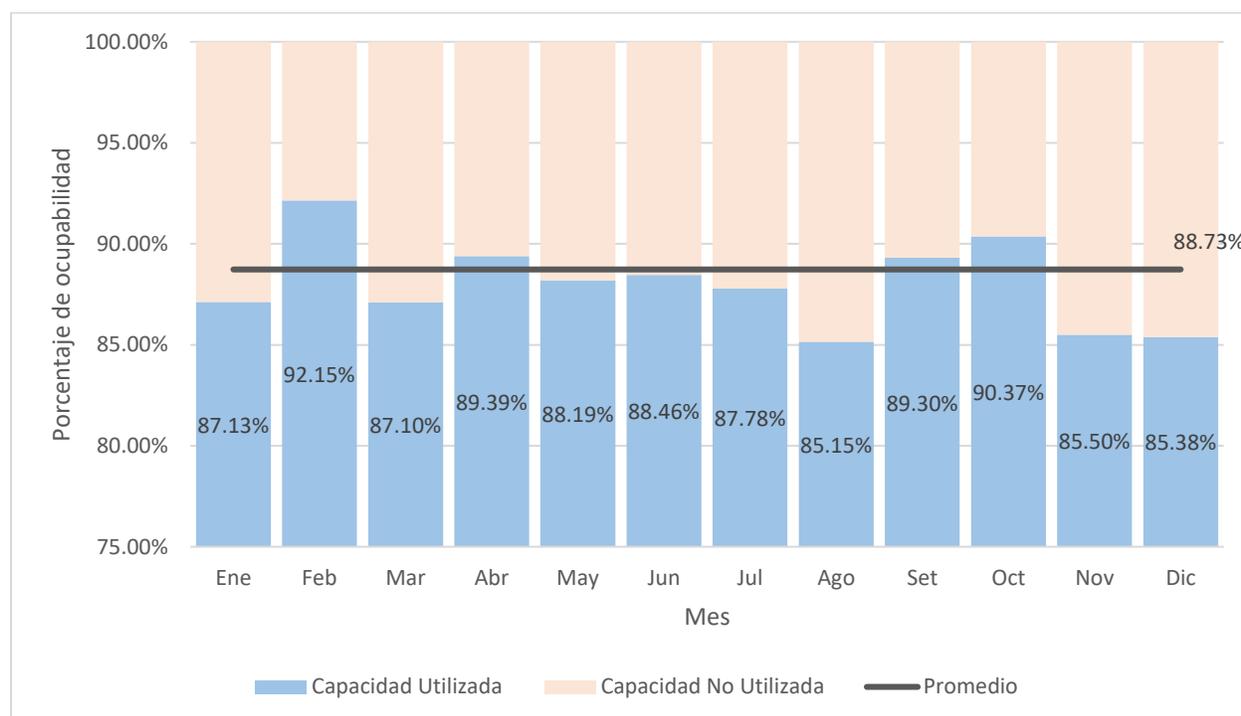
La inadecuada consolidación de carga también está relacionada a los reclamos por incumplimiento de servicio. Tal y como se mostró en la Tabla 5, el reclamo por incumplimiento de oferta logística en unidades fleteras representó el 19.05% del total de reclamos de transportes. Adicionalmente, este problema crítico genera sobrecostos de transporte cuando se generan falsos fletes (Devolución de mercadería) por llegadas fuera de la ventana horaria de los clientes aumentando el sol por tonelada transportada promedio. Tal y como se muestra en la Tabla 6 el porcentaje asignado a transportes de falsos fletes según tipo de unidad fue de 57.38%, 32.48% y 10.14, para fleteros, bombonas y tráiler respectivamente.

Tabla 6
Falsos fletes del segundo semestre 2019 según tipo de unidad

Tipo de Unidad	Falso Flete Acumulado	%
Fletero	S/.19,963.93	57.38%
Bombona	S/.11,298.22	32.48%
Tráiler	S/.3,527.51	10.14%
Total, general	S/.34,789.65	100.00%

Fuente: Elaboración propia (2019).

Figura 6
Indicador de ocupabilidad de flota en unidades fleteras 2019



Fuente: Elaboración propia (2019).

Formulación del problema

Problema general.

¿Cuánto es la reducción del costo de distribución de una empresa de cemento a través de la aplicación de la optimización de carga?

Problemas específicos.

¿Cuánto reduce el costo por kilómetro recorrido mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento?

¿Cuánto aumenta la ocupabilidad de carga transportada mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento?

¿Cuánto aumenta la productividad de flota mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento?

¿Cuánto mejora las entregas a tiempo mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento?

¿Cuánto mejora el cumplimiento por ventanas horarias mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento?

MARCO REFERENCIAL

Antecedentes

Antecedentes Internacionales

Lozada Díaz & Cadena Gonzáles (2012). En su tesis “Solución del problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo (VRPTW) mediante Métodos Heurísticos”. Tesis para optar por el Título de Ingeniero Industrial de la Universidad Industrial de Santander, Colombia. Objetivo: Solucionar el VRPTW (Problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo) mediante métodos heurísticos con el software Matlab. Metodología: La presente investigación es de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y método cuasi experimental. En el proyecto se desarrolló el modelado de algoritmos de ruteo en el programa Matlab y se realizó las comparaciones de eficiencia entre cada modelo. Conclusiones: La implementación de la herramienta brindó resultados en tiempos eficientes y mejoró el 33.33% de los programas de distribución con ventanas horarias. La relación de la tesis con el tema de investigación está enfocada a la mejora en la percepción de servicio mediante la aplicación de métodos heurísticos para realizar el ruteo de vehículos.

Castañeda Jimenez & Cardona Arias (2014). En su tesis “Implementación del Método de Ahorro para resolver el VRP aplicado al diseño de una red de logística inversa para la recolección de aceite vehicular usado generado en los puntos de acopio ubicados en Pereira”. Tesis para optar por el Título de Ingeniero Industrial de la universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Objetivo: Desarrollar la red de logística inversa óptima para la recolección de aceite vehicular en 96 puntos

generadores con 4 camiones Dong Feng. Metodología: La presente investigación es de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y método cuasi experimental. En la presente investigación se determinaron 96 puntos de acopio donde se genera aceite vehicular usado y se implementó el Método de Ahorros para determinar la ruta y cantidad de vehículos óptimo para dicha operación de transportes. Conclusiones: Se determinó que aplicando la red de logística inversa los costos operativos son menores que cuando se generan rutas sin clasificar. Adicionalmente, se determinó que la capacidad de recolección es de 13,316 galones y los 96 puntos generadores producen 11,822 galones por lo cual sólo se está usando el 89% de la capacidad de la red. La relación entre la tesis y la presente investigación se encuentra en la reducción de costos mediante la aplicación del VRP a través de un ruteo eficiente y teniendo un mejor control en la capacidad total de la red de distribución.

Fabio Maximiliano (2016). En su tesis “Planificación operativa del ruteo de vehículos y programación de cargas desde un enfoque multi-objetivo, en una red de distribución urbana de mercaderías perecederas, usando técnicas computacionales evolutivas”. Tesis para optar por el Título de Doctor en Ciencias de la administración de la Universidad Nacional del Sur, Argentina. Objetivo: Desarrollar una herramienta con enfoque multi objetivo, que ayude en la toma de decisiones para mejorar la eficiencia de la planificación de cargas en la distribución urbana de mercadería. Metodología: La presente investigación es de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y método cuasi experimental. En el presente trabajo de investigación se introdujo una nueva variante a los problemas de ruteo multiobjetivo incluyendo el objetivo de equilibrar cargas entre la disponibilidad de unidades de transporte. El nuevo algoritmo se comparó con otros métodos de ruteo convencionales logrando mayor eficiencia para todos los casos. Conclusiones:

Se obtuvo la reducción del número de vehículos requeridos para los programas de distribución, así como una mejora de 5% a 10% en las asignaciones de carga, respecto a otros programas de distribución del operador. La relación que tiene la tesis con el presente proyecto de investigación está enfocada en el tema de reducción de costos que implica mejorar la asignación de carga utilizando la cantidad necesaria para suplir la demanda.

Álvarez Hernández (2017). En su tesis “Propuesta de solución al problema de ruteo de vehículos en el operador logístico Opperar S.A. para el transporte y distribución de productos alimenticios secos del grupo Nutresa S.A.”. Tesis para optar por el Título de Ingeniero Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. Objetivo: Disminuir el número de vehículos mediante la elaboración de un plan de ruteo de vehículos distribuidores de los productos comercializados por Nutresa a través del operador logístico Opperar Colombia S.A. para la zona sur de la ciudad de Bogotá. Metodología: La presente investigación es de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y método cuasi experimental. En el presente proyecto se establece un plan de rutas para vehículos distribuidores de productos alimenticios mediante el Método de Ahorros Clarke & Wright. Conclusiones: Se logró la reducción de 01 unidad de la flota de 06 unidades. La nueva red de distribución tiene una capacidad de recolección de 15,3 toneladas y la demanda asciende a 12,13 toneladas con una utilización de flota del 79,2 %. La relación entre la tesis y el presente proyecto se encuentra en la reducción de costos de transporte a través del redimensionamiento de la flota basada en la demanda.

Zamorano Bear (2019) en su tesis “Problema de ruteo de vehículos aplicado a una empresa de mensajería y paquetería”. Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial de la Universidad

Autónoma de México, México. Objetivo: Minimizar el indicador de costo por kilo mediante la modelación de una nueva red aérea para una empresa dedicada al rubro de mensajería y paquetería. Metodología: La presente investigación es de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y método cuasi experimental. Conclusiones: Con la implementación de la nueva red, se logró mejorar la relación entre las variables capacidad, demanda, costo y horas de vuelo, aumentando la capacidad de carga en un 0,3% anual y logrando reducir en 8% el Costo por Kilo respecto a la solución empírica. La relación entre la tesis y el presente proyecto se determina a través de la búsqueda en la minimización de costos a través del control de la ocupabilidad utilizando métodos algoritmos de ruteo vehicular.

Antecedentes Nacionales

Taquía Valdivia (2013). En su tesis “Optimización de rutas en una empresa de recojo de residuos sólidos en el distrito de los Olivos”. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Objetivo: Aumentar la rentabilidad de la empresa mediante la optimización de las rutas de la recolección de residuos sólidos. Metodología: La presente investigación es de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y método cuasi experimental. El proyecto busca la implementación del modelo metaheurístico llamado “Agente Viajero” para minimizar la distancia total recorrida de los camiones de basura y generar ahorros monetarios cuantificables. Conclusiones: La implementación del programa de ruteo generara el ahorro teórico de S/. 345,600 por capacidad ociosa, S/. 145,817 por reducción de mano de obra y S/. 39,447.41 por ahorro de gasolina, la implementación del proyecto generaría una ganancia de 145% respecto a la inversión inicial con una recuperación a partir de 1.43 años. La relación entre

la tesis y el presente proyecto se basa en la implementación de ruteo vehicular basado en algoritmos para buscar la solución óptima que genere ahorros a la empresa.

Tataje Lovera & Montenegro (2015). En su tesis “Optimización de rutas de transporte en la distribución física de equipos celulares de un operador logístico en la ciudad de Lima – Perú”. Tesis para optar por el Título de Ingeniero Industrial de la Universidad Ricardo Palma. Objetivo: Determinar la reducción de la distancia recorrida mediante la aplicación de rutas óptimas de transporte. Metodología: La presente investigación es de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y método cuasi experimental. El proyecto de investigación está orientado a la optimización de rutas para la distribución de equipos celulares aplicando la metodología de programación lineal, mediante la cual se busca encontrar la ruta óptima, reducir costos de transporte y generar ahorros de tiempo. Conclusiones: La prueba de la aplicación del modelo para obtener la ruta óptima basada en reducción de distancias alcanzó reducción entre 7.9% a 47% entre la ruta simulada y la ruta real. La relación entre la tesis y el presente proyecto está basada en la reducción de costos a través de la distancia recorrida mediante la optimización de rutas.

Soto Salazar, Huamán Rioja, & Zuazo Ortiz (2016). En su tesis “Implementación de rutas de transporte para la optimización de consumo de la energía combustible en la cadena de suministro de los productos de Termoenergías del Perú S.A. en Lima Metropolitana”. Tesis para optar por el Título de Licenciado en Administración de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Objetivo: Optimizar el consumo de combustible que genera la distribución de la línea de productos de la empresa en Lima Metropolitana. Metodología: La presente investigación es de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y método cuasi experimental. En el presente proyecto se desarrollaron

02 algoritmos para establecer una hoja de ruta óptima logrando el manejo eficiente del combustible en la distribución a nivel Lima Metropolitana. Conclusiones: Con la aplicación del método de ruteo Clarke & Wriqth en el proceso de distribución se obtuvo la mayor reducción por gasto de combustible con una reducción de 36.17% respecto al promedio de gasto por combustible de los últimos tres años. La relación que guarda la tesis con el presente proyecto es la reducción de costos mediante el ahorro de combustible a través de la reducción de la distancia recorrida por unidad.

Ulfe Vega (2017). En su tesis “Sistema de soporte a las decisiones para la planificación de rutas nacionales en una courier basado en modelos de optimización y simulación”. Tesis para optar por el título de Magíster en Computación e Informática de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Objetivo: Determinar cómo mejora la planificación de las rutas nacionales de una Courier con la implementación de un Sistema de Soporte a las decisiones basado en modelos de optimización y simulación de transporte. Metodología: La presente investigación es de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y diseño preexperimental. La presente investigación implementa un sistema basado en modelos de distribución para la planificación de rutas de un Courier que distribuye a nivel nacional. Conclusiones: La implementación de un Sistema de Soporte a las decisiones basado en modelos de optimización y simulación logró reducir el tiempo de planificación en 99.54% de la media estimada (1931.6 minutos) alcanzando una nueva media de 8.7 minutos, adicionalmente se logró reducir la media del costo de la distribución por ruta en un 9.93%. La relación entre la tesis y el presente proyecto se determina mediante la reducción de tiempos en la programación de rutas a través de la automatización del proceso de planificación.

Mogollón Oviedo & Zafra Castilo (2019). En su tesis “Diseño de un modelo de distribución y transporte y su impacto en los costos del centro de distribución de la empresa Costa Gas S.A.C”.

Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial de la Universidad Privada Antenor Orrego.

Objetivo: Diseñar un modelo de red de transportes para reducir los costos de distribución de balones de gas de la empresa Costa Gas S.A.C. Metodología: La presente investigación es de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y método cuasi experimental. El presente proyecto busca la reducción de los costos de transporte de la empresa Costa Gas S.A.C de Trujillo, mediante la implementación de un algoritmo de ruteo de vehículos basado en la heurística propuesta por Clarke and Wright conocida como el algoritmo de ahorros. Conclusiones: La implementación de la propuesta de ruteo con el modelo de Clarke and Wright generó un ahorro de 17.09% por mes además de aprovechar la capacidad máxima de la flota de vehículos. La relación entre la tesis y el presente proyecto está basada en la reducción de costos operativos de transporte a través de la implementación del algoritmo de Clarke & Wright.

Estado del arte

Según Braysy & Gendreau (2005), el VRP-TW tiene un enfoque multiobjetivo, que no sólo busca minimizar el número de vehículos requeridos, sino también busca la reducción de las distancias requeridas y el tiempo de los viajes. Asimismo, este tipo de problema de ruteo tiene dos tipos de ventanas: las ventanas de tiempo blandas, que son flexibles a los tiempos de espera y demoras en las entregas de los bienes y las ventanas de tiempos duros que no permiten tiempos de espera ni llegadas tardías a los clientes.

Loor Vélez, Sánchez Villamar, & Vega Chica (2012), implementaron un modelo de programación basada en métodos computacionales con apoyo del software GAMS con el objetivo de construir el ruteo con costo mínimo para realizar el traslado de personal a diferentes entidades. Los autores concluyen que la programación matemática muestra la solución óptima, sin embargo mencionan que es poco flexible a problemas con muchas variables y para ello existen otras alternativas como los modelos heurísticos o metaheurísticos que obtienen resultados cercanos a la solución óptima y son más flexibles a mayor cantidad de variables.

Morán Villa & Núñez Ginez (2012) implementaron un algoritmo para resolver el problema de ruteo vehicular con ventanas de tiempo (VRPTW) en una empresa de venta de agroquímicos. Los autores concluyen que los algoritmos de optimización de transporte son de gran ayuda para la correcta planificación de carga permitiendo la reducción de costos y tiempos de entrega dando opción para la atención de más requerimientos o requerimientos de emergencia, mejorando de esta forma la imagen de la empresa ante los requerimientos variables del mercado.

Según Guasmayan Guasmayan (2014) los problemas de distribución consisten básicamente en asignar rutas a una flota de vehículos para realizar repartos o recojos. Asimismo, estos problemas de ruteo cuentan con diferentes restricciones como el tamaño de flota, tipo de flota, capacidad de flota, variabilidad de demanda, localización de la demanda, restricciones horarias, velocidad media de los vehículos, entre otras restricciones que permiten modelar soluciones matemáticas a problemas con alto grado de complejidad por la amplia gama de combinaciones posibles como soluciones cercanas a la óptima. Sin embargo, en los modelos no siempre se consideran restricciones de la vida real como el tráfico, normas de tránsito, clima; dichas restricciones restringen aún más los modelos matemáticos aumentando las iteraciones de los algoritmos, incurriendo en mayores tiempos computacionales para encontrar las soluciones óptimas.

Pérez Kaligari & Guerrero Rueda (2015) señalan que el ruteo vehicular con ventanas de tiempo es un problema de la logística de distribución que representa un alto grado de participación de los costos logísticos totales. El CVRP-TW busca minimizar los costos de distribución mediante el diseño de rutas para abastecer dentro de ventanas de tiempo a grupos de clientes ubicados geográficamente dispersos, sin exceder la capacidad del vehículo y desde un solo almacén.

Paredes Quevedo & Barragán Martínez (2018), evidencian que uno de los factores más complejos para establecer una solución óptima es que no existe un modelo exacto establecido, sino que se utilizan heurísticas que brindan soluciones con viabilidad, obteniendo como resultado el ruteo de la flota que deberá cubrir la demanda de los clientes con distancia mínima recorrida.

Marco teórico

Logística de distribución y transporte de carga

Según Hernández Ortiz (2016) la logística de distribución se encarga de situar la mercancía desde los centros de distribución / producción hasta los puntos destinos considerando variables como tiempo, costo y seguridad.

La calidad del servicio ofrecido a través del proceso de distribución está establecida bajo ciertos requerimientos del mercado como:

1. Puntualidad en la entrega.
2. Cumplimiento en las fechas de compromiso.
3. Seguridad del transporte.
4. Cumplimiento de condiciones comerciales.
5. Información de pedidos.

Según indica Aníbal Mora (2014) el transporte de carga permite dinamizar el flujo de los productos y constituye un pilar fundamental en la dinámica industrial, representando entre el 45% al 50% de los costos logísticos de las compañías.

Costo de Servicio

“De acuerdo con la teoría clásica de los cargos por transportación, la tarifa se basa en el costo del servicio” (William W., 2002).

El costo de servicio se entiende por los gastos reales que incluye un margen de beneficio. El costo de tarifas entre transportistas puede variar debido a que brindar el mismo servicio varía de acuerdo a la estructura de gastos de la empresa y el tipo de servicio que se requiere.

Optimización de distribución

Para las empresas es de gran importancia aumentar constantemente la rentabilidad de los pedidos, por ello, se suele implementar nuevas metodologías que les permita aumentar el ahorro de costos y aumentar la productividad de los bienes involucrados (Moveris, Moveris, 2020).

Para la presente investigación, subdividiremos el proceso de la optimización del transporte tercerizado, en dos aspectos con gran relevancia:

Optimización mediante ocupabilidad de Carga

Según Quispe (2016), la ocupabilidad es la relación entre la capacidad de uso y la capacidad total del vehículo. Este indicador está relacionado a la demanda de productos y se busca lograr una alta ocupabilidad de flota vehicular para reducir los costos de distribución.

Optimización de rutas

En la gestión de transportes, el diseño y planificación de rutas es parte fundamental del proceso y es una de las decisiones operativas que se debe tomar para cumplir con la demanda de los clientes bajo las condiciones de servicio que se le ofrecen. El control sobre el proceso de distribución a través de la planificación de rutas trae consigo notables ventajas a la empresa como:

1. Ahorro de costos de distribución:

El costo de distribución es uno de los componentes básicos del costo logístico y es un costo de tipo variable ya que depende de diversos factores como: Distancia, peso, urgencia de entrega, modalidad de envío, entre otros (Mauleón, 2012).

El control de costos en la empresa se controla a través de los indicadores costo de distribución por tonelada y costo de distribución por tonelada por kilómetro recorrido.

Otro factor que permite la reducción de costos es la reducción en el tiempo de entrega a través del aumento del ratio de productividad, ya que le empresa del presente estudio, basa la facturación a los proveedores de servicio local (Lima y Callao) basado en ratios de productividad calculados de forma mensual. Según Sumanth & Cue Mancera, (1990), la productividad es la razón entre la cantidad neta producida y la suma de los factores de insumo. La productividad de transportes según Quispe (2016), se define como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de unidades utilizadas con la cantidad de producción obtenida.

2. Ahorro de tiempos de trabajo:

La optimización de rutas permite la automatización del proceso reduciendo considerablemente el tiempo de planificación manual. Adicionalmente, una correcta planificación permite que el personal transportista no desperdicie tiempo en ruta.

3. Mejor percepción de servicio:

La optimización de rutas mejora el ratio de entregas lo que implica una mejora en la percepción de servicio de los clientes. La empresa maneja indicadores para controlar el nivel de servicio y se detallan los de mayor relevancia a continuación:

1.1. Razón de entregas a tiempo (On time delivery)

El indicador de entregas a tiempo es la relación entre las órdenes que llegaron en la fecha solicitada por el cliente y el total de órdenes de pedidos.

1.2. Razón de cumplimiento por ventanas horarias

El indicador de cumplimiento por ventanas horarias es efectivo si el pedido llega en la fecha solicitada y en el rango horario de preferencia del cliente. Este indicador se calcula a través de la relación de pedidos que llegan en el rango horario según segmentación de cliente y el total de órdenes de pedidos.

4. Adecuado dimensionamiento de flota:

El dimensionamiento de flota tiene como enfoque trabajar con la cantidad de unidades de transporte necesarias que requiere la operación en base a la demanda comercial.

Según Gavelán (2018), el dimensionamiento de flota es un aspecto fundamental en la gestión de transporte. La implementación de flota es una inversión alta para cualquier compañía, por ello el dimensionamiento de flota debe estar sustentado mediante un modelo teórico donde se demuestre la satisfacción de la demanda esperada y a la vez se dé uso un óptimo uso a la flota (Productividad alta, ocupabilidad alta, otros).

5. Mayor atención de pedidos

La reducción de tiempos de entrega permite aumentar la oferta de flota aumentando la capacidad de atención de pedidos que se brinda al área comercial.

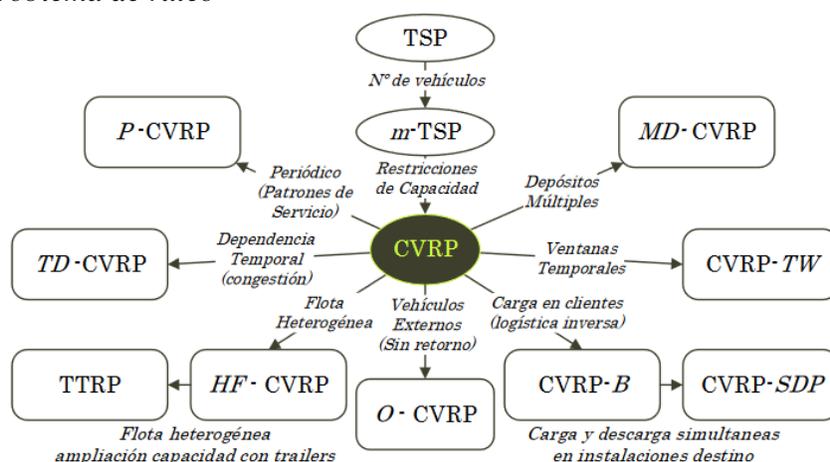
Problema de ruteo de vehículos

El problema de ruteo de vehículos (VRP por sus siglas en inglés) fue introducido por Datzing y Ramser en el año 1959. En este problema se representó una red de distribución en la cual se propuso un modelo matemático que fue una generalización del problema del agente viajero (TSP) para la solución de un problema de distribución de gasolina a estaciones de servicio.

Variantes del VRP

Existen múltiples variantes del VRP, donde se añaden diversas restricciones para lograr solucionar problemas de ruteo de vehículos más próximos a la realidad (Weise, Podlich, & Gorltd, 2009).

Figura 7
Variantes del problema de ruteo



Fuente: Fabio Maximiliano (2016)

Problema del Agente Viajero

El Problema del Agente Viajero ó Traveling Sales Problem (TSP) por sus siglas en inglés, constituye la situación general y punto de partida para la formulación de problemas de ruteo más complejos y cercanos a la realidad. El TSP dispone de un viajero o vehículo que debe visitar todos los clientes con una ruta óptima y al costo mínimo (Miguel, Frutos, & Tohmé, 2013).

Problema del Agente Viajero Múltiple

El Problema del Agente Viajero Múltiple o Multiple Traveling Sales Problems (m-TSP) por sus siglas en inglés, es una variante del TSP, donde n vendedores deben cubrir un determinado número de puntos de distribución siendo visitado cada destino por sólo uno de ellos (Miguel, Frutos, & Tohmé, 2013).

Problema de Ruteo de Vehículos

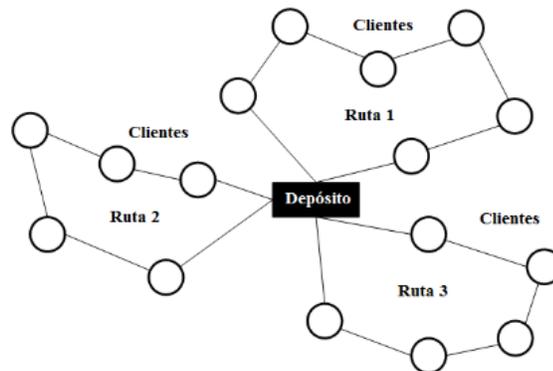
Según Weise, Podlich, & Gorltd (2009) el Problema de Ruteo de Vehículos o Vehicle Routing Problem (VRP) por sus siglas en inglés, es uno de los problemas más famosos de optimización con combinatoria de variables.

Según Miguel, Frutos, & Tohmé (2013) el VRP es una generalización del m-TSP, consiste en un conjunto de depósitos, clientes y una flota de vehículos donde se debe determinar un conjunto de rutas con costo mínimo que comiencen y termine en los almacenes visitando como máximo una vez a cada cliente. Algunas restricciones de los problemas de ruteo de vehículos son:

- Tamaño de flota
- Tipo de flota (Homogénea o heterogénea)
- Capacidad de vehículos
- Almacén (Único o múltiples)
- Demanda (Determinada, fija, estocástica o dinámica)

- Localización de puntos de distribución
- Ventanas horarias (Sin restricciones o ventanas establecidas)
- Duración de rutas

Figura 8
Ejemplo de una solución del VRP



Fuente: Miguel, Frutos, & Tohmé (2013)

Problema de ruteo de vehículos capacitados

El Problema de Ruteo de Vehículos con Restricción de Capacidad o Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) por sus siglas en inglés, es similar al clásico problema de ruteo de vehículos (VRP) con una restricción adicional que la flota de vehículos debe tener la misma capacidad y debe partir desde un solo depósito (Weise, Podlich, & Gorltd, 2009).

Las restricciones se modelan de la siguiente manera:

- Cada ruta comienza y termina en el depósito.
- Cada vehículo visita a un cliente.
- Demanda de clientes no excede la capacidad de carga del vehículo.

Problema de Ruteo de Vehículos con Restricción de Capacidad y Ventanas Horarias

El Problema de Ruteo de Vehículos con Restricción de Capacidad y Ventanas Horarias o Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows (CVRP-TW) por sus siglas en inglés, es una variante del CVRP donde se adiciona un intervalo de tiempo en el cual cada cliente puede ser atendido (Miguel, Frutos, & Tohmé, 2013).

Las restricciones se modelan de la siguiente manera:

- Cada ruta comienza y termina en el depósito.
- Cada vehículo visita a un cliente.
- Demanda de clientes no excede la capacidad de carga del vehículo.
- Las rutas comienzan y terminan dentro de una ventana de tiempo establecida.
- El costo de ruta y las penalidades por llegada fuera de TW se reduce al mínimo.

Problema de Ruteo de Vehículos Abierta

El Problema de Ruteo de Vehículos Abierta o Open Capacitated Vehicle Routing Problem (O-CVRP) por sus siglas en inglés, se enfoca en el manejo de flota externa a la compañía, por ende, la estructura de costos y la programación varía, dado que no se considera factores como el retorno de la unidad (Fabio Maximiliano , 2016).

Problema de Ruteo de Vehículos de Flota Heterogénea con Restricción de Capacidad

El Problema de Ruteo de Vehículos de Flota Heterogénea con Restricción de Capacidad o Heterogeneous Fleet Capacitated Vehicle Routing Problem (HF-CVRP) considera un grupo de vehículos que pueden diferir en capacidad, costos variables, velocidades y acceso a clientes (Irnich, Toth, & Vigo, 2014).

Problema de Ruteo de Vehículos con Restricción de Capacidad con Múltiples Depósitos

El Problema de Ruteo de Vehículos con Restricción de Capacidad con Múltiples Depósitos o Multi Depot Capacitated Vehicle Routing Problem (MD -CVRP) por sus siglas en inglés, se lleva a cabo cuando los vehículos inician y finalizan sus rutas en diferentes depósitos (Irnich, Toth, & Vigo, 2014).

Problema de Ruteo de Vehículo con retorno

Según Fabio Maximiliano (2016), el Problema de Ruteo de Vehículo con Retorno o Capacitated Vehicle Routing Problem with Backhauls (CVRP-B) es una variante del CVRP en la cual el modelo se ajusta para realizar cargas y descargas en los depósitos de los clientes. Existen dos modalidades:

- CVRP- B donde existe puntos de entrega y puntos de recolección.
- CVRP- B donde existen puntos de entrega y recolección simultáneos.

Problema de ruteo de vehículos con Patrón Periódico

El Problema de Ruteo de Vehículos con Periodicidad o Periodic Capacitated Vehicle Routing Problem (P-CVRP) es otra variante del CVRP que consiste en permitir que clientes soliciten sus pedidos bajo patrones establecidos de servicio (Ej.: Cliente solicita pedidos 3 veces por semana) y se resuelve generando un VRP para cada día establecido según lo solicitado (Fabio Maximiliano , 2016).

El Problema de Ruteo de Vehículos con Tiempos Dependientes

El Problema de Ruteo de Vehículos con Tiempos Dependientes o Time Dependent Capacitated Vehicle Routing Problem (TD -CVRP), tiene como objetivo principal la reducción de tiempos de distribución y no necesariamente la minimización del costo de transporte que suele depender de la distancia recorrida. (Fabio Maximiliano , 2016). Este tipo de modelos se implementa en escenarios donde existe densidad de tráfico y en el cual las velocidades y tiempos son fluctuantes, este modelo se representa a través de una función que determina distancia entre clientes y la hora en la que la unidad realizará el servicio.

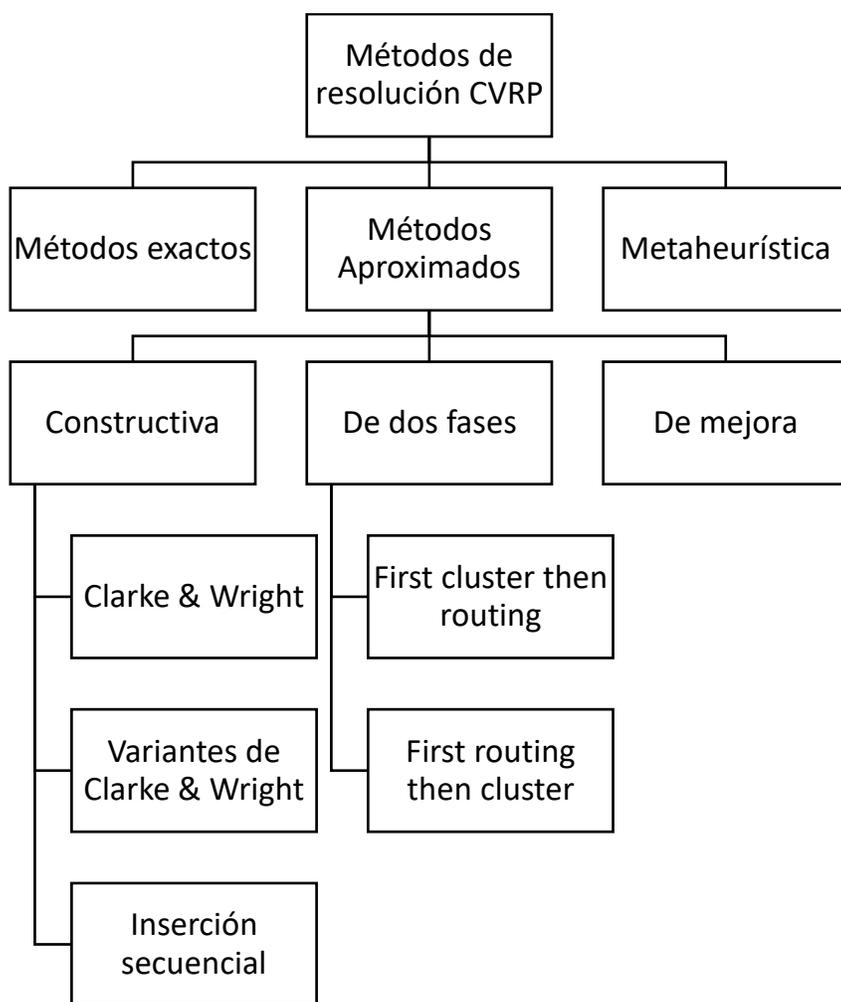
Problema de Ruteo de Camiones y Tráilers

El Problema de Ruteo de Camiones y Tráilers o Truck and Trailer Routing Problem (TTRP), considera una flota de al menos 2 tipos de vehículos (camiones y tráiler). Mientras la flota de tráiler es atractiva debido a la gran capacidad de carga existe la restricción para las condiciones de ingreso a los clientes (Irnich, Toth, & Vigo, 2014).

Clasificación de los métodos de resolución CVRP

Figura 9

Clasificación de los métodos de resolución para el CVRP



Fuente: Adaptado de Benito Quintanilla (2015)

Métodos exactos

Los métodos exactos buscan la solución óptima, sin embargo, presentan el inconveniente que presentan tiempos extensos de ejecución que aumentan exponencialmente a medida que aumenta el número de clientes lo que dificulta la aplicación práctica.

Los métodos más usados:

- Algoritmo de Branch & Bound.
- Métodos computacionales / softwares.

Métodos aproximados

Heurística clásica

1. Constructivas:

Son métodos iterativos en la cual se va creando una solución de manera gradual. El método constructivo más usado es el algoritmo de Clarke & Wright.

Los métodos más usados son:

- Algoritmo de Clarke & Wright:
- Variantes del Algoritmo de Clarke & Wright.
- Heurísticas de Inserción Secuencial.

2. De dos fases:

La heurística clásica se divide en dos tipos:

1. Método de asignar y luego rutear (First cluster then routing).
2. Método de rutear y luego asignar (First routing then clustering).

Los métodos más usados son:

- Algoritmo de barrido.
- Algoritmo de pétalos.
- Algoritmo de Fisher & Jaikuman.
- Algoritmo de Bramel & Simchi – Levi.

3. De mejora:

Mediante estos métodos se busca mejorar la calidad de la solución factible intercambiando vértices en una o distintas rutas. Este tipo de solución puede ser exacta o heurística.

Metaheurísticas

La idea básica del método de solución metaheurística es combinar métodos heurísticos para conseguir soluciones más eficientes.

Algoritmo de Ahorros de Clarke & Wright

El algoritmo de Clarke & Wright o Algoritmo de Ahorros es uno de los algoritmos más conocidos para la resolución de problemas de ruteo de vehículos (VRP). Este algoritmo utiliza una

heurística la cual construye sistemáticamente rutas de transporte buscando la solución más próxima a la óptima (García Serrano, 2012).

Notación:

- $d(i,j)$: distancia entre cliente i y cliente j

Se cumple:

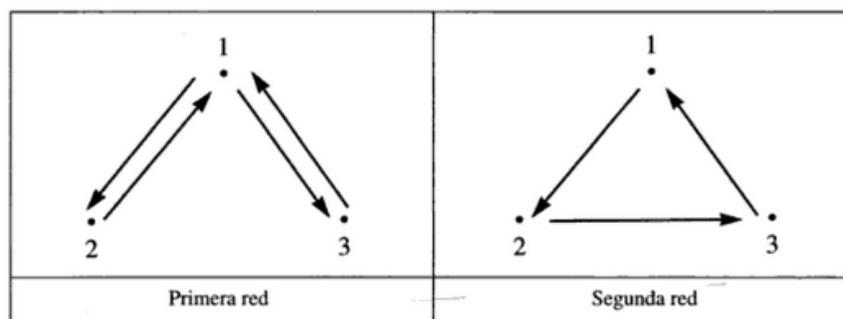
- $d(i,j) = d(j,i)$

Criterio de ahorros:

- $a(i,j) = d(1,j) + d(1,i) - d(i,j)$

Demostración de criterio de ahorros:

Figura 10
Modelos de red de distribución



Fuente: Soret Los Santos (2006)

- Primera red:

$$d(\text{Total } 1) = d(1,2) + d(2,1) + d(1,3) + d(3,1) = 2d(1,2) + 2d(1,3)$$

- Segunda red:

$$d(\text{Total } 2) = d(1,2) + d(2,3) + d(3,1)$$

- Criterio de ahorro (Ahorro de distancia recorrida):

$$A = d(\text{Total 1}) - d(\text{Total 2})$$

$$A = 2d(1,2) + 2d(1,3) - (d(1,2) + d(2,3) + d(3,1))$$

$$A = d(1,2) + d(1,3) - d(2,3)$$

Metodología:

1. Combinación de ahorros para todos los pares ordenados (i,j).
2. Ordenar los ahorros a (i,j) de mayor a menor (Mayor ahorro a menor ahorro).
3. Realizar la selección de tramos según las restricciones del modelo (Capacidad vehicular, distanciamiento entre clientes, otros).
4. Conectar otros clientes (k, l, m, otros) a coordenadas (i,j) y cerrar rutas de distribución.

Marco conceptual

Fletero

Los fleteros son un tipo de camiones con configuración vehicular N3 (3 ejes) que se utiliza en la empresa para realizar la distribución de pedidos consolidados (repartos), cabe resaltar que este tipo de unidades son las de menor dimensión en la empresa y facilita el acceso a la gran mayoría de puntos de distribución.

Los fleteros, según su tarjeta de identificación vehicular, tienen las siguientes características:

- Categoría vehicular: N3
- Marca: Mercedes Benz
- Combustible: Diesel
- Form. Rodante: 6x2
- Año modelo: 2019
- Número de ejes: 3
- Número de asientos: 3
- Número de pasajeros: 2
- Número de ruedas: 10
- Tipo de carrocería: Plataforma
- Potencia: 210@2200
- Número de cilindros: 6
- Cilindrada: 7.200

- Peso bruto: 25.000
- Peso neto: 7.845
- Carga útil: 17.155
- Longitud: 8.41 m
- Altura: 2.747 m
- Ancho: 2.6 m

Carga

La carga se define como un conjunto de bienes protegidos por un embalaje apropiado que facilite su movilización. (Castellanos Ramírez, 2015)

La empresa maneja 2 tipos de presentaciones en la distribución en unidades fleteras:

1. Ensacado:

1.1. Sacos de 42.5 kg

1.2. Sacos de 25 Kg

2. Granel

2.1. Bolsones o big bag de 2 toneladas

2.2. Bolsones o big bag de 1.5 toneladas

OBJETIVOS

Objetivo general.

Determinar cuánto es la reducción del costo de distribución de una empresa de cemento a través de la aplicación de la optimización de carga.

Objetivos específicos

Determinar cuánto reduce el costo por kilómetro recorrido mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento

Determinar cuánto aumenta la ocupabilidad mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento.

Determinar cuánto aumenta la productividad de flota mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento.

Determinar cuánto mejora las entregas a tiempo mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento.

Determinar cuánto mejora el cumplimiento por ventanas horarias mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Teórica

Hernández Sampieri (2014) sostiene que la investigación tiene justificación teórica si la información puede revisar, desarrollar o apoyar una teoría.

La optimización de carga del presente proyecto está basada en la automatización del proceso en base al método heurístico de valoración de ahorros de Clarke-Wright cuya finalidad es minimizar la distancia total recorrida, así como la minimización de unidades. Según Ballou (2004) este método es flexible para manejar un amplio rango de restricciones en transporte y genera soluciones de ruteo que están a 2% del óptimo. La presente investigación se justifica teóricamente, ya que apoya la teoría con respecto a optimización de rutas, flujo máximo, asignación y ocupabilidad.

Práctica

Hernández Sampieri (2014) sostiene que la investigación tiene justificación práctica cuando el desarrollo del proyecto ayuda a resolver un problema real.

La particularidad de los despachos en unidades fleteras muestra que a pesar de que la demanda unitaria por cliente es menor que la demanda de los consumidores que solicitan en otros tipos de unidades, ésta representa el mayor volumen de clientes de la empresa. En el año 2019 la cantidad de órdenes que fueron atendidas en unidades fleteras representó el 65.50% y el 30.94% del

volumen de ventas, siendo el sector de distribución que podría significar el posicionamiento de la marca. Esto implica un sector de estudio atractivo para la evaluación e implementación de mejoras. La presente investigación se justifica en forma práctica, porque la aplicación de herramientas de ingeniería permitirá resolver un problema real en la industria cementera.

Social

Hernández Sampieri (2014) sostiene que la investigación tiene justificación social si existen grupos beneficiados con los resultados de la investigación.

La presente investigación se justifica socialmente, porque tiene impacto social. El primer impacto social positivo que otorgará la automatización del proceso de programación de la distribución es el beneficio a los programadores que realizan a diario esta tarea y quienes tienen un tiempo establecido y estandarizado de 2 horas la cual no deben exceder, logrando disminuir el estrés y carga administrativa al personal de transportes de la empresa, pudiendo usar el tiempo ahorrado de la programación en otras actividades.

El segundo impacto social positivo es para el personal de estiba y conductores, quienes esperan el reporte de programación durante la noche para conocer su turno de ingreso del día siguiente, quienes en varias ocasiones han solicitado al área de transportes enviar el reporte lo más temprano posible.

El tercer impacto positivo es para el área de almacén quien revisa la programación para preparar el material de los envíos durante la madrugada y para el área de ventas quienes verifican la prioridad que tienen sus pedidos según el reporte de programación enviado para comunicar a los clientes las horas estimadas de llegada de la mercancía.

HIPÓTESIS

Hipótesis general:

H₁: La aplicación de la optimización de carga reduce el costo de distribución en una empresa de cemento.

H₀: La aplicación de la optimización de carga no reduce el costo de distribución en una empresa de cemento.

Hipótesis específica

H₁: La aplicación de la optimización de carga reduce el costo por tonelada promedio por km recorrido una empresa de cemento.

H₀: La aplicación de la optimización de carga no reduce el costo por tonelada promedio por km recorrido una empresa de cemento.

H₂: La aplicación de la optimización de carga aumenta la ocupabilidad en una empresa de cemento.

H₀: La aplicación de la optimización de carga no aumenta la ocupabilidad en una empresa de cemento.

H₃: La aplicación de la optimización de carga aumenta la productividad de flota en una empresa de cemento.

H₀: La aplicación de la optimización de carga no aumenta la productividad de flota en una empresa de cemento.

H₄: La aplicación de la optimización de carga mejora las entregas a tiempo en una empresa de cemento.

H₀: La aplicación de la optimización de carga no mejora las entregas a tiempo en una empresa de cemento.

H₅: La aplicación de la optimización de carga mejora el cumplimiento por ventanas horarias en una empresa de cemento.

H₀: La aplicación de la optimización de carga no mejora el cumplimiento por ventanas horarias en una empresa de cemento.

Alcances

El presente proyecto está enfocado al análisis y optimización de costos de servicio ofrecidos a los clientes en unidades fleteras. El proyecto abarca el sector Lima Metropolitana y la Provincia Constitucional del Callao, siendo los distritos más lejanos:

- Al Norte: Distrito de Ancón.
- Al Noroeste: Provincia de Huarochirí (Lima).
- Al Este: Distrito de Chaclacayo.
- Al Sureste: Distritos de Cieneguilla y Pachacamac.
- Al Sur: Distrito de Pucusana.

Limitaciones

El análisis toma como referencia el año 2019 y evalúa la información post implementación del proyecto de automatización. No comprende la evaluación de años anteriores debido a que hubo modificación de costos de flete de las unidades fleteras por lo cual existiría variaciones al momento de la evaluación y comparación de datos por año. Adicionalmente, las zonas de transporte de los pedidos que no se encuentren delimitados entre los distritos más lejanos a los polos de los puntos cardinales serán considerados como pedidos de provincia y la programación no tomará en cuenta los mismos.

MARCO METODOLÓGICO

Metodología

La presente investigación es de tipo aplicada porque busca resolver un problema (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, Metodología de la Investigación, 2014).

En el estudio se aplican métodos teóricos de ruteo y algoritmos de programación para mejorar el proceso de ruteo para la distribución.

Asimismo, la presente investigación, según el nivel de estudio, corresponde a un diseño de tipo explicativo. Se explicará cómo la optimización de carga a través de la automatización reducirá el costo de distribución, nos apoyaremos en simulaciones de transporte con data real para las pruebas.

Enfoque

Según Hernández Sampieri (2014) “El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías”.

El estudio de la investigación optará por un análisis cuantitativo explicativo. Una vez implementada la automatización del proceso de distribución se buscará probar la hipótesis planteada a través de los nuevos resultados reflejados en los indicadores de transporte. Los

resultados ayudarán a encontrar la correlación entre las variables costo de distribución y optimización de transporte.

Paradigma

El paradigma positivista refiere que los conocimientos pueden conseguirse de manera empírica a través de procedimientos y métodos. Este conocimiento es un objeto medible y es susceptible a análisis numérico y control experimental (Ricoy Lorenzo, 2006).

Dada la definición, la presente investigación presenta un paradigma positivista ya que el estudio tiene un propósito cuantitativo y se apoya en la estadística para sustentar la investigación que busca comprobar la hipótesis planteada.

Método

Según Hernández Sampieri (2014), los diseños cuasi-experimentales manipulan deliberadamente al menos una variable independiente para ver su efecto sobre uno o más variables dependientes y difiere respecto a los diseños experimentales en que los grupos de estudio ya están formados antes del experimento.

El método de la presente investigación es cuasi experimental debido a que tiene un diseño con pre y post prueba en base a data real para optimizar la variable dependiente con la finalidad de reflejar los resultados sobre la variable dependiente.

VARIABLES

Variable independiente

Según Hernández Sampieri (2014), la variable independiente es la condición antecedente y es aquella que se considera como supuesta causa en una relación entre variables.

Se define como la variable independiente de la investigación, la aplicación de la optimización de carga, la cual será aplicada a través de la automatización del proceso de programación.

Ponsa Ascencio & Vilanova Arbós (2005) define como automatización a la aplicación de la automática al control de procesos. Según la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España este concepto se define como la sustitución del personal en tareas con programación previa para realizar las mismas funciones.

Para la presente investigación, se define al proceso de automatización de programación de carga a la aplicación de un algoritmo que replique la lógica de los programadores de transporte al consolidar carga, con el enfoque que dicha actividad se ejecute en corto tiempo, aplicando todas las restricciones de transporte que involucra el negocio y optimice el uso de los recursos sin sacrificar el nivel de servicio.

Indicador Aplicación de la Optimización

Valores:

1: Sí se aplica la optimización de la carga.

0: No se aplica la optimización de la carga.

Variable dependiente

“La variable dependiente no se manipula, sino que se mide para ver el efecto que la manipulación de la variable independiente tiene en ella” (Hernández Sampieri, Metodología de la investigación, 2014).

Según Sánchez Ugalde (2015) el costo de servicio, son todos los costos que se asocian a la elaboración de bienes o prestación de servicios mediante la cual las empresas obtienen sus ingresos.

Para la presente investigación, se define como variable dependiente de la presente investigación, al costo de distribución, el cual será medido por dimensiones, con sus respectivos indicadores:

Recuperación de flete

El cálculo implica mostrar de manera general si durante un intervalo de tiempo, se ha subsidiado flete o ha habido utilidades a través del servicio de distribución que ofrece la empresa. La recuperación del flete cobrado se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Recuperación de Flete} = \frac{\text{Flete Cobrado a Clientes}}{\text{Flete Pagado a Proveedores}} * 100\%$$

Indicador Costo

La empresa controla los costos globales de distribución a través de dos indicadores de costo que están medido en las unidades (S/. x ton) y (S/. x ton x km recorrido) respectivamente y se calcula a través de las siguientes fórmulas:

$$(1)\text{Costo promedio} = \frac{\text{Flete Pagado a proveedores}}{\text{Tonelaje movido en intervalo de tiempo}}$$

$$(2)\text{Costo x Km recorrido promedio} = \frac{\left(\frac{\text{Flete Pagado a proveedores}}{\text{Tonelaje movido en intervalo de tiempo}} \right)}{\text{Km promedio x Viaje}}$$

La optimización de rutas consolidadas debe traer consigo la reducción de costos. Sin embargo, para comparar la eficiencia se debe evaluar el costo promedio por km recorrido ya que el costo general puede variar dependiendo las zonas de distribución que se atiendan durante un periodo de tiempo. La lógica implica, mientras más lejanas sean las zonas de atención, el costo promedio por tonelada será mayor debido a que se pagará más flete por distancia, pero debe ser compensado con el kilometraje del viaje.

Indicador Ocupabilidad

Considerando que la empresa de estudio realiza el pago a los proveedores de los fleteros por viaje de 17 toneladas indistintamente sea el peso cargado en las plataformas, es que el área de planeación de transporte se enfoca en controlar la ocupabilidad por viaje de cada unidad, ya que el desaprovechamiento de la capacidad del vehículo implicaría sobrecostos en la distribución.

La ocupabilidad de flota en el área de transportes de la empresa, se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Ocupabilidad de flota} = \frac{\text{Carga programada en unidades}}{\text{Capacidad de carga de unidades}} * 100\%$$

Indicador Productividad

La productividad de flota en el área de transportes de la empresa se calcula a través de la siguiente fórmula y es conocido como el ratio promedio de vueltas por unidad, cabe resaltar que a mayor ratio de productividad las tarifas que se pagan a los proveedores son menores de acuerdo al ratio en el que se encuentre el indicador mensual en base al contrato negociado con los proveedores:

$$\text{Productividad de flota por mes} = \frac{\text{Número de viajes en el mes}}{\text{Unidades disponibles en el mes}}$$

Indicador Entregas a Tiempo

El área de transportes de la empresa controla el cumplimiento de entregas en las fechas a través del indicador de Entregas a Tiempo o también conocido como el indicador On Time Delivery y se efectúa a través de la siguiente fórmula:

On time delivery

$$= \frac{\text{Número de pedidos que llegaron en la fecha solicitada}}{\text{Número de pedidos}} * 100\%$$

Indicador Entregas a Tiempo por ventana horaria

Otro indicador que se utiliza de manera interna para controlar el nivel de servicio es el cumplimiento de entregas según ventanas horarias o también conocido como el indicador Time Window On Time Delivery y se efectúa a través de la siguiente fórmula:

Cumplimiento por ventanas horarias

$$= \frac{\text{Número de pedidos que llegaron dentro de la ventana horaria}}{\text{Número de pedidos}} * 100\%$$

POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

La población o universo es un conjunto de individuos que tienen características o propiedades que son de interés de estudio. El autor menciona que cuando se conoce el número de individuos que componen la población se denomina población finita y cuando el número se desconoce se denomina población infinita (Icart Isern, Fuentelsaz Gallego, & Pulpón Segura, 2006).

La población del presente proyecto de investigación está conformada por la totalidad de entregas, que son los viajes con unidades fletadas contabilizadas durante el año 2020.

Muestra

La muestra es un subconjunto de la población que debe ser representativa de la población, para lo cual se deben utilizar adecuadamente las técnicas de muestreo. (Icart Isern, Fuentelsaz Gallego, & Pulpón Segura, 2006).

La muestra pre-test y post-test fue determinada mediante un muestreo polietápico por conveniencia y se seleccionó el mes de julio debido a que en los años de estudio este mes presentó por tendencia un mayor volumen de ventas y se determinó por muestreo de tipo aleatorio el último día del mes para seleccionar los programas de la muestra, debido a que por tendencia general, este día presenta

uno de los mayores volúmenes ya que se requiere cumplir una cuota especial para alcanzar o superar las ventas presupuestadas.

Para el presente proyecto se tomará un nivel de confianza de 90%, el error admitido será de 10% con una probabilidad del 95%. Se aplicará la siguiente fórmula para el cálculo del tamaño de muestra:

$$n = \frac{NZ^2pq}{Z^2pq + e^2(N - 1)}$$

$$n = \frac{(6561)(1.65)^2(0.95)(0.05)}{(1.65)^2(0.95)(0.05) + (0.1)^2(6561 - 1)}$$

$$n = 12.9083997 \cong 13$$

Donde:

n = tamaño de muestra

N = Tamaño de la población = 6561

q = probabilidad en contra = 0.05

p= probabilidad a favor = 0.95

e= error de estimación = 0.1

Z= Nivel de confianza = 1.65

UNIDAD DE ANÁLISIS

Para el presente proyecto se ha definido como unidad de análisis el programa de entrega dado que será el elemento base de estudio para validar la optimización de la distribución a través de los indicadores de costos y servicio.

TÉCNICA E INSTRUMENTOS

Técnica

Según Gil Pascual (2016), las técnicas de recolección de información engloban todos los medios técnicos necesarios para registrar las observaciones o facilitar su tratamiento.

Fuentes primarias

Para obtener información de fuentes primarias es necesario realizar un proceso de recolección basado en los datos que brinda el mercado con el propósito de satisfacer la necesidad de lograr una investigación concreta (Fernández Nogales, 2004). En la presente investigación, se utilizó como técnica primaria la observación, búsqueda documental y bases de datos de volúmenes y fletes.

Fuente secundaria

Las fuentes secundarias proporcionan información que ha sido elaborada previamente, información que puede ser recolectada de estadísticas, libros, estudios de investigación previos, entre otros (Fernández Nogales, 2004). Para la presente investigación se utilizó como fuentes secundarias tesis relacionadas al tema de estudio y referencias de libros.

Instrumentos

Los instrumentos permiten la recolección y almacenamiento de la información obtenida. Para la aplicación, se debe validar que reúnan dos cualidades fundamentales: validez y confiabilidad (Ñaupas Paitán, Mejía Mejía, Novoa Ramírez, & Villagómez Paucar, 2014).

Para el tratamiento de datos se realizó un cuadro comparativo de costeo de fletes históricos pagados, productividad, ocupabilidad de flota e indicadores de servicio.

Procedimiento y método de análisis

El proceso de automatización se llevó a cabo a través de VBA utilizando como referencia el modelo de optimización de rutas propuesto por Clarke & Wright. El proyecto inicia con la idea de replicar las actividades de los programadores de transporte y estandarizar el proceso según las restricciones que tiene la empresa según el tipo de unidad, tipos de clientes, ventanas horarias, clientes con acuerdos especiales, entre otros. Este proceso que se realiza por distintos programadores tenía mucha variabilidad en la elaboración de las rutas de acuerdo al criterio del

personal a cargo y en muchas ocasiones existían errores en la programación que se hacían notorias durante la entrega física de los productos.

El proyecto de automatización tiene como función la estandarización y ejecución en corto plazo de las siguientes actividades:

1. Consolidación de pedidos

Se tiene en cuenta las siguientes restricciones que fueron establecidas en base a experiencia previa de distancias empíricas consideradas durante programaciones manuales:

- Máximo 17 km de distancia entre cada cliente para consolidar los 4 primeros pedidos.
- Máximo 15 km de distancia entre el 4to y 5to punto.
- Máximo 17 toneladas o 400 sacos por unidad.

2. Distribución de pedidos

La distribución de pedidos tiene las siguientes consideraciones:

- Los clientes de tipo industriales y constructores tienen prioridad de entrega frente a clientes de tipo distribuidor y ferreteros.
- Mientras un pedido consolidado tenga mayor cantidad de clientes industriales, éste tendrá mayor prioridad de ir en 1era vuelta debido a las ventanas horarias estipuladas según manifiesto de servicio.
- Clientes con acuerdo comercial especial tienen prioridad de primera vuelta indistintamente el tipo de sector al que pertenecen.
- Si un cliente solicita más de un pedido que ocupe fleteros completos para una misma obra, uno de los pedidos irá en primera vuelta los demás en segunda o tercera vuelta según la disponibilidad de flota.

3. Análisis de tiempos estimados de llegada de las primeras vueltas al almacén

- Se considera un promedio de velocidad de las unidades de 40 km/h para el cálculo de los tiempos estimados
- Las fórmulas para el cálculo de los tiempos estimados se detallan a continuación:
 - ✓ **Tiempo de ida a 1er cliente** = 07:00 horas + ((Distancia entre almacén y 1er punto) / (40 km/h))
 - ✓ **Tiempo retorno** = (Distancia entre almacén y último punto) / (40 km/h)
 - ✓ **Tiempo de ida a cliente n** = (Distancia entre clientes) / (40 km/h)
 - ✓ **Tiempo de descarga de Big Bag** = 30 minutos
 - ✓ **Tiempo de descarga de Sacos** = (Tonelaje) * (5:18 min) – Se ha considera descarga de unidad completa en 90 minutos
 - ✓ **Tiempo de espera** = 24 minutos
 - ✓ **ETA (Tiempo estimado de llegada a almacén)** = (Tiempo ida a 1er Cliente) + (Tiempo de ida entre cliente) + (Tiempo de descarga big bag o sacos) + (Tiempo de espera por cliente) + (Tiempo retorno)

4. Evaluación de Costos:

La evaluación de costos está basada en los ratios de productividad y se ingresa de acuerdo al ratio de productividad calculado del mes precedente. Las fórmulas utilizadas para calcular los indicadores internos de costos son:

- ✓ **Ocupabilidad** = ((Tonelaje por ruta) / 17)*100%
- ✓ **Costo de Flete** = (Costo de destino más lejano) * 17
- ✓ **Costo Real Teórico** = (Costo Total) * Ocupabilidad
- ✓ **Costo Asumido** = (Costo de Flete) * (1 – Ocupabilidad)

- ✓ **Flete Cobrado** = $\sum ((\text{Tonelaje x Cliente}) * (\text{Flete cobrado a cliente según distrito}))$
- ✓ **Flete Recuperado (S/.)** = (Flete Cobrado) – (Costo Total)
- ✓ **Flete Recuperado (%)** = $((\text{Flete Cobrado}) / (\text{Costo Total})) * 100\%$

5. Registro diario de costos de distribución en Base de Datos.

Como parte de un registro diario para control de los costos se establece que la información de la programación se almacene en un base de datos para evaluar la tendencia de los indicadores de costos y tomar mejores decisiones basadas en la información que se obtiene del programa diario de distribución, evitando tomar decisiones tardías al evaluar de manera semanal o mensual.

RESULTADOS

Los problemas críticos determinados a través de la matriz Vester (Ver Figura 4) se evaluaron post distribución, a través del seguimiento de los indicadores de costos y servicio con periodicidad semanal, mensual, trimestral y semestral. Esta evaluación permitió determinar que la propuesta de mejora del proyecto debía implementarse en la etapa inicial del proceso de distribución enfocando la mejora en el proceso de programación mediante la cual se podría anticipar reducción de costos e incremento en el servicio percibido por los clientes.

La implementación del proyecto de automatización ha reemplazado el método manual y tradicional el cual se utilizó durante 13 años en la empresa. El proceso consta de los siguientes pasos:

1. Exportar pedidos locales con entrega del día posterior al de la programación.
2. Programación de rutas
3. Ingreso de datos a sistema SAP.

El proceso de programación tenía una media estimada de 74 minutos y post implementación este proceso se redujo a 22 minutos con 55 segundos. Adicionalmente, a través de la automatización del proceso se ha logrado la reducción de errores en la elaboración de rutas. A continuación, se detalla el nuevo proceso de distribución del cemento (Ver Anexo V y Anexo VI) con la inclusión del algoritmo de programación que fue elaborado basado en la propuesta de Clarke & Wright con las respectivas restricciones de transporte que exige el negocio (Ver Anexo IV).

Debido a la paralización de un mes en las operaciones de la empresa en abril de 2020 por la pandemia ocasionada por el COVID -19, los resultados post implementación del proyecto han sido evaluados a partir del mes de Julio 2020 ya que fue el mes en la cual las ventas de la empresa se estabilizaron y se ha comparado con el periodo equivalente del año precedente.

Indicador Costo por km recorrido antes y después de la implementación

El indicador mostró una reducción de S/. 0.06 en el flete pagado por kilómetro recorrido. Para el cálculo se ha considerado el flete total pagado por periodo y el kilometraje total recorrido de unidades fleteras.

Tabla 7

Costo promedio por km recorrido antes y después de la implementación (Segundo Semestre 2020 – 2021)

Costo promedio	Periodo	Flete por Km recorrido
Costo por km recorrido anterior	Julio - Diciembre 2019	S/0.27
Costo por km recorrido post implementación	Julio - Diciembre 2020	S/0.21
Impacto		-21.21%

Fuente: La empresa (2021). Elaboración propia

Indicador Ocupabilidad de carga antes y después de la implementación

El área de transportes tiene como objetivo utilizar la capacidad más cercana a las 17 toneladas de carga útil al momento de consolidar los pedidos para formar las rutas de distribución. Esto es importante debido a que el costo de la capacidad no utilizada es asumido por la empresa.

La ocupabilidad de carga promedio del periodo 2020 tuvo un incremento del 5.20% superando el límite mínimo establecido por la empresa de 90%. Para comparar los periodos se ha calculado el flete facturado a proveedores multiplicando por la capacidad no utilizada y prorrateando entre el tonelaje de cada periodo. El flete asumido por tonelada disminuyó en 48.42% (Ver Tabla 8).

Considerando que la empresa factura por viaje de 17 toneladas indistintamente el peso que lleve, el incremento de carga por unidad representa un ahorro que se refleja en el costo general de distribución.

Tabla 8
Ocupabilidad antes y después de la implementación (Segundo Semestre 2020 – 2021)

Ocupabilidad	Periodo	Resultado	Flete Pagado	Volumen	Flete Asumido	Flete Asumido prorrateado
Ocupabilidad Anterior	Jul -Dic 2019	87.25%	S/1,700,412.14	61976.35	S/216,858.66	S/3.50
Ocupabilidad Post implementación	Jul - Dic 2020	92.45%	S/1,405,392.12	58796.11	S/106,107.10	S/1.80
Impacto		5.20%				-48.42%

Fuente: La empresa (2021). Elaboración propia

Indicador Productividad antes y después de la mejora

Basado en la evaluación de productividad del periodo 2019 y en el presupuesto de ventas del 2020 se realizó el redimensionamiento de la cantidad de unidades fleteras necesarias. Considerando que la ocupabilidad de flota incrementaría en al menos 2,75% dando un alcance de mejor consolidación de rutas y mayor ingreso de mercadería por unidad, se determinó que era necesaria la reducción de 4 unidades de la flota general de fleteros para alcanzar 1.5 vueltas promedio por unidad. Por lo cual se estableció la cantidad de unidades necesarias en la licitación del año 2020. Esta reducción de recursos permitió el incremento en la productividad del segundo semestre del año 2020 que se refleja en el resultado de 1.52 vueltas promedio por unidad (Ver Tabla 9).

Tabla 9

Productividad antes y después de la implementación (Segundo Semestre 2020 – 2021)

Productividad	Periodo	Resultado
Productividad antes de la implementación	Julio - Diciembre 2019	1.27
Productividad post implementación	Julio - Diciembre 2020	1.52
Impacto		19.69%

Fuente: La empresa (2021). Elaboración propia

Este incremento en la productividad refleja un ahorro en el pago de flete a proveedores de S/. 179,290.61.

Tabla 10

Ahorro por diferencia de ratios de productividad de flota

Item	S/.	Volumen	Ahorro
Diferencia por ratio promedio entre periodos	S/3.05	58,796.11	S/179,290.6061

Fuente: La empresa (2021). Elaboración propia

Indicador Entregas a Tiempo

Entregas a tiempo es el indicador que refleja el cumplimiento de entrega de los productos en el día solicitado por el cliente, la gestión del cumplimiento mejoró 0.79% respecto al periodo anterior de evaluación, esta mejora se llevó a cabo gracias al control de tiempos durante la operación de seguimiento. Para lograr realizar entregas efectivas en el día solicitado, se mejoró internamente el tema de comunicación con área comercial quienes transmiten oportunamente la información a los clientes, además que en el año de implementación se empezaron a respetar los tiempos de espera establecidos según el manifiesto de servicio (40 minutos de espera) con la finalidad de cumplir con las rutas de transporte establecidas según la programación.

Tabla 11

Entregas a Tiempo antes y después de la implementación (Segundo Semestre 2020 – 2021)

Razón de Entregas a Tiempo	Periodo	Resultado
Entregas a Tiempo antes de la implementación	Julio - Diciembre 2019	98.31%
Entregas a Tiempo post implementación	Julio - Diciembre 2020	99.10%
Impacto		0.79%

Fuente: La empresa (2021). Elaboración propia

Indicador Entregas a Tiempo por ventana horaria

El indicador de entregas a tiempo por ventana horaria refleja el cumplimiento de las entregas efectivas según los rangos horarios establecidos según lo que indica el manifiesto de servicio. La

gestión del cumplimiento mejoró 6.20% respecto al periodo anterior de evaluación. Este indicador está ligado al indicador de entregas a tiempo, sin embargo, el indicador de entregas por ventana horaria es el que mayor efecto tiene en la percepción de servicio.

Para llevar un mejor control del indicador, se incluyó en el algoritmo de programación las prioridades respectivas considerando como prioridad a clientes constructores e industriales, como segunda prioridad a distribuidores y en tercer lugar a clientes ferreteros. Esta condición en el algoritmo permitió minimizar el error en programación al desconocer el tipo de sector al que pertenecen los clientes ya que toma en cuenta la base de datos de clientes de la empresa brindada y actualizada por el área de enfoque al cliente.

Tabla 12
Entregas a Tiempo por Ventana Horaria antes y después de la implementación (Segundo Semestre 2020 – 2021)

Razón de Entregas por Ventanas Horarias	Periodo	Resultado
Cumplimiento por Ventanas Horarias Antes de la implementación	Julio - Diciembre 2019	87.70%
Cumplimiento por Ventanas Horarias post implementación	Julio - Diciembre 2020	93.90%
Impacto		6.20%

Fuente: La empresa (2021). Elaboración propia

Adicionalmente, los reclamos por incumplimiento de entregas en unidades fleteras se redujeron en 31.67% en un periodo de 3 meses antes y post implementación del proyecto.

Es necesario acotar que el tema de servicio es sumamente importante y debe estar de la mano con el costo, ya que ofrecer un mal servicio implica perder ventas por la alta oferta que brinda el mercado en el rubro del cemento en nuestro país.

Indicador Costo Global de distribución antes y después de la implementación

Este indicador, engloba la gestión económica del área. El objetivo es no superar el presupuesto del año para lo cual se deben hacer esfuerzos para controlar los gastos y así llevar a cabo una gestión de costos eficiente. La variabilidad de los indicadores está relacionada a factores como la ocupabilidad y productividad. Adicionalmente, existe un gasto asumido por la empresa que no es irrelevante ya que impacta directamente en los costos y es uno de los más complejos de controlar. Este gasto son los falsos fletes o devoluciones de mercadería. El cuadro adjunto muestra el gasto generado por falsos fletes asignados a flota prorratedos por el tonelaje del periodo evaluado debido a que es la manera mediante la cual se compara la gestión de cada periodo bajo el mismo parámetro. Se observa que ha existido una reducción en el gasto de falsos fletes de S/. 0.09 por tonelada, con una reducción total de S/6,297.55 entre cada periodo, por ende, es un factor que ha impactado a favor en la reducción del costo global de distribución. La gestión para la reducción de falsos fletes está ligada a los indicadores de cumplimiento, ya que los retornos de mercadería asignados al área de transportes se generaron por incumplir con las fechas u horarios de entrega solicitados u ofrecidos a los clientes.

Tabla 13

Falsos Fletes antes y después de la implementación (Segundo Semestre 2020 – 2021)

Falsos Fletes	Periodo	S/. Falso Flete	Toneladas	S/. Falso flete prorrateado
Falso flete anterior	Julio - Diciembre 2019	S/19,963.93	61,976.35	S/0.32
Falso flete post Implementación	Julio - Diciembre 2020	S/13,666.38	58,796.11	S/0.23
Impacto		S/6,297.55	0.00	-27.84%

Fuente: La empresa (2021). Elaboración propia

Finalmente, la evaluación de los segundos semestres de los años 2019 y 2020 se observó una reducción de S/. 3.53 por tonelada movida (Ver tabla) y de S/. 0.06 por kilómetro recorrido (Ver tabla).

Tabla 14

Costo promedio antes y después de la implementación

Costo promedio	Periodo	Flete Pagado	Volumen	Flete por Tonelada
Costo por tonelada antes de implementación	Julio - Diciembre 2019	S/ 1 700,412.14	61,976.35	S/27.44
Costo por tonelada post implementación	Julio - Diciembre 2020	S/ 1 405,392.12	58,796.11	S/23.90
Impacto				-12.88%

Fuente: La empresa (2021). Elaboración propia

Por diferencia de fletes entre periodos la gestión ha representado un ahorro teórico de S/. 207,765.41. Esta reducción de costos se debió al aumento

Tabla 15
Ahorro por diferencia de fletes entre periodos 2019-2020

Item	S/.	Volumen	Ahorro
Diferencia de fletes por tonelada	-S/3.53	58,796.11	-S/207,765.41

Fuente: La empresa (2021). Elaboración propia

Tabla 16
Resumen de resultados

Variable	Indicador	Antes	Después	Variación respecto al periodo anterior	Resultado
Independiente	Costos Globales de Distribución	S/ 27.44	S/ 23.90	-12.88%	Reducción del costo global de distribución de 12.88%
Dependiente	Costo promedio por km recorrido	S/ 0.27	S/ 0.21	-21.21%	Reducción del costo por km recorrido de 21.21%
Dependiente	Ocupabilidad	87.25%	92.45%	5.96%	Aumento en ocupabilidad de 5.96%
Dependiente	Productividad	1.27	1.52	19.69%	Aumento en productividad de 19.69%
Dependiente	Entregas a tiempo	98.31%	99.10%	0.80%	Aumento en ratio de cumplimiento de 0.8%
Dependiente	Entregas por ventana horaria	87.70%	93.90%	7.07%	Aumento en ratio de cumplimiento por ventanas horarias de 7.07%

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA DE HIPÓTESIS

Análisis descriptivo

A continuación, se muestra el análisis descriptivo de la variable dependiente y sus dimensiones basado en los datos obtenidos antes y después de la implementación del proyecto.

Costo

Tabla 17

Resumen de procesamiento de casos sobre el costo promedio por tonelada por km recorrido

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
2019 - Costo Promedio por tonelada por km recorrido	13	100,0%	0	0,0%	13	100,0%
2020 - Costo Promedio por tonelada por km recorrido	13	100,0%	0	0,0%	13	100,0%

Fuente: Software SPSS

Tabla 18
Resultados descriptivos sobre el costo promedio por tonelada por km recorrido

		Estadístico	Error estándar	
2019 - Costo Promedio por tonelada por km recorrido	Media	0,2592	0,00944	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,2387	
		Límite superior	0,2798	
	Media recortada al 5%	0,2580		
	Mediana	0,2600		
	Varianza	0,001		
	Desviación estándar	0,03402		
	Mínimo	0,21		
	Máximo	0,33		
	Rango	0,12		
	Rango intercuartil	0,05		
	Asimetría	0,513	0,616	
	Curtosis	-0,009	1,191	
2020 - Costo Promedio por tonelada por km recorrido	Media	0,2177	0,00907	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,1979	
		Límite superior	0,2375	
	Media recortada al 5%	0,2185		
	Mediana	0,2100		
	Varianza	0,001		
	Desviación estándar	0,03270		
	Mínimo	0,15		
	Máximo	0,27		
	Rango	0,12		
	Rango intercuartil	0,04		
	Asimetría	-0,163	0,616	
	Curtosis	0,427	1,191	

Fuente: Software SPSS

Ocupabilidad

Tabla 19
Resumen de procesamiento de casos sobre la ocupabilidad

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
2019 - Ocupabilidad	13	100,0%	0	0,0%	13	100,0%
2020 - Ocupabilidad	13	100,0%	0	0,0%	13	100,0%

Fuente: Software SPSS

Tabla 20
Resultados descriptivos sobre la ocupabilidad

		Estadístico	Error estándar	
2019 - Ocupabilidad	Media	82,6923	1,75917	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	78,8594	
		Límite superior	86,5252	
	Media recortada al 5%	82,4359		
	Mediana	82,0000		
	Varianza	40,231		
	Desviación estándar	6,34277		
	Mínimo	75,00		
	Máximo	95,00		
	Rango	20,00		
	Rango intercuartil	11,50		
	Asimetría	0,409	0,616	
	Curtosis	-0,647	1,191	
2020 - Ocupabilidad	Media	89,9231	1,30807	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	87,0730	
		Límite superior	92,7731	
	Media recortada al 5%	89,9701		
	Mediana	88,0000		
	Varianza	22,244		
	Desviación estándar	4,71631		
	Mínimo	82,00		
	Máximo	97,00		
	Rango	15,00		
	Rango intercuartil	9,00		
	Asimetría	-0,016	0,616	
	Curtosis	-1,205	1,191	

Fuente: Software SPSS

Productividad

Tabla 21

Resumen de procesamiento de casos sobre la productividad

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
2019 - Productividad	13	100,0%	0	0,0%	13	100,0%
2020 - Productividad	13	100,0%	0	0,0%	13	100,0%

Fuente: Software SPSS

Tabla 22

Resultados descriptivos sobre la productividad

		Estadístico	Error estándar	
2019 - Productividad	Media	1,5408	0,03344	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,4679	
		Límite superior	1,6136	
	Media recortada al 5%	1,5370		
	Mediana	1,5400		
	Varianza	0,015		
	Desviación estándar	0,12059		
	Mínimo	1,35		
	Máximo	1,80		
	Rango	0,45		
	Rango intercuartil	0,14		
	Asimetría	0,328	0,616	
	Curtosis	0,763	1,191	
2020 - Productividad	Media	1,6431	0,04047	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,5549	
		Límite superior	1,7312	
	Media recortada al 5%	1,6373		
	Mediana	1,6000		
	Varianza	0,021		
	Desviación estándar	0,14591		
	Mínimo	1,49		
	Máximo	1,90		
	Rango	0,41		
	Rango intercuartil	0,27		
	Asimetría	0,693	0,616	
	Curtosis	-1,103	1,191	

Fuente: Software SPSS

Entregas a tiempo

Tabla 23

Resumen de procesamiento de casos sobre la razón de entregas a tiempo

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
2019 - Razón de entregas a tiempo	13	100,0%	0	0,0%	13	100,0%
2020 - Razón de entregas a tiempo	13	100,0%	0	0,0%	13	100,0%

Fuente: Software SPSS

Tabla 24

Resultados descriptivos sobre la razón de entregas a tiempo

	Estadístico	Error estándar	
2019 - Razón de entregas a tiempo	Media	96,0000	1,37281
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	93,0089
		Límite superior	98,9911
	Media recortada al 5%		96,5000
	Mediana		96,0000
	Varianza		24,500
	Desviación estándar		4,94975
	Mínimo		83,00
	Máximo		100,00
	Rango		17,00
	Rango intercuartil		7,00
	Asimetría	-1,540	0,616
	Curtosis	3,042	1,191
	2020 - Razón de entregas a tiempo	Media	98,1538
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	96,0338
		Límite superior	100,2738
Media recortada al 5%			98,6154
Mediana			100,0000
Varianza			12,308
Desviación estándar			3,50823
Mínimo			88,00
Máximo			100,00
Rango			12,00
Rango intercuartil			4,00
Asimetría		-2,327	0,616
Curtosis		5,902	1,191

Fuente: Software SPSS

Entregas a tiempo por ventana horaria

Tabla 25

Resumen de procesamiento de casos sobre la razón de cumplimiento por ventanas horarias

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
2019 - Razón de cumplimiento por ventanas horarias	13	100,0%	0	0,0%	13	100,0%
2020 - Razón de cumplimiento por ventanas horarias	13	100,0%	0	0,0%	13	100,0%

Fuente: Software SPSS

Tabla 26

Resultados descriptivos sobre la razón de cumplimiento por ventanas horarias

	Estadístico	Error estándar		
2019 - Razón de cumplimiento por ventanas horarias	Media	86,6923	1,80592	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	82,7575 90,6271	
	Media recortada al 5%	86,5470		
	Mediana	88,0000		
	Varianza	42,397		
	Desviación estándar	6,51133		
	Mínimo	76,00		
	Máximo	100,00		
	Rango	24,00		
	Rango intercuartil	9,00		
	Asimetría	0,034	0,616	
	Curtosis	0,393	1,191	
	2020 - Razón de cumplimiento por ventanas horarias	Media	92,9231	1,47831
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior Límite superior	89,7021 96,1440	
Media recortada al 5%		93,0812		
Mediana		92,0000		
Varianza		28,410		
Desviación estándar		5,33013		
Mínimo		83,00		
Máximo		100,00		
Rango		17,00		
Rango intercuartil		7,50		
Asimetría		-0,273	0,616	
Curtosis		-0,279	1,191	

Fuente: Software SPSS

Análisis inferencial

Para el presente estudio, para cada hipótesis se ha determinado la prueba de normalidad mediante el software SPSS a través de los métodos Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, considerando para la tesis los resultados del segundo mencionado para determinar si la distribución es paramétrica, debido a que el tamaño de muestra es menor a 30. Para ello, se ha planteado la siguiente regla de decisión para determinar el comportamiento de los datos:

- H_1 : Los datos no presentan una distribución normal.
Si $P \text{ valor} \leq 0.05$, los datos tienen un comportamiento no paramétrico.
- H_0 : Los datos presentan una distribución normal.
Si $P \text{ valor} > 0.05$, los datos tienen un comportamiento paramétrico.

Una vez evaluado la tendencia de la distribución se aplican las pruebas estadísticas T- Student para distribuciones normales o Wilcoxon para distribuciones no normales. Para ello se ha planteado la siguiente regla de decisión para poder validar las hipótesis.

- Si $p \text{ valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula.
- Si $p \text{ valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Costo por km recorrido

H₁: La aplicación de la optimización de carga reduce el costo por tonelada promedio por km recorrido una empresa de cemento.

H₀: La aplicación de la optimización de carga no reduce el costo por tonelada promedio por km recorrido una empresa de cemento.

Tabla 27

Pruebas de normalidad sobre el costo promedio por tonelada por km recorrido

	Kolmogorov-Smirnov (a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
2019 - Costo Promedio por tonelada por km recorrido	0,117	13	0,200*	0,967	13	0,851
2020 - Costo Promedio por tonelada por km recorrido	0,176	13	0,200*	0,935	13	0,390

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Software SPSS

Se realizó la prueba de normalidad utilizando el método Shapiro Wilk debido a que la muestra es menor a 30. El grado de significancia antes y después de la implementación fue mayor a 0.05 por lo cual se ha determinado el uso de la prueba estadística T-Student para validar la prueba de hipótesis.

Tabla 28

Prueba T de muestras emparejadas sobre el costo promedio por tonelada por km recorrido

		Diferencias emparejadas							t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl			
					Inferior	Superior					
Par 1	2019 - Costo Promedio por tonelada por km recorrido - 2020 - Costo Promedio por tonelada por km recorrido	0,04154	0,04862	0,01349	0,01216	0,07092	3,080	12	0,010		

Fuente: Software SPSS

Basado en los resultados estadísticos de la prueba T-Student se ha determinado un P-Value de 0.01, y acorde a la regla de decisión, siendo menor a 0.05, se debe rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se determina estadísticamente que la aplicación de la optimización de carga reduce el costo por tonelada promedio por km recorrido una empresa de cemento.

Ocupabilidad

H₂: La aplicación de la optimización de carga aumenta la ocupabilidad en una empresa de cemento.

H₀: La aplicación de la optimización de carga no aumenta la ocupabilidad en una empresa de cemento.

Tabla 29
Pruebas de normalidad sobre la ocupabilidad

	Kolmogorov-Smirnov (a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
2019 - Ocupabilidad	0,126	13	0,200*	0,941	13	0,468
2020 - Ocupabilidad	0,197	13	0,179	0,935	13	0,393

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Software SPSS

Se realizó la prueba de normalidad utilizando el método Shapiro Wilk debido a que la muestra es menor a 30. El grado de significancia antes y después de la implementación fue mayor a 0.05 por lo cual se ha determinado el uso de la prueba estadística T-Student para validar la prueba de hipótesis.

Tabla 30

Prueba T de muestras emparejadas sobre la ocupabilidad

		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	2019 - Ocupabilidad - 2020 - Ocupabilidad	-7,23077	8,63282	2,39431	-12,44753	-2,01401	-3,020	12	0,011

Fuente: Software SPSS

Basado en los resultados estadísticos de la prueba T-Student se ha determinado un P-Value de 0.011, y acorde a la regla de decisión, siendo menor a 0.05, se debe rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se determina estadísticamente que la aplicación de la optimización de carga aumenta la ocupabilidad en una empresa de cemento.

Productividad

H₃: La aplicación de la optimización de carga aumenta la productividad de flota en una empresa de cemento.

H₀: La aplicación de la optimización de carga no aumenta la productividad de flota en una empresa de cemento.

Tabla 31
Pruebas de normalidad sobre la productividad

	Kolmogorov-Smirnov (a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
2019 - Productividad	0,106	13	0,200*	0,963	13	0,802
2020 - Productividad	0,177	13	0,200*	0,869	13	0,050

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Software SPSS

Se realizó la prueba de normalidad utilizando el método Shapiro Wilk debido a que la muestra es menor a 30. El grado de significancia antes y después de la implementación fue mayor a 0.05 por lo cual se ha determinado el uso de la prueba estadística T-Student para validar la prueba de hipótesis.

Tabla 32
Prueba T de muestras emparejadas sobre la productividad

Par		Diferencias emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
					Inferior	Superior				
1	2019 - Productividad - 2020 - Productividad	-0,10231	0,14452	0,04008	-0,18964	-0,01498	-2,552	12	0,025	

Fuente: Software SPSS

Basado en los resultados estadísticos de la prueba T-Student se ha determinado un P-Value de 0.025, y acorde a la regla de decisión, siendo menor a 0.05, se debe rechazar la hipótesis nula. Por

lo tanto, se determina estadísticamente que la aplicación de la optimización de carga aumenta la productividad de flota en una empresa de cemento.

Entregas a tiempo

H₄: La aplicación de la optimización de carga mejora las entregas a tiempo en una empresa de cemento.

H₀: La aplicación de la optimización de carga no mejora las entregas a tiempo en una empresa de cemento.

Tabla 33

Pruebas de normalidad sobre la razón de entregas a tiempo

	Kolmogorov-Smirnov (a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
2019 - Razón de entregas a tiempo	0,252	13	0,023	0,780	13	0,004
2020 - Razón de entregas a tiempo	0,393	13	0,000	0,599	13	0,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Software SPSS

Se realizó la prueba de normalidad utilizando el método Shapiro Wilk debido a que la muestra es menor a 30. El grado de significancia antes y después de la implementación fue menor a 0.05 por lo cual se ha determinado el uso de la prueba estadística Wilcoxon para validar la prueba de hipótesis.

Tabla 34

Pruebaa W de Wilcoxon sobre la razón de entregas a tiempo

2020 - Razón de entregas a tiempo - 2019 - Razón de entregas a tiempo	
Z	-2,063 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	0,039

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Fuente: Software SPSS

Basado en los resultados estadísticos de la prueba Kolmogorov-Smirnov se ha determinado un P-Value de 0.039, y acorde a la regla de decisión, siendo menor a 0.05, se debe rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se determina estadísticamente que la aplicación de la optimización de carga mejora las entregas a tiempo en una empresa de cemento.

Entregas a tiempo por ventana horaria

H₅: La aplicación de la optimización de carga mejora el cumplimiento por ventanas horarias en una empresa de cemento.

H₀: La aplicación de la optimización de carga no mejora el cumplimiento por ventanas horarias en una empresa de cemento.

Tabla 35

Pruebas de normalidad sobre la razón de cumplimiento por ventanas horarias

	Kolmogorov-Smirnov (a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
2019 - Razón de cumplimiento por ventanas horarias	0,195	13	0,189	0,939	13	0,443
2020 - Razón de cumplimiento por ventanas horarias	0,139	13	0,200*	0,929	13	0,334

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Software SPSS

Se realizó la prueba de normalidad utilizando el método Shapiro Wilk debido a que la muestra es menor a 30. El grado de significancia antes y después de la implementación fue mayor a 0.05 por lo cual se ha determinado el uso de la prueba estadística T-Student para validar la prueba de hipótesis.

Tabla 36

Prueba T de muestras emparejadas sobre la razón de cumplimiento por ventanas horarias

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	2019 - Razón de cumplimiento por ventanas horarias - 2020 - Razón de cumplimiento por ventanas horarias	-6,23077	8,64247	2,39699	-11,45336	-1,00818	-2,599	12	0,023

Fuente: Software SPSS

Basado en los resultados estadísticos de la prueba T-Student se ha determinado un P-Value de 0.023, y acorde a la regla de decisión, siendo menor a 0.05, se debe rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se determina estadísticamente que la aplicación de la optimización de carga mejora el cumplimiento por ventanas horarias en una empresa de cemento.

DISCUSIÓN

Los resultados presentados en el proyecto de investigación guardan relación con los resultados obtenidos en la tesis “Diseño de un modelo de optimización de rutas (VRP), para el caso de una empresa de reencauche de neumáticos” (Silva Rosero, 2017), proyecto presentado para optar por el grado de “Magíster en Control de Operaciones y Gestión Logística”, de la Escuela Superior Politécnica del Litoral de Quito - Ecuador. En ambos proyectos se implementan modelos de ruteo vehicular, con el objetivo de optimizar los costos. En el presente proyecto se determina una reducción en el costo general de distribución de 12.88%, reducción de 21.21% en el costo por kilómetro recorrido y aumento de ocupabilidad de carga en 5.96%, mientras que en el proyecto de Silva Rosero se determina una reducción 21%, 40%, y aumento en 11% post implementación para los indicadores mencionados respectivamente.

Asimismo, en concordancia con Julcapari Sosa (2018) en su tesis “Sistema web para la gestión de rutas de transporte basado en el algoritmo de Clarke and Wright en ICR PERÚ” presentado para optar por el grado de “Título de Ingeniero de Sistemas” de la Universidad César Vallejo de Lima Perú, se muestra como resultado post-implementación del sistema para elaboración de rutas que el indicador costo de transporte se redujo en 10.89%.

Finalmente, la investigación propuesta por Garcés Cartagena & Zapata Méndez (2016) en su tesis “Diseño de un modelo de ruteo con vehículos con consideraciones de inventario en puntos de venta desde un centro de distribución de una empresa del norte del Valle del Cauca” para optar por el

grado de “Ingeniero Industrial” de la Universidad del Valle, muestra que post implementación, el costo global de distribución tuvo una reducción de 17.12%.

CONCLUSIÓN

Basado en los resultados estadísticos de la presente investigación, se concluye la aceptación de la hipótesis general planteada, mediante la cual se determina que la aplicación de la optimización de carga sí reduce el costo de distribución en una empresa de cemento, para el caso puntual de la empresa evaluada el costo global de distribución se redujo en 12.88% posterior a la implementación.

Se concluye que la optimización de carga en una empresa de cemento reduce el costo promedio por km recorrido en un 21.21% debido a la consolidación de rutas de transporte más eficientes y con menor probabilidad de error.

Se concluye que la optimización de carga en una empresa de cemento aumenta la utilización de carga útil de unidades fleteras en un 5.96%, debido a que el algoritmo busca consolidar la mayor cantidad de carga posible por unidad con la finalidad de reducir el costo asumido por capacidad no utilizada.

Se concluye que la optimización de carga en una empresa de cemento aumenta la productividad de la flota (Vueltas promedio por unidad) en un 19.69%, debido a que se realizó una evaluación para el redimensionamiento de la flota en base a demanda proyectada considerando que la ocupabilidad por unidad incrementaría permitiendo la reducción de rutas y por ende de unidades.

Se concluye que la optimización de carga en una empresa de cemento aumenta el ratio de cumplimiento de entregas (Pedidos entregados en el día) en un 0.8%, debido al aprovechamiento máximo de carga por unidad, permite consolidar y realizar la entrega de mayor número de clientes por ruta de distribución.

Se concluye que la optimización de carga en una empresa de cemento aumenta el indicador de entregas por ventana horaria en un 7.07%, debido a que el algoritmo considera en la distribución la prioridad de ventanas horarias entrega, establecidas según tipo de clientes previamente determinadas y considerado dentro de las restricciones del negocio.

RECOMENDACIONES

Se recomienda agregar una restricción de cantidades múltiplos de 100 sacos por temas de seguridad y estabilidad de carga en el traslado físico en el algoritmo de programación para poder consolidar carga de cemento con otros productos secundarios que distribuye la empresa siempre y cuando haya la necesidad de realizarlo.

Se recomienda profundizar la investigación para evaluar la posibilidad de implementar a futuro flota heterogénea de menor capacidad de carga con la finalidad de poder aumentar la ocupabilidad, considerando pago por capacidad útil del vehículo debido a que existe a diario rutas en la cual la carga consolidada no cubre la capacidad total de carga de ciertas unidades perdiendo eficiencia.

Se recomienda implementar un proyecto alternativo para poder exportar automáticamente la programación diaria de transporte generada con el presente proyecto a SAP MRP con la finalidad de reducir los tiempos de ingreso manual al sistema que maneja la empresa.

Bibliografía

- Alcoba, J. (s.f.). *La Salle International Graduate School of Business*. Obtenido de Asociación para el Desarrollo de la Experiencia de Cliente: <https://asociaciondec.org/blog-dec/manifiesto-cx-nueva-manera-hablar-cliente/20359/>
- Álvarez Hernández, R. J. (2017). *Propuesta de solución al problema de ruteo de vehículos en el operador logístico Opperar S.A. para el transporte y distribución de productos alimenticios secos del grupo Nutresa S.A.* Bogotá.
- Aníbal Mora, L. (2014). *Logística de transporte y distribución de carga*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- ASOCEM. (2019). *Reporte Estadístico Anual*. Lima.
- Ballou, R. (2004). *Logística Administración de la Cadena de Suministro*. Pearson.
- Benito Quintanilla, A. (2015). *Problemas de rutas de vehículos: modelos, aplicaciones logísticas y métodos de resolución*. Valladolid.
- Bono Cabré, R. ((s.f.)). *Diseños cuasi-experimentales y longitudinales*. Barcelona.
- Braysy, O., & Gendrau, M. (2005). Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part II: Metaheuristics. *Transportation Science*.
- Castañeda Jimenez, J., & Cardona Arias, J. A. (2014). *Implementación del Método de Ahorro para resolver el VRP aplicado al diseño de una red de logística inversa para la recolección de aceite vehicular usado generado en los puntos de acopio ubicados en Pereira*. Pereira.
- Castellanos Ramírez, A. (2015). *Logística Comercial Internacional*. Colombia: Universidad del Norte.
- Fabio Maximiliano , M. (2016). *Planificación operativa del ruteo de vehículos y programación de cargas desde un enfoque multi-objetivo, en una red de distribución urbana de mercaderías perecederas, usando técnicas computacionales evolutivas*. Bahía Blanca.
- Fernández Nogales, Á. (2004). *Investigación y técnicas de mercado*. Madrid: ESIC.
- Garcés Cartagena, Y. F., & Zapata Méndez, R. A. (2016). *Diseño de un modelo de ruteo con vehículos con consideraciones de inventario en puntos de venta desde un centro de distribución de una empresa del norte del Valle del Cauca*. Zarzal.
- García Serrano, A. (2012). *Inteligencia Artificial*. RC .
- Gavelán, J. (2018). *Dimensionamiento óptimo de una flota de transporte*.
- Gil Pascual, J. A. (2016). *Técnicas e instrumentos para la recogida de información*. Madrid: UNED.
- Guasmayan Guasmayan, F. (2014). *Solución del problema de ruteo de vehículos dependientes del tiempo utilizando un algoritmo modificado*. Pereira.

- Hernández Ortiz, Y. A. (2016). *Diseño de un sistema de ruteo de vehículos con múltiples depósitos en empresas de transporte de carga por carretera*. Bogotá DC.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México DF: MC Graw Hill.
- Icart Isern, T., Fuentelsaz Gallego, C., & Pulpón Segura, A. (2006). *Elaboración y presentación de un proyecto de investigación y una tesina*. Barcelona: Publicacions 1 Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Irnich, S., Toth, P., & Vigo, D. (2014). *The Family of Vehicle Routing Problems*. Filadelfia.
- Julcapari Sosa, J. V. (2018). *Sistema web para la gestión de rutas de transporte basado en el algoritmo de Clarke and Wright en ICR PERÚ*. Lima.
- Kotler, P. (1991). *Marketing Management. 7th Edition*. Prentice-Hall.
- Loor Vélez, L. M., Sánchez Villamar, P. E., & Vega Chica, V. (2012). *Diseño de rutas de transporte de personal aplicando modelización matemática para resolver el Problema de Enrutamiento Vehicular Capacitado con Ventanas*. Guayaquil.
- Lozada Díaz, A., & Cadena Gonzáles, R. A. (2012). *Solución del problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo (VRPTW) mediante Métodos Heurísticos*. Bucaramanga.
- Lugo Oré, J. J. (2012). *Optimización de rutas en la distribución de productos de belleza*. Lima.
- Mauleón, M. (2012). *Logística y costos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Miguel, F., Frutos, M., & Tohmé, F. (2013). *Modelados del BPP/CVRPTW*. San Rafael, Mendoza.
- Mogollón Oviedo, F. L., & Zafra Castilo, A. K. (2019). *Diseño de un modelo de distribución y transporte y su impacto en los costos del centro de distribución de la empresa Costa Gas S.A.C*. Trujillo.
- Morán Villa, C., & Núñez Ginez, J. (2012). *Implementación de un Problema de Ruteo Vehicular con Ventanas de Tiempo (VRPTW) en una empresa de venta de agroquímicos, sucursal Milagro*. Guayaquil.
- Movertis. (2008). *Movertis*. Obtenido de <https://movertis.com/blog/como-optimizar-capacidad-de-carga-de-mercancias/>.
- Movertis. (07 de Agosto de 2020). *Movertis*. Obtenido de ¿Cómo optimizar la capacidad de carga de tus mercancías?: <https://movertis.com/blog/como-optimizar-capacidad-de-carga-de-mercancias/>
- Ñaupas Paitán, H., Mejía Mejía |, E., Novoa Ramírez, E., & Villagómez Paucar, A. (2014). *Metodología de la Investigación*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Paredes Quevedo, J., & Barragán Martínez, L. (2018). *Metaheurísticas aplicadas al problema de ruteo vehicular (VRP: VEHICLE-ROUTING PROBLEM)*. Milagro.

- Pérez Kaligari, E., & Guerrero Rueda, W. (2015). Métodos de optimización para el problema de ruteo de vehículos con inventarios y ventanas de tiempo duras. *Revista de Ingeniería Industrial Universidad del Bío - Bío*.
- Ponsa Ascencio, P., & Vilanova Arbós, R. (2005). *Automatización de Procesos mediante la guía GEMMA*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Quispe, B. (2016). *Administración de flota vehicular I Tecsup*.
- Ricoy Lorenzo, C. (2006). Contribución sobre los paradigmas de investigación. *Educação. Revista do Centro de Educação - Universidade Federal de Santa Maria Brasil*, 14.
- Sánchez Ugalde, C. G. (2015). *ESTUDIO DE COSTOS PARA SERVICIOS OFERTADOS POR EL CTEC BAJO EL EJE DE VINCULACION EMPRESARIAL PARA LOS SECTORES PRODUCTIVOS DE LA REGION HUETAR-NORTE*. Santa Clara, Costa Rica.
- Silva Rosero, M. P. (2017). *Diseño de un modelo de optimización de rutas (VRP), para el caso de una empresa de reencauche de neumáticos*.
- Soret Los Santos, I. (2006). *Logística y Marketing para la distribución comercial*. Madrid: ESIC Editoria.
- Soto Salazar, G. S., Huamán Rioja, S. S., & Zuazo Ortiz, A. (2016). *Implementación de rutas de transporte para la optimización de consumo de la energía combustible en la cadena de suministro de los productos termoenergéticos del Perú S.A. en Lima Metropolitana*. Lima.
- Sumanth, D. J., & Cue Mancera, A. (1990). *Ingeniería y administración de la productividad : medición, evaluación, planeación y mejoramiento de la productividad en las organizaciones de manufactura y servicio*. McGraw-Hill Interamericana.
- Taquía Valdivia, J. A. (2013). *Optimización de rutas en una empresa de recojo de residuos sólidos en el distrito de los Olivos*. Lima.
- Tataje Lovera, E. C., & Montenegro, G. M. (2015). *Optimización de rutas de transporte en la distribución física de equipos celulares de un operador logístico en la ciudad de Lima - Perú*. Lima.
- Torres Cuzcano, V. (2016). G1GRUPOS ECONÓMICOS Y SEGMENTACIÓN DEL MERCADO EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO DEL PERÚ. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 27.
- Ulfe Vega, L. A. (2017). *Sistema de soporte a las decisiones para la planificación de rutas nacionales en una courier basado en modelos de optimización y simulación*. Lima.
- Weise, T., Podlich, A., & Gorltd, C. (2009). *Solving Real-World Vehicle Routing Problems with Evolutionary Algorithms*. Berlin.
- William W., H. (2002). *Ingeniería de Transporte*. Editorial Limusa S.A. De C.V.
- Yepes Piqueras, V., & Medina Folgado, J. (2003). Optimización económica de redes de transporte del tipo VRPTW. En V. Yepes Piqueras, & J. Medina Folgado, *Ciencia y técnica en la ingeniería civil* (págs. 31-39).

Zamorano Bear, L. E. (2019). *Problema de ruteo de vehículos aplicado a una empresa de mensajería y paquetería*. Ciudad de México.

ANEXOS

*Anexo I**Matriz de consistencia*

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema general.	Objetivo general	Hipótesis General	Variable Independiente	Metodología
¿Cuánto es la reducción del costo de distribución de una empresa de cemento a través de la aplicación de la optimización de carga?	Determinar cuánto es la reducción del costo de distribución de una empresa de cemento a través de la aplicación de la optimización de carga.	H1: La aplicación de la optimización de carga reduce el costo de distribución en una empresa de cemento. H0: La aplicación de la optimización de carga no reduce el costo de distribución en una empresa de cemento.	Aplicación de la optimización de carga.	La presente investigación es de tipo aplicada, de nivel explicativo, con un enfoque cuantitativo y un paradigma positivista.
Problemas Específicos.	Objetivos específicos	Hipótesis específica	Variable dependiente	

<p>¿Cuánto reduce el costo por kilómetro recorrido mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento?</p>	<p>Determinar cuánto reduce el costo por kilómetro recorrido mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento</p>	<p>H1: La aplicación de la optimización de carga reduce el costo por tonelada promedio por km recorrido una empresa de cemento. H0: La aplicación de la optimización de carga no reduce el costo por tonelada promedio por km recorrido una empresa de cemento.</p>	<p>-Costo de distribución</p>
<p>¿Cuánto aumenta la ocupabilidad de carga transportada mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento?</p>	<p>Determinar cuánto aumenta la ocupabilidad mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento.</p>	<p>H2: La aplicación de la optimización de carga aumenta la ocupabilidad en una empresa de cemento. H0: La aplicación de la optimización de carga no aumenta la ocupabilidad en una empresa de cemento.</p>	<p>Dimensiones</p>
<p>¿Cuánto aumenta la productividad de flota mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento?</p>	<p>Determinar cuánto aumenta la productividad de flota mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento.</p>	<p>H3: La aplicación de la optimización de carga aumenta la productividad de flota en una empresa de cemento. H0: La aplicación de la optimización de carga no aumenta la productividad de flota en una empresa de cemento.</p>	<p>-Costo de distribución por km recorrido. -Ocupabilidad -Productividad -Entregas a tiempo. -Cumplimiento por ventanas horarias.</p>

<p>¿Cuánto mejora las entregas a tiempo mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento?</p>	<p>Determinar cuánto mejora las entregas a tiempo mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento.</p>	<p>H4: La aplicación de la optimización de carga mejora las entregas a tiempo en una empresa de cemento. H0: La aplicación de la optimización de carga no mejora las entregas a tiempo en una empresa de cemento.</p>
<p>¿Cuánto mejora el cumplimiento por ventanas horarias mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento?</p>	<p>Determinar cuánto mejora el cumplimiento por ventanas horarias mediante la aplicación de la optimización de carga en una empresa de cemento.</p>	<p>H5: La aplicación de la optimización de carga mejora el cumplimiento por ventanas horarias en una empresa de cemento. H0: La aplicación de la optimización de carga no mejora el cumplimiento por ventanas horarias en una empresa de cemento.</p>

Fuente: Elaboración propia

Anexo II

Matriz de Operacionalización

Variable	Definición	Dimensiones	Indicador
Variable Independiente			
Aplicación de la optimización de carga	Se define al proceso de automatización de programación de carga a la aplicación de un algoritmo que replique la lógica de los programadores de transporte al consolidar carga, con el enfoque que dicha actividad se ejecute en corto tiempo, aplicando todas las restricciones de transporte que involucra el negocio y optimice el uso de los recursos sin sacrificar el nivel de servicio.	Ámbito interno de la empresa	0: No se aplica la optimización. 1: Se aplica la optimización.
Variable dependiente			
Costo de Distribución	Son todos los costos que se asocian a la elaboración de bienes o prestación de servicios mediante la cual las empresas obtienen sus ingresos.	Costo Servicio	Costo por km recorrido Ocupabilidad Productividad Entregas a Tiempo Entregas a tiempo por ventanas horarias

Fuente: Elaboración propia

Anexo III

Algoritmo para la programación de transportes - Validar tipo de clientes y tipo de unidad

```

Sub ValidarBASE()

Application.ScreenUpdating = False
Application.DisplayStatusBar = False
Application.EnableEvents = False
Application.CutCopyMode = False
ActiveSheet.DisplayPageBreaks = False
Sheets("PEDIDOS").Select
'Convierte destinatario a número
UF = Worksheets("Pedidos").Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Row
Range("K2:L2").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("K2:L" & UF)
Range("Q2").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("Q2:Q" & UF)
Sheets("PEDIDOS").Select
Range("Q1").Select
Selection.Copy
Range("J3").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteAll, Operation:=xlMultiply, _
SkipBlanks:=False, Transpose:=False
'Eliminar Residuos
For X = UF To 3 Step -1
If Cells(X, 17) = "ELIMINAR" Then
Cells(X, 17).EntireRow.Delete
End If
Next X
Application.ScreenUpdating = True
Application.DisplayStatusBar = True
Application.EnableEvents = True
Application.CutCopyMode = True
ActiveSheet.DisplayPageBreaks = True
End Sub

```


Anexo IV

Algoritmo para la programación de transportes – Armado de redes de distribución

```

Sub Programación()
Application.Calculation = xlCalculationAutomatic
Application.ScreenUpdating = False
Application.DisplayStatusBar = False
Application.EnableEvents = False
Application.CutCopyMode = False
ActiveSheet.DisplayPageBreaks = False
Dim a, i, j, n, M, UFV, UFVFLETEROS, UF, UFPROGRAMA, UFSINPROGRAMA,
UFVTRAILER, coincidir, consolid, contfinal, sinprogramar As Integer
Dim p, q, r, s, t, u As Integer
Dim BV As Long
BASEGENERAL = Worksheets("GENERAL").Range("$A$1:$AW$49")
'Worksheets("BASE PROGRAMA").Select
ENCABEZADO = Worksheets("GENERAL").Range("$A$1:$AW$1")

```

'SEPARA SEGÚN TIPO DE UNIDADES -----

```

Sheets("PEDIDOS").Select
Range("A1").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.Copy
Sheets("Fletero").Select
Range("A1:F1").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("Tráiler").Select
Range("A1:F1").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("Bombona").Select
Range("A1:G1").Select
ActiveSheet.Paste

```

'PROGRAMACIÓN DE FLETEROS-----

'Elimina pedidos que no sean de fleteros

```

Sheets("Fletero").Select
UFV = Worksheets("Fletero").Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Row
'Elimina pedidos de tráiler
For X = UFV To 3 Step -1
    If Cells(X, 12) = "Tráiler" Then

```

```
    Cells(X, 12).EntireRow.Delete
  End If
Next X
'Elimina pedidos de bombonas
For X = UFV To 3 Step -1
  If Cells(X, 12) = "Bombona" Then
    Cells(X, 12).EntireRow.Delete
  End If
Next X
'Elimina pedidos de Tráiler Provincia
For X = UFV To 3 Step -1
  If Cells(X, 12) = "Tráiler Provincia" Then
    Cells(X, 12).EntireRow.Delete
  End If
Next X
```

Figura 12
Validación por tipo de cliente y unidad

Zona Trans	Código	Nombre de cliente	Colonia	Pend	Ton	Cant	Denominación	Modalidad	Destinatario	Cliente	Unidad	Orden	
F564	F564	-	-	0	0.000	-	-	-	-	-	-	-	
PELIMLIM41	F564	Cliente 1	Surquillo	200	8.500	200	Cemento Quisc	ENTREGADO	66915	51	Industriales	Fletero	209278917
PELIMLIM08	F564	Cliente 2	Chorrillos	50	2.125	50	Cemento Quisc	ENTREGADO	67009	01	Distribuidores	Fletero	209279698
PELIMLIM36	F564	Cliente 3	San Miguel	100	4.250	100	Cemento Quisc	ENTREGADO	66980	92	Industriales	Fletero	209298028
PELIMLIM27	F564	Cliente 4	Pueblo Libre	150	6.375	150	Cemento Quisc	ENTREGADO	66933	17	Industriales	Fletero	209400682
PELIMLIM19	F564	Cliente 5	Lurín	200	8.500	200	Cemento Quisc	ENTREGADO	66883	85	Industriales	Fletero	209382468
PELIMLIM42	F564	Cliente 6	Villa el Salvador	36	36	36	Cemento Quisc	ENTREGADO	66870	29	Industriales	Tráiler	209342071
PELIMHCH19	F564	Cliente 7	San Antonio	400	17	400	Cemento Quisc	ENTREGADO	66603	76	Industriales	Fletero	208978147
PELIMHCH19	F564	Cliente 7	San Antonio	400	17	400	Cemento Quisc	ENTREGADO	66610	53	Industriales	Fletero	209117551
PELIMHCH19	F564	Cliente 7	San Antonio	30	30	30	Cemento Quisc	ENTREGADO	66603	76	Industriales	Tráiler	209380511
PELIMHCH19	F564	Cliente 7	San Antonio	200	8.500	200	Cemento Quisc	ENTREGADO	66603	76	Industriales	Fletero	209878208
PELIMLIM42	F564	Cliente 8	Villa el Salvador	100	4.250	100	Cemento Quisc	ENTREGADO	66877	86	Industriales	Fletero	209169562
PEANCHUA01	F564	Cliente 9	Huaraz	850	36.125	850	Cemento Quisc	ENTREGADO	66988	26	Distribuidores	Provincia	209107497
PEANCHUA01	F564	Cliente 9	Huaraz	850	36.125	850	Cemento Quisc	ENTREGADO	66988	26	Distribuidores	Provincia	209107636
PEANCHUA01	F564	Cliente 9	Huaraz	850	36.125	850	Cemento Quisc	ENTREGADO	66988	26	Distribuidores	Provincia	209107934
PEANCCAR01	F564	Cliente 9	Carhuaz	36	36	36	Cemento Quisc	ENTREGADO	67031	56	Distribuidores	Provincia	209228497
PEANCHUA01	F564	Cliente 9	Huaraz	36	36	36	Cemento Quisc	ENTREGADO	66988	26	Distribuidores	Provincia	209301849
PEANCHUL01	F564	Cliente 9	Caraz	36	36	36	Cemento Quisc	ENTREGADO	66921	78	Distribuidores	Provincia	209304013
PELIMLIM29	F564	Cliente 10	San Juan de Luríç	200	8.500	200	Cemento Quisc	ENTREGADO	66942	26	Distribuidores	Fletero	209348938
PELIMLIM42	F564	Cliente 11	Villa el Salvador	100	4.250	100	Cemento Quisc	ENTREGADO	67047	24	Distribuidores	Fletero	209353047
PELIMLIM02	F564	Cliente 12	Ancón	36	36	36	Cemento Quisc	ENTREGADO	66782	90	Industriales	Tráiler	209351957
PEANCHUR01	F564	Cliente 14	Huari	850	36.125	850	Cemento Quisc	ENTREGADO	66938	41	Distribuidores	Provincia	209274890
PEANCHUR01	F564	Cliente 14	Huari	850	36.125	850	Cemento Quisc	ENTREGADO	66938	41	Distribuidores	Provincia	209306930
PELIMLIM12	F564	Cliente 15	Independencia	200	8.500	200	Cemento Quisc	ENTREGADO	67043	88	Distribuidores	Fletero	208829340
PELIMLIM09	F564	Cliente 16	Cieneguilla	400	17	400	Cemento Quisc	ENTREGADO	66946	50	Distribuidores	Fletero	209211733
PELIMLIM22	F564	Cliente 17	Pachacamac	400	17	400	Cemento Quisc	ENTREGADO	67017	87	Distribuidores	Fletero	209217884
PELIMLIM03	F564	Cliente 18	Ate - Vitarte	850	36.125	850	Cemento Quisc	ENTREGADO	66935	07	Distribuidores	Tráiler	208873656
PELIMLIM03	F564	Cliente 18	Ate - Vitarte	400	17	400	Cemento Quisc	ENTREGADO	66935	07	Distribuidores	Fletero	208877717
PELIMLIM13	F564	Cliente 19	Jesús María	50	2.125	50	Cemento Quisc	ENTREGADO	67026	96	Industriales	Fletero	209147010
PELIMLIM06	F564	Cliente 202	Carabayllo	100	4.250	100	Cemento Quisc	ENTREGADO	66979	80	Distribuidores	Fletero	209407183
PECALVEN01	F564	Cliente 21	Ventanilla	850	36.125	850	Cemento Quisc	ENTREGADO	66808	77	Distribuidores	Tráiler	209211728
PECALVEN01	F564	Cliente 22	Ventanilla	400	17	400	Cemento Quisc	ENTREGADO	66873	62	Distribuidores	Bombona	209383694
PECALVEN01	F564	Cliente 22	Ventanilla	400	17	400	Cemento Quisc	ENTREGADO	66873	62	Distribuidores	Bombona	209385337
PELIMLIM30	F564	Cliente 23	San Juan de Mira	300	12.750	300	Cemento Quisc	ENTREGADO	65338	30	Distribuidores	Fletero	209279879
PELIMLIM30	F564	Cliente 23	San Juan de Mira	100	4.250	100	Cemento Quisc	ENTREGADO	65338	30	Distribuidores	Fletero	209342267
PEANCCAR01	F564	Cliente 24	Carhuaz	850	36.125	850	Cemento Quisc	ENTREGADO	66603	72	Distribuidores	Provincia	209113396
PELIMLIM18	F564	Cliente 25	Lurigancho	36	36	36	Cemento Quisc	ENTREGADO	66809	67	Industriales	Tráiler	209335665
PELIMLIM18	F564	Cliente 25	Lurigancho	36	36	36	Cemento Quisc	ENTREGADO	66809	67	Industriales	Tráiler	209401570
PELIMLIM18	F564	Cliente 25	Lurigancho	36	36	36	Cemento Quisc	ENTREGADO	66809	67	Industriales	Tráiler	209406675
PELIMLIM29	F564	Cliente 26	San Juan de Luríç	300	12.750	300	Cemento Quisc	ENTREGADO	66800	95	Distribuidores	Bombona	209399110
PELIMLIM25	F564	Cliente 27	Puente Piedra	400	17	400	Cemento Quisc	ENTREGADO	67010	12	Distribuidores	Fletero	209399508
PELIMLIM29	F564	Cliente 28	San Juan de Luríç	300	12.750	300	Cemento Quisc	ENTREGADO	66800	95	Distribuidores	Tráiler	209399110
PELIMLIM15	F564	Cliente 29	La Victoria	100	4.250	100	Cemento Quisc	ENTREGADO	67045	15	Industriales	Fletero	209348195
PEANCCAR01	F564	Cliente 30	Tinco	850	36.125	850	Cemento Quisc	ENTREGADO	66981	01	Distribuidores	Provincia	209102771
PELIMLIM06	F564	Cliente 31	Carabayllo	850	36.125	850	Cemento Quisc	ENTREGADO	66907	64	Distribuidores	Tráiler	208906559
PELIMLIM40	F564	Cliente 32	Santa Rosa	850	36.125	850	Cemento Quisc	ENTREGADO	66918	73	Distribuidores	Tráiler	209279870
PELIMLIM06	F564	Cliente 33	Carabayllo	850	36.125	850	Cemento Quisc	ENTREGADO	66907	64	Distribuidores	Tráiler	209282692
PELIMLIM25	F564	Cliente 34	Puente Piedra	150	6.375	150	Cemento Quisc	ENTREGADO	66280	13	Distribuidores	Fletero	209248235
PEANCHUR01	F564	Cliente 35	Huari	850	36.125	850	Cemento Quisc	ENTREGADO	66950	73	Distribuidores	Provincia	208747103
PELIMLIM03	F564	Cliente 36	Ate - Vitarte	30	30	30	Cemento Quisc	ENTREGADO	66904	80	Industriales	Tráiler	209345016
PELIMLIM03	F564	Cliente 36	Ate - Vitarte	30	30	30	Cemento Quisc	ENTREGADO	66904	80	Industriales	Tráiler	209345016
PELIMLIM03	F564	Cliente 36	Ate - Vitarte	30	30	30	Cemento Quisc	ENTREGADO	66904	80	Industriales	Tráiler	209228633
PELIMLIM25	F564	Cliente 37	Puente Piedra	200	8.500	200	Cemento Quisc	ENTREGADO	65973	60	Distribuidores	Fletero	209238260
PECALVEN01	F564	Cliente 38	Ventanilla	400	17	400	Cemento Quisc	ENTREGADO	66980	73	Distribuidores	Fletero	209154189
PELAMCH01	F564	Cliente 39	Jose Leonardo O	860	36.550	860	Cemento Quisc	ENTREGADO	66578	92	Distribuidores	Provincia	209166239
PELAMCH01	F564	Cliente 39	Jose Leonardo O	860	36.550	860	Cemento Quisc	ENTREGADO	66578	92	Distribuidores	Provincia	209166239
PELAMCH01	F564	Cliente 39	Jose Leonardo O	860	36.550	860	Cemento Quisc	ENTREGADO	66578	92	Distribuidores	Bombona	209166239
PELAMCH01	F564	Cliente 39	Jose Leonardo O	860	36.550	860	Cemento Quisc	ENTREGADO	66578	92	Distribuidores	Bombona	209166239
PELAMCH01	F564	Cliente 39	Jose Leonardo O	860	36.550	860	Cemento Quisc	ENTREGADO	66578	92	Distribuidores	Provincia	209171721
PELAMCH01	F564	Cliente 39	Jose Leonardo O	860	36.550	860	Cemento Quisc	ENTREGADO	66578	92	Distribuidores	Provincia	209171721
PELAMCH01	F564	Cliente 39	Jose Leonardo O	860	36.550	860	Cemento Quisc	ENTREGADO	66578	92	Distribuidores	Provincia	209171721
PELAMCH01	F564	Cliente 39	Jose Leonardo O	860	36.550	860	Cemento Quisc	ENTREGADO	66578	92	Distribuidores	Provincia	209171721
PELAMCH01	F564	Cliente 39	Jose Leonardo O	860	36.550	860	Cemento Quisc	ENTREGADO	66578	92	Distribuidores	Provincia	209171721
PELAMCH01	F564	Cliente 39	Jose Leonardo O	860	36.550	860	Cemento Quisc	ENTREGADO	66578	92	Distribuidores	Provincia	209171721
PELAMCH01	F564	Cliente 39	Jose Leonardo O	860	36.550	860	Cemento Quisc	ENTREGADO	66578	92	Distribuidores	Provincia	209171721
PELAMCH01	F564	Cliente 39	Jose Leonardo O	860	36.550	860	Cemento Quisc	ENTREGADO	66578	92	Distribuidores	Provincia	209171721
PELIMLIM42	F564	Cliente 40	Villa el Salvador	200	8.500	200	Cemento Quisc	ENTREGADO	66971	99	Distribuidores	Fletero	209278127
PELIMLIM06	F564	Cliente 41	Carabayllo	850	36.125	850	Cemento Quisc	ENTREGADO	65804	60	Distribuidores	Tráiler	209169808
PELIMLIM10	F564	Cliente 42	Comas	400	17	400	Cemento Quisc	ENTREGADO	66889	53	Industriales	Fletero	209342675

Fuente: Elaboración propia

'Proceso para juntar pedidos de un mismo cliente con diferente tipo de material

```

Sheets("Fletero").Select
Range("A1").Select
Selection.AutoFilter
ActiveWorkbook.Worksheets("Fletero").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("Fletero").AutoFilter.Sort.SortFields.Add2 Key:= _
    Range("F1:F26"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption _
    :=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("Fletero").AutoFilter.Sort
    .Header = xlYes
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With
ActiveWorkbook.Worksheets("Fletero").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("Fletero").AutoFilter.Sort.SortFields.Add2 Key:= _
    Range("C1:C26"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:= _
    xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("Fletero").AutoFilter.Sort
    .Header = xlYes
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With
UFVFLEROS = Worksheets("Fletero").Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Row
For i = 3 To UFVFLEROS
    If Cells(i, 10) = Cells(i + 1, 10) And Cells(i, 6) + Cells(i + 1, 6) <= 17 Then
        Cells(i + 1, 5) = Cells(i + 1, 5) + Cells(i, 5)
        Cells(i + 1, 6) = Cells(i + 1, 6) + Cells(i, 6)
        Cells(i, 5) = "X"
    End If
Next i

```

Figura 13
Consolidación de pedidos según código de obra

Antes:

Zona Trans	Código	Nombre de cliente	Colonia	Pend	Ton	Cant	Denominación	Modalidad	Destinatario	Cliente	Unidad	Orden
F564	F564	-	-	0	0.000	-	-	-	-	-	-	-
PELIMLIM30	F564	Cliente 23	San Juan de Mira	300	12.750	300	Cemento Quisc ENTREGADO	-	65338630	Distribuidores	Fletero	209279879
PELIMLIM30	F564	Cliente 23	San Juan de Mira	100	4.250	100	Cemento Quisc ENTREGADO	-	65338630	Distribuidores	Fletero	209342267

Después:

Zona Trans	Código	Nombre de cliente	Colonia	Pend	Ton	Cant	Denominación	Modalidad	Destinatario	Cliente	Unidad	Orden
F564	F564	-	-	0	0.000	-	-	-	-	-	-	-
PELIMLIM30	F564	Cliente 23	San Juan de Mira	400	17.000	400	Cemento Quisc ENTREGADO	-	65338630	Distribuidores	Fletero	209279879

Fuente: Elaboración propia

Borrar todas las filas que tengan X como restricción

For X = UFVFLETEROS To 3 Step -1

If Cells(X, 5) = "X" Then

Cells(X, 5).EntireRow.Delete

End If

Next X

Rellena Código de Distrito + Contador de repetición en hoja de Pedidos

Sheets("Fletero").Select

Range("D1").Select

Selection.AutoFilter

UFV = Worksheets("Fletero").Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Row

For i = 3 To UFV

Cells(i, 2) = Sheets("Fletero").Cells(i, 1) & Sheets("BASE

PROGRAMA").Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("A3:A" & i), Range("A" & i))

Next i

Llena encabezados x e y previo al llenado de datos

Sheets("Fletero").Select

Range("B3").Select

Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select

Selection.Copy

Sheets("BASE PROGRAMA").Select

Range("A3").Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Range("A2").Select

Application.CutCopyMode = False

ActiveCell.FormulaR1C1 = "F564"

Range("A2").Select

Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select

Selection.Copy

```
Range("B1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteAll, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=True
'Llena distancias entre clientes
Sheets("BASE PROGRAMA").Select
UFV = Worksheets("BASE PROGRAMA").Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Row
j = 1
Do
    j = j + 1
    For i = 2 To UFV
        coincidir = Application.Match(Left(Sheets("BASE PROGRAMA").Range("A" &
j).value, 10), ENCABEZADO, 0)
        Cells(i, j) = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(Worksheets("BASE
PROGRAMA").Cells(i, 1), 10), BASEGENERAL, coincidir, 0)
    Next i
Loop Until j > UFV - 1
```

Figura 14
Matriz de distancias por distritos para programación modelo

FS64	PELIMM411	PELIMM291	PELIMM421	PELIMM121	PELIMM091	PELIMM221	PELIMM031	PELIMM131	PELIMM081	PELIMM061	PELIMM301	PELIMM251	PELIMM151	PELIMM361	PELIMM252	PELIMM253	PECALVEN011	PELIMM271	PELIMM422	PELIMM101	PELIMM191	PELIMHCH191	PELIMHCH192	PELIMHCH193	PELIMM423	
FS64	0	35.6	33.1	46.5	13.3	55.9	63.9	32.5	17.9	32.7	22.5	38.4	21	23.4	12.2	21	21	13.2	15.6	46.5	16.6	56.6	38.3	38.3	38.3	46.5
PELIMM411	35.6	0	22.7	18.9	16.1	31.7	32.9	26.3	11.1	11.3	42.3	10.8	33.7	5.5	12.1	33.7	33.7	36.1	10.6	18.9	35.8	29.7	30.3	30.3	30.3	18.9
PELIMM291	33.1	22.7	0	33.6	18.7	40.4	54.9	19.6	18.5	28.6	34.9	25.4	40.6	13.5	25.2	40.6	40.6	39.1	23.6	33.6	28.7	47.4	9.7	9.7	9.7	33.6
PELIMM421	46.5	18.9	33.6	0	37.8	35.2	16.9	37.2	26.7	11.7	51	11.8	54.1	22.5	29.9	54.1	54.1	57.8	28.5	0	46.7	9.7	41.1	41.1	41.1	0
PELIMM121	13.3	16.1	18.7	37.8	0	45.2	55.4	26	11.6	25.2	18.9	29.6	16.3	13.2	14.8	16.3	16.3	23.5	12.1	37.8	13.9	47.8	26.5	26.5	26.5	37.8
PELIMM091	55.9	31.7	40.4	35.2	45.2	0	20.1	46.6	36.2	45.4	60.4	35.5	58.9	35.1	49.2	58.9	58.9	63.7	39	35.2	53.7	26.6	52.4	52.4	52.4	35.2
PELIMM221	63.9	32.9	54.9	16.9	55.4	20.1	0	54.5	44	24.8	68.4	27	68.4	39.9	41.7	68.4	68.4	73.5	48.2	16.9	64.1	7.2	60.6	60.6	60.6	16.9
PELIMM031	32.5	26.3	19.6	37.2	26	46.6	54.5	0	28.4	33.6	39.6	29.1	39.6	24.9	30.1	39.6	39.6	44.5	25.7	37.2	34.5	47.3	21.3	21.3	21.3	37.2
PELIMM131	17.9	11.1	18.5	26.7	11.6	36.2	44	28.4	0	14.7	28.1	18.5	27	4.8	6.1	27	27	30.1	2.4	26.7	21.8	36.7	26.2	26.2	26.2	26.7
PELIMM081	32.7	11.3	28.6	11.7	25.2	45.4	24.8	33.6	14.7	0	49.6	6.3	42.6	15.7	17.2	42.6	42.6	42.2	16.3	11.7	35.5	17.6	39.6	39.6	39.6	11.7
PELIMM061	22.5	42.3	34.9	51	18.9	60.4	68.4	39.6	28.1	49.6	0	42.9	8.5	27.2	27.5	8.5	8.5	19.8	25.8	51	5.4	61.1	43.8	43.8	43.8	51
PELIMM301	38.4	10.8	25.4	11.8	29.6	35.5	27	29.1	18.5	6.3	42.9	0	45.9	14.3	18.7	45.9	45.9	47.7	20.3	11.8	38.5	17.7	35	35	35	11.8
PELIMM251	21	33.7	40.6	54.1	16.3	58.9	68.4	39.6	27	42.6	8.5	45.9	0	27.2	31.1	0	0	11.4	27.1	54.1	11.6	60.9	42.3	42.3	42.3	54.1
PELIMM151	23.4	5.5	13.5	22.5	13.2	35.1	39.9	24.9	4.8	15.7	27.2	14.3	27.2	0	13.4	27.2	27.2	32	6.8	22.5	23.3	32.6	23.7	23.7	23.7	22.5
PELIMM361	12.2	12.1	25.2	29.9	14.8	49.2	41.7	30.1	6.1	17.2	27.5	18.7	31.1	13.4	0	31.1	31.1	23.8	3.9	29.9	23.8	34.2	33.7	33.7	33.7	29.9
PELIMM252	21	33.7	40.6	54.1	16.3	58.9	68.4	39.6	27	42.6	8.5	45.9	0	27.2	31.1	0	0	11.4	27.1	54.1	11.6	60.9	42.3	42.3	42.3	54.1
PELIMM253	21	33.7	40.6	54.1	16.3	58.9	68.4	39.6	27	42.6	8.5	45.9	0	27.2	31.1	0	0	11.4	27.1	54.1	11.6	60.9	42.3	42.3	42.3	54.1
PECALVEN011	13.2	36.1	39.1	57.8	23.5	63.7	73.5	44.5	30.1	42.2	19.8	47.7	11.4	32	23.8	11.4	11.4	0	25.9	23	70.3	48.7	48.7	48.7	48.7	57.8
PELIMM271	15.6	10.6	23.6	28.5	12.1	39	48.2	25.7	2.4	16.3	25.8	20.3	27.1	6.8	3.9	27.1	27.1	25.9	0	28.5	21.5	45	27.4	27.4	27.4	28.5
PELIMM422	46.5	18.9	33.6	0	37.8	35.2	16.9	37.2	26.7	11.7	51	11.8	54.1	22.5	29.9	54.1	54.1	57.8	28.5	0	46.7	9.7	41.1	41.1	41.1	0
PELIMM101	16.6	35.8	28.7	46.7	13.9	53.7	64.1	34.5	21.8	35.5	5.4	38.5	11.6	23.3	23.8	11.6	11.6	23	21.5	46.7	0	56.8	38.6	38.6	38.6	46.7
PELIMM191	56.6	29.7	47.4	9.7	47.8	26.6	7.2	47.3	36.7	17.6	61.1	17.7	60.9	32.6	34.2	60.9	60.9	70.3	45	9.7	56.8	0	53.5	53.5	53.5	9.7
PELIMHCH191	38.3	30.3	9.7	41.1	26.5	52.4	60.6	21.3	26.2	39.6	43.8	35	42.3	23.7	33.7	42.3	42.3	48.7	27.4	41.1	38.6	53.5	0	0	0	41.1
PELIMHCH192	38.3	30.3	9.7	41.1	26.5	52.4	60.6	21.3	26.2	39.6	43.8	35	42.3	23.7	33.7	42.3	42.3	48.7	27.4	41.1	38.6	53.5	0	0	0	41.1
PELIMHCH193	38.3	30.3	9.7	41.1	26.5	52.4	60.6	21.3	26.2	39.6	43.8	35	42.3	23.7	33.7	42.3	42.3	48.7	27.4	41.1	38.6	53.5	0	0	0	41.1
PELIMM423	46.5	18.9	33.6	0	37.8	35.2	16.9	37.2	26.7	11.7	51	11.8	54.1	22.5	29.9	54.1	54.1	57.8	28.5	0	46.7	9.7	41.1	41.1	41.1	0

Fuente: Elaboración propia

'Sub ARMA_BASE_LOGICA_PROGRAMA()-----

Importante:

'La base de la Figura 15 incluye la fórmula base del algoritmo de Clarke & Wright (Columna 11):

'Criterio de ahorro (Ahorro de distancia recorrida):

'Ahorro = d (Almacén, Cliente i) + d (Almacén , Cliente j) – d (Cliente i, Cliente j)

Llenado combinación entre clientes

```
Sheets("KM Total (1)").Select
UFV = Worksheets("Fletero").Range("B" & Rows.Count).End(xlUp).Row
n = (((UFV - 2) * ((UFV - 2) + 1) / 2))
b = 1
Do
  b = b + 1
  C = Worksheets("KM Total (1)").Range("D" & Rows.Count).End(xlUp).Row
  d = UFV + 1 - b
  For i = 1 + C To C + d - 1
    Sheets("KM Total (1)").Cells(i, 4) = Sheets("Fletero").Cells(b, 2)
  Next i
Loop Until d = 1
e = 1
Do
  e = e + 1
  f = Worksheets("KM Total (1)").Range("E" & Rows.Count).End(xlUp).Row
  g = UFV + 1 - e
  h = 0
  For i = 1 + f To f + g - 1
    h = h + 1
    Sheets("KM Total (1)").Cells(i, 5) = Sheets("Fletero").Cells(h + e, 2)
  Next i
Loop Until g = 1

Sheets("KM Total (1)").Cells(2, 2).Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("B2", "B" & n + 1), Type:=xlFillCopy
Range("B2", "B" & n + 1).Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-30
Range("H2:V2").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("H2", "V" & n + 1), Type:=xlFillCopy
Range("H2", "V" & n + 1).Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-30
```

Figura 15
 Tabla de distancias, pesos y disponibilidad generada para modelo de programación

Restricción	Origen	Código de zonas de transporte				Distancia entre zonas de transporte				Distancia entre zonas de transporte				Carga por ruta y disponibilidad por ocupabilidad			
		r	i	j	k	l	0-i	0-j	i-j	Total	r	i	j	k	l	Carga	Disponible
F564	F564		F564	PELIMLIM423			0.00	46.50	46.50	0.00			4.25		4.25	12.75	Optimizar
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM291			35.60	33.10	22.70	46.00			8.5	8.5	17	Completo	Ruta Cerrada	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM421			35.60	46.50	18.90	63.20			8.5	4.25	12.75	4.25	Optimizar	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM121			35.60	13.30	16.10	32.80			8.5	8.5	17	Completo	Ruta Cerrada	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM091			35.60	55.90	31.70	59.80			8.5	17	25.5	Exceso	Optimizar	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM221			35.60	63.90	32.90	66.60			8.5	17	25.5	Exceso	Optimizar	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM031			35.60	32.50	26.30	41.80			8.5	17	25.5	Exceso	Optimizar	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM131			35.60	17.90	11.10	42.40			8.5	2.125	10.625	6.375	Optimizar	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM081			35.60	32.70	11.30	57.00			8.5	2.125	10.625	6.375	Optimizar	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM061			35.60	22.50	42.30	15.80			8.5	4.25	12.75	4.25	Optimizar	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM301			35.60	38.40	10.80	63.20			8.5	17	25.5	Exceso	Optimizar	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM251			35.60	21.00	33.70	22.90			8.5	17	25.5	Exceso	Optimizar	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM151			35.60	23.40	5.50	53.50			8.5	4.25	12.75	4.25	Optimizar	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM361			35.60	12.20	12.10	35.70			8.5	4.25	12.75	4.25	Optimizar	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM252			35.60	21.00	33.70	22.90			8.5	6.375	14.875	2.125	Optimizar	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM253			35.60	21.00	33.70	22.90			8.5	8.5	17	Completo	Ruta Cerrada	
F564	PELIMLIM411		PECALVEN011			35.60	13.20	36.10	12.70			8.5	17	25.5	Exceso	Optimizar	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM271			35.60	15.60	10.60	40.60			8.5	6.375	14.875	2.125	Optimizar	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM422			35.60	46.50	18.90	63.20			8.5	8.5	17	Completo	Ruta Cerrada	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM101			35.60	16.60	35.80	16.40			8.5	17	25.5	Exceso	Optimizar	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM191			35.60	56.60	29.70	62.50			8.5	8.5	17	Completo	Ruta Cerrada	
F564	PELIMLIM411		PELIMHCH191			35.60	38.30	30.30	43.60			8.5	17	25.5	Exceso	Optimizar	
F564	PELIMLIM411		PELIMHCH192			35.60	38.30	30.30	43.60			8.5	17	25.5	Exceso	Optimizar	
F564	PELIMLIM411		PELIMHCH193			35.60	38.30	30.30	43.60			8.5	8.5	17	Completo	Ruta Cerrada	
F564	PELIMLIM411		PELIMLIM423			35.60	46.50	18.90	63.20			8.5	4.25	12.75	4.25	Optimizar	
F564	PELIMLIM291		PELIMLIM421			33.10	46.50	33.60	46.00			8.5	4.25	12.75	4.25	Optimizar	
F564	PELIMLIM291		PELIMLIM121			33.10	13.30	18.70	27.70			8.5	8.5	17	Completo	Ruta Cerrada	
F564	PELIMLIM291		PELIMLIM091			33.10	55.90	40.40	48.60			8.5	17	25.5	Exceso	Optimizar	
F564	PELIMLIM291		PELIMLIM221			33.10	63.90	54.90	42.10			8.5	17	25.5	Exceso	Optimizar	
F564	PELIMLIM291		PELIMLIM031			33.10	32.50	19.60	46.00			8.5	17	25.5	Exceso	Optimizar	
F564	PELIMLIM291		PELIMLIM131			33.10	17.90	18.50	32.50			8.5	2.125	10.625	6.375	Optimizar	

Fuente: Elaboración propia

'Sub PROGRAMACIÓN()

```

    Sheets("KM Total (1)").Select
    'Bucle para eliminar pedidos completos
Inicio:
If Cells(3, 4) = "" Then
GoTo final
    Else
        i = 1
        j = 1
        Do
            i = i + 1
            If Cells(2, 4) = "F564" Then
                If Cells(2, 18) = "Completo" Then
                    GoTo CopiayEliminaDeBase
                Else
                    If Cells(2, 18) <> "Completo" Then
                        If Cells(2, 4) = "F564" Then
                            'Copia datos en otra hoja y elimina última fila
                            UFSINPROGRAMA = Worksheets("SIN PROGRAMA").Range("B" &
Rows.Count).End(xlUp).Row
                                Worksheets("KM Total (1)").Cells(2, 5).Select
                                Selection.Copy
                                Sheets("SIN PROGRAMA").Select
                                Cells(UFSINPROGRAMA + 1, 2).Select
                                Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteAll, Operation:=xlNone, SkipBlanks:=
-
                                    False, Transpose:=True
                                    Worksheets("KM Total (1)").Cells(2, 4).EntireRow.Delete
                                End If
                            End If
                        End If
                    End If
                End If
                Worksheets("KM Total (1)").Select
Loop Until Cells(2, 4) <> "F564"
'Ordenar de Menos a Más
Sheets("KM Total (1)").Select
Range("K1").Select
Selection.AutoFilter
Worksheets("KM Total (1)").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
Worksheets("KM Total (1)").AutoFilter.Sort.SortFields.Add Key _
:=Range("K1:K55"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption _
:=xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("KM Total (1)").AutoFilter.Sort
    .Header = xlYes

```

```

.MatchCase = False
.Orientation = xlTopToBottom
.SortMethod = xlPinYin
.Apply
End With
Selection.AutoFilter
'Colocar X
If Cells(2, 1) = "" Then
UF = Range("Q" & Rows.Count).End(xlUp).Row
For a = 1 To UF - 1
If Cells(a + 1, 18) = "Exceso" Then
Cells(a + 1, 1) = "X"
Else
If Cells(a + 1, 18) = "Completo" Then
Cells(a + 1, 1) = "Completo"
Else
If Cells(a + 1, 18) = " " Then
Cells(a + 1, 1) = " "
Else
Cells(a + 1, 1) = "Consolidar"
End If
End If
End If
End If
Next a
'Borrar todas las filas que tengan X como restricción
For X = UF To 2 Step -1
If Cells(X, 1) = "X" Then
Cells(X, 1).EntireRow.Delete
End If
Next X
End If
'Bucle que hace repetir la secuencia de condicionales hasta llegar a la fila 1
Do
UF = Range("Q" & Rows.Count).End(xlUp).Row
j = j + 5
p = 1
q = 1
r = 1
s = 1
t = 1
u = 1
'Condicionales en base a restricciones
If Cells(2, 19) = "Ruta Cerrada" And Cells(2, 10) < 20 Then
'Quitar primer par de filtro hacia abajo
'Borra clientes (i,j) de i

```

```

Range("D1").Select
Selection.AutoFilter
ActiveSheet.Range("$A$1:$AB$200").AutoFilter Field:=4, Criteria1:=Cells(2,
4), _
    Operator:=xlOr, Criteria2:=Cells(2, 5)
Range("A3", "A" & UF).Select
Selection = "X"
For X = UF To 3 Step -1
    If Cells(X, 1) = "X" Then
        Cells(X, 1).EntireRow.Delete
    End If
Next X
Range("D3").Select
Selection.AutoFilter
'Borra clientes (i,j) de j
Range("E1").Select
Selection.AutoFilter
ActiveSheet.Range("$A$1:$AB$200").AutoFilter Field:=5, Criteria1:=Cells(2,
4), _
    Operator:=xlOr, Criteria2:=Cells(2, 5)
Range("A3", "A" & UF).Select
Selection = "X"
For X = UF To 3 Step -1
    If Cells(X, 1) = "X" Then
        Cells(X, 1).EntireRow.Delete
    End If
Next X
Range("D3").Select
Selection.AutoFilter
GoTo CopiayEliminaDeBase
End If
If Cells(2, 19) <> "Ruta Cerrada" Then
'-----Búsqueda de valor i en en columna (i,j) y coloca en columna r
Range("D2").Select
Do
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    p = p + 1
Loop Until ActiveCell.value = Cells(2, 4) Or ActiveCell.value = ""
Range("E2").Select
Do
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    q = q + 1
Loop Until ActiveCell.value = Cells(2, 4) Or ActiveCell.value = ""
If p > q Then
    Cells(2, 3) = Cells(q + 1, 5).Offset(0, -1)

```

```

Else
Cells(2, 3) = Cells(p + 1, 4).Offset(0, 1)
End If
If Cells(2, 18) = "Exceso" Then
If Cells(2, 3) = Cells(q + 1, 5).Offset(0, -1) Then
Cells(2, 3) = Cells(p + 1, 4).Offset(0, 1)
Else
Cells(2, 3) = Cells(q + 1, 5).Offset(0, -1)
End If
If Cells(2, 3) = Cells(p + 1, 5).Offset(0, 1) Then
Cells(2, 3) = Cells(p + 1, 4).Offset(0, 1)
Else
Cells(2, 3) = Cells(q + 1, 5).Offset(0, -1)
End If
End If
If Cells(2, 18) = "Exceso" Then
Cells(2, 3) = ""
End If

```

'Restricción de consolidación de distancia hasta 17 km

```

If Cells(2, 3) <> "" Then
If Cells(2, 20) > 17 Then
Cells(2, 3) = ""
End If
End If

```

'Restricción de peso

```

If Cells(2, 17) > 17 Then
Cells(2, 3) = ""
End If

```

'Borra clientes (i) de i

```

Range("D1").Select
Selection.AutoFilter
ActiveSheet.Range("$A$1:$AB$200").AutoFilter Field:=4,

```

Criteria1:=Cells(2, 4)

```

Range("A3", "A" & UF).Select
Selection = "X"
For X = UF To 3 Step -1
If Cells(X, 1) = "X" Then
Cells(X, 1).EntireRow.Delete
End If
Next X

```

```

Range("D3").Select
Selection.AutoFilter
'Borra clientes (i) de j
Range("D1").Select
Selection.AutoFilter

```

```

ActiveSheet.Range("$A$1:$AB$200").AutoFilter Field:=5,
Criteria1:=Cells(2, 4)
Range("A3", "A" & UF).Select
Selection = "X"
For X = UF To 3 Step -1
If Cells(X, 1) = "X" Then
Cells(X, 1).EntireRow.Delete
End If
Next X
Range("D3").Select
Selection.AutoFilter
If Cells(2, 3) <> "" Then
'Borra clientes (r) de i
Range("D1").Select
Selection.AutoFilter
ActiveSheet.Range("$A$1:$AB$200").AutoFilter Field:=4,
Criteria1:=Cells(2, 3)
Range("A3", "A" & UF).Select
Selection = "X"
For X = UF To 3 Step -1
If Cells(X, 1) = "X" Then
Cells(X, 1).EntireRow.Delete
End If
Next X
Range("D3").Select
Selection.AutoFilter
'Borra clientes (r) de j
Range("D1").Select
Selection.AutoFilter
ActiveSheet.Range("$A$1:$AB$200").AutoFilter Field:=5,
Criteria1:=Cells(2, 3)
Range("A3", "A" & UF).Select
Selection = "X"
For X = UF To 3 Step -1
If Cells(X, 1) = "X" Then
Cells(X, 1).EntireRow.Delete
End If
Next X
Range("D3").Select
Selection.AutoFilter
End If
'-----Búsqueda de valor j en en columna (i,j) y coloca en columna k
Range("D2").Select
Do
ActiveCell.Offset(1, 0).Select

```

```

    r = r + 1
Loop Until ActiveCell.value = Cells(2, 5) Or ActiveCell.value = ""
Range("E2").Select
Do
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    s = s + 1
Loop Until ActiveCell.value = Cells(2, 5) Or ActiveCell.value = ""
If r > s Then
    Cells(2, 6) = Cells(s + 1, 5).Offset(0, -1)
Else
    Cells(2, 6) = Cells(r + 1, 4).Offset(0, 1)
End If
If Cells(2, 18) = "Exceso" Then
    If Cells(2, 6) = Cells(s + 1, 5).Offset(0, -1) Then
        Cells(2, 6) = Cells(r + 1, 4).Offset(0, 1)
    Else
        Cells(2, 6) = Cells(s + 1, 5).Offset(0, -1)
    End If
    If Cells(2, 6) = Cells(r + 1, 4).Offset(0, 1) Then
        Cells(2, 6) = Cells(r + 1, 4).Offset(0, 1)
    Else
        Cells(2, 6) = Cells(s + 1, 5).Offset(0, -1)
    End If
End If
If Cells(2, 18) = "Exceso" Then
    Cells(2, 6) = ""
End If
'Restricción de consolidación de distancia hasta 17 km
If Cells(2, 6) <> "" Then
    If Cells(2, 21) > 17 Then
        Cells(2, 6) = ""
    End If
End If
'Restricción de peso
If Cells(2, 17) > 17 Then
    Cells(2, 6) = ""
End If
End If
'Borra clientes (j) de i
Range("D1").Select
Selection.AutoFilter
ActiveSheet.Range("$A$1:$AB$46").AutoFilter Field:=4,
Criteria1:=Cells(2, 5)
Range("A3", "A" & UF).Select
Selection = "X"

```

```

For X = UF To 3 Step -1
  If Cells(X, 1) = "X" Then
    Cells(X, 1).EntireRow.Delete
  End If
Next X
Range("D3").Select
Selection.AutoFilter
'Borra clientes (j) de j
Range("D1").Select
Selection.AutoFilter
ActiveSheet.Range("$A$1:$AB$46").AutoFilter Field:=5,
Criteria1:=Cells(2, 5)
Range("A3", "A" & UF).Select
Selection = "X"
For X = UF To 3 Step -1
  If Cells(X, 1) = "X" Then
    Cells(X, 1).EntireRow.Delete
  End If
Next X
Range("D3").Select
Selection.AutoFilter
'-----Búsqueda de valor k en en columna (i,j) y coloca en columna l
If Cells(2, 6) <> "" Then
  Range("D2").Select
  Do
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    t = t + 1
  Loop Until ActiveCell.value = Cells(2, 6) Or ActiveCell.value = ""
  Range("E2").Select
  Do
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    u = u + 1
  Loop Until ActiveCell.value = Cells(2, 6) Or ActiveCell.value = ""
  If t > u Then
    Cells(2, 7) = Cells(u + 1, 5).Offset(0, -1)
  Else
    Cells(2, 7) = Cells(t + 1, 4).Offset(0, 1)
  End If
  If Cells(2, 18) = "Exceso" Then
    If Cells(2, 7) = Cells(u + 1, 5).Offset(0, -1) Then
      Cells(2, 7) = Cells(t + 1, 4).Offset(0, 1)
    Else
      Cells(2, 7) = Cells(u + 1, 5).Offset(0, -1)
    End If
    If Cells(2, 7) = Cells(t + 1, 5).Offset(0, 1) Then

```

```

        Cells(2, 7) = Cells(t + 1, 5).Offset(0, 1)
    Else
        Cells(2, 7) = Cells(u + 1, 4).Offset(0, -1)
    End If
End If
If Cells(2, 18) = "Exceso" Then
    Cells(2, 7) = ""
End If
'Restricción de consolidación de distancia hasta 15 km
If Cells(2, 7) <> "" Then
    If Cells(2, 22) > 15 Then
        Cells(2, 7) = ""
    End If
End If
'Restricción de peso
If Cells(2, 17) > 17 Then
    Cells(2, 7) = ""
End If
End If
If Cells(2, 6) <> "" Then
    'Borra clientes (k) de i
    Range("D1").Select
    Selection.AutoFilter
    ActiveSheet.Range("$A$1:$AB$46").AutoFilter Field:=4,
Criteria1:=Cells(2, 6)
    Range("A3", "A" & UF).Select
    Selection = "X"
    For X = UF To 3 Step -1
        If Cells(X, 1) = "X" Then
            Cells(X, 1).EntireRow.Delete
        End If
    Next X
    Range("D3").Select
    Selection.AutoFilter
    'Borra clientes (k) de j
    Range("D1").Select
    Selection.AutoFilter
    ActiveSheet.Range("$A$1:$AB$46").AutoFilter Field:=5,
Criteria1:=Cells(2, 6)
    Range("A3", "A" & UF).Select
    Selection = "X"
    For X = UF To 3 Step -1
        If Cells(X, 1) = "X" Then
            Cells(X, 1).EntireRow.Delete
        End If
    End If

```

```

        Next X
        Range("D3").Select
        Selection.AutoFilter
    End If
    If Cells(2, 7) <> "" Then
        'Borra clientes (l) de i
        Range("D1").Select
        Selection.AutoFilter
        ActiveSheet.Range("$A$1:$AB$46").AutoFilter Field:=4,
Criteria1:=Cells(2, 7)
        Range("A3", "A" & UF).Select
        Selection = "X"
        For X = UF To 3 Step -1
            If Cells(X, 1) = "X" Then
                Cells(X, 1).EntireRow.Delete
            End If
        Next X
        Range("D3").Select
        Selection.AutoFilter
        'Borra clientes (l) de j
        Range("D1").Select
        Selection.AutoFilter
        ActiveSheet.Range("$A$1:$AB$46").AutoFilter Field:=5,
Criteria1:=Cells(2, 7)
        Range("A3", "A" & UF).Select
        Selection = "X"
        For X = UF To 3 Step -1
            If Cells(X, 1) = "X" Then
                Cells(X, 1).EntireRow.Delete
            End If
        Next X
        Range("D3").Select
        Selection.AutoFilter
    End If
CopiaEliminaDeBase:
final:
    consolid = consolid + 1
    'Copia datos en otra hoja y elimina última fila
    UFPROGRAMA = Worksheets("PROGRAMA").Range("B" &
Rows.Count).End(xlUp).Row
        Range("C2:G2").Select
        Selection.Copy
        Sheets("PROGRAMA").Select
        Cells(UFPROGRAMA + 2, 2).Select

```

```

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteAll, Operation:=xlNone, SkipBlanks:=
-
False, Transpose:=True

For i = UFPROGRAMA + 2 To UFPROGRAMA + 6
  Worksheets("PROGRAMA").Cells(i, 1) = consolid
Next i
'Cambiar hoja
Sheets("KM Total (1)").Select
ActiveCell.Rows("1:1").EntireRow.Select
Selection.Delete Shift:=xlUp
If Cells(2, 4) <> "" Then
  GoTo Inicio
End If
Loop Until Cells(3, 4) = ""
End If
'Tratamiento de Datos posterior al borrador de la programación-----
Sheets("PROGRAMA").Select
UFPROGRAMA = Worksheets("PROGRAMA").Range("B" &
Rows.Count).End(xlUp).Row
For X = UFPROGRAMA To 2 Step -1
  If Cells(X, 2) = "F564" Then
    Cells(X, 2).EntireRow.Delete
  End If
Next X
For X = UFPROGRAMA + 3 To 2 Step -1
  If Cells(X, 2) = "" Then
    Cells(X, 2).EntireRow.Delete
  End If
Next X
'-----Coloca datos en Hoja Programa
UFPROGRAMA = Worksheets("PROGRAMA").Range("B" &
Rows.Count).End(xlUp).Row
'Coloca nombre de cliente
For i = 2 To UFPROGRAMA
  Cells(i, 3) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("PROGRAMA").Cells(i, 2), _
Worksheets("Fletero").Range("B:N"), 2, 0)
Next i
'Coloca Distrito
For i = 2 To UFPROGRAMA
  Cells(i, 4) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("PROGRAMA").Cells(i, 2), _
Worksheets("Fletero").Range("B:N"), 3, 0)
Next i

```

```

'Coloca Peso
For i = 2 To UFPROGRAMA
    Cells(i, 5) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("PROGRAMA").Cells(i, 2), _
    Worksheets("Fletero").Range("B:N"), 4, 0)
Next i
'Coloca Tonelaje
For i = 2 To UFPROGRAMA
    Cells(i, 6) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("PROGRAMA").Cells(i, 2), _
    Worksheets("Fletero").Range("B:N"), 5, 0)
Next i
'Coloca si pertenece a pedidos programados
For i = 2 To UFPROGRAMA
    Cells(i, 7) = "Programado"
Next i
'Coloca si pertenece a sector industrial o distribuidor
For i = 2 To UFPROGRAMA
    Cells(i, 8) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("PROGRAMA").Cells(i, 2), _
    Worksheets("Fletero").Range("B:N"), 10, 0)
Next i
'Coloca número de orden
For i = 2 To UFPROGRAMA
    Cells(i, 9) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("PROGRAMA").Cells(i, 2), _
    Worksheets("Fletero").Range("B:N"), 12, 0)
Next i
'Coloca Código de Destinatario
For i = 2 To UFPROGRAMA
    Cells(i, 10) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("PROGRAMA").Cells(i, 2), _
    Worksheets("Fletero").Range("B:N"), 9, 0)
Next i
'Coloca Distancia al COO
On Error Resume Next
For i = 2 To UFPROGRAMA
    Cells(i, 11) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(Worksheets("PROGRAMA").Cells(i, 2), 10), _
    Worksheets("GENERAL").Range("BA:BB"), 2, 0)
Next i
'-----Coloca datos en Hoja Sin Programa
UFSINPROGRAMA = Worksheets("SIN PROGRAMA").Range("B" &
Rows.Count).End(xlUp).Row
Sheets("SIN PROGRAMA").Select

```

```

'Quita duplicados de hoja de pedidos sin Programa
  Sheets("SIN PROGRAMA").Range("A100:H100").Select
  ActiveSheet.Range("$A$1:$H$100").RemoveDuplicates Columns:=2, Header:=xlYes
  UFSINPROGRAMA = Worksheets("SIN PROGRAMA").Range("B" &
Rows.Count).End(xlUp).Row
'Coloca si pertenece a pedidos programados
For i = 2 To UFSINPROGRAMA
  Cells(i, 7) = "No Programado"
Next i
'Busca valores repetidos en No Programados y los elimina
For i = 2 To UFSINPROGRAMA
  On Error Resume Next
  Cells(i, 8) = Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("SIN
PROGRAMA").Cells(i, 2), _
    Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 6, 0)
Next i
For X = UFSINPROGRAMA To 2 Step -1
  If Cells(X, 8) = "Programado" Then
    Cells(X, 8).EntireRow.Delete
  End If
Next X
Sheets("KM Total (2)").Select
Range("A1:AA2").Select
Selection.Copy
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("KM Total (1)").Select
Range("A1").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("BASE PROGRAMA").Select
Sheets("BASE PROGRAMA").Range("A:CV").Select
Selection.ClearContents

```

'Sub ARMAR_TABLA_DE_DATOS()

```

sinprogramar = Sheets("SIN PROGRAMA").Range("B" & Rows.Count).End(xlUp).Row -
1
  UFSINPROGRAMA = Worksheets("SIN PROGRAMA").Range("B" &
Rows.Count).End(xlUp).Row
  UFPROGRAMA = Worksheets("PROGRAMA").Range("B" &
Rows.Count).End(xlUp).Row
  contfinal = contfinal + 1
  consolid = consolid + 1
  If sinprogramar <= 2 Then
    For a = 2 To 3

```

```

Sheets("SIN PROGRAMA").Select
Sheets("SIN PROGRAMA").Range("B" & a, "G" & a).Select
    Selection.Cut
    Sheets("PROGRAMA").Select
    Cells(UFPROGRAMA + 1, 2).Select
    ActiveSheet.Paste
    Cells(UFPROGRAMA + 1, 1) = consolid
    Sheets("SIN PROGRAMA").Select
    UFPROGRAMA = Worksheets("PROGRAMA").Range("B" &
Rows.Count).End(xlUp).Row
    Next a
    UFPROGRAMA = Worksheets("PROGRAMA").Range("B" &
Rows.Count).End(xlUp).Row
    'Coloca nombre de cliente
    Sheets("Programa").Select
    For i = UFPROGRAMA - 1 To UFPROGRAMA
        Cells(i, 3) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("PROGRAMA").Cells(i, 2), _
        Worksheets("Fletero").Range("B:N"), 2, 0)
    Next i
    'Coloca Distrito
    For i = UFPROGRAMA - 1 To UFPROGRAMA
        Cells(i, 4) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("PROGRAMA").Cells(i, 2), _
        Worksheets("Fletero").Range("B:N"), 3, 0)
    Next i
    'Coloca Peso
    For i = UFPROGRAMA - 1 To UFPROGRAMA
        Cells(i, 5) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("PROGRAMA").Cells(i, 2), _
        Worksheets("Fletero").Range("B:N"), 4, 0)
    Next i
    'Coloca Tonelaje
    For i = UFPROGRAMA - 1 To UFPROGRAMA
        Cells(i, 6) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("PROGRAMA").Cells(i, 2), _
        Worksheets("Fletero").Range("B:N"), 5, 0)
    Next i
    'Coloca si pertenece a sector industrial o distribuidor
    For i = UFPROGRAMA - 1 To UFPROGRAMA
        Cells(i, 8) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("PROGRAMA").Cells(i, 2), _
        Worksheets("Fletero").Range("B:N"), 10, 0)
    Next i
    'Coloca número de orden

```

```

For i = UFPROGRAMA - 1 To UFPROGRAMA
    Cells(i, 9) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("PROGRAMA").Cells(i, 2), _
    Worksheets("Fletero").Range("B:N"), 12, 0)
Next i
'Coloca Código de Destinatario
For i = UFPROGRAMA - 1 To UFPROGRAMA
    Cells(i, 10) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("PROGRAMA").Cells(i, 2), _
    Worksheets("Fletero").Range("B:N"), 9, 0)
Next i
'Coloca Distancia al centro de operaciones
On Error Resume Next
For i = 2 To UFPROGRAMA
    Cells(i, 11) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(Worksheets("PROGRAMA").Cells(i, 2), 10), _
    Worksheets("GENERAL").Range("BA:BB"), 2, 0)
Next i
GoTo finalgeneral
End If
If contfinal = 2 Then
    GoTo finalgeneral
Else
'Llena encabezados x e y previo al llenado de datos
Sheets("BASE PROGRAMA").Select
sinprogramar = Sheets("SIN PROGRAMA").Range("B" & Rows.Count).End(xlUp).Row -
1
Sheets("BASE PROGRAMA").Cells(2, 1) = "F564"
For i = 3 To sinprogramar + 2
    Sheets("BASE PROGRAMA").Cells(i, 1).value = Sheets("SIN PROGRAMA").Cells(i -
1, 2)
Next i
Range("A2").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.Copy
Range("B1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteAll, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=True
'Llena distancias entre clientes
Sheets("BASE PROGRAMA").Select
UFV = Worksheets("BASE PROGRAMA").Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Row
j = 1
Do
j = j + 1
For i = 2 To UFV

```

```
coincidir = Application.Match(Left(Sheets("BASE PROGRAMA").Range("A" &
j).value, 10), ENCABEZADO, 0)
```

```
Cells(i, j) = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(Worksheets("BASE
PROGRAMA").Cells(i, 1).value, 10), BASEGENERAL, coincidir, 0)
```

```
Next i
```

```
Loop Until j > UFV - 1
```

```
'Quita duplicados de hoja de pedidos sin Programa
```

```
Sheets("SIN PROGRAMA").Range("A100:H100").Select
```

```
ActiveSheet.Range("$A$1:$H$100").RemoveDuplicates Columns:=2, Header:=xlYes
```

```
'Sub ARMA_BASE_LOGICA_PROGRAMA()-----
```

```
'Llena combinación entre clientes
```

```
Sheets("KM Total (1)").Select
```

```
UFV = Worksheets("BASE PROGRAMA").Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Row
```

```
n = (((UFV - 2) * ((UFV - 2) + 1) / 2))
```

```
b = 1
```

```
Do
```

```
b = b + 1
```

```
C = Worksheets("KM Total (1)").Range("D" & Rows.Count).End(xlUp).Row
```

```
d = UFV + 1 - b
```

```
For i = 1 + C To C + d - 1
```

```
Sheets("KM Total (1)").Cells(i, 4) = Sheets("BASE PROGRAMA").Cells(b, 1)
```

```
Next i
```

```
Loop Until d = 1
```

```
e = 1
```

```
Do
```

```
e = e + 1
```

```
f = Worksheets("KM Total (1)").Range("E" & Rows.Count).End(xlUp).Row
```

```
g = UFV + 1 - e
```

```
h = 0
```

```
For i = 1 + f To f + g - 1
```

```
h = h + 1
```

```
Sheets("KM Total (1)").Cells(i, 5) = Sheets("BASE PROGRAMA").Cells(h + e, 1)
```

```
Next i
```

```
Loop Until g = 1
```

```
Sheets("KM Total (1)").Cells(2, 2).Select
```

```
Selection.AutoFill Destination:=Range("B2", "B" & n + 1), Type:=xlFillCopy
```

```
Range("B2", "B" & n + 1).Select
```

```
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-30
```

```
Range("H2:V2").Select
```

```
Selection.AutoFill Destination:=Range("H2", "V" & n + 1), Type:=xlFillCopy
```

```
Range("H2", "V" & n + 1).Select
```

```
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-30
```

```
GoTo Inicio
```

```

End If
finalgeneral:
  'Borrar todas las filas vacías para la hoja de Programación
  Sheets("PROGRAMA").Select
  UFPROGRAMA = Worksheets("PROGRAMA").Range("A" &
Rows.Count).End(xlUp).Row
  For X = UFPROGRAMA To 2 Step -1
    If Cells(X, 2) = "" Then
      Cells(X, 2).EntireRow.Delete
    End If
  Next X
  'Elimina los datos de la hoja fleteros
  Sheets("Fletero").Select
  Cells.Select
  Selection.ClearContents
  Rows("1:2").Select
  Selection.Delete Shift:=xlUp
  'Copia el formato de reporte en la hoja fleteros
  Sheets("PROGRAMACIÓN").Select
  Columns("A:X").Select
  Selection.Copy
  Sheets("Fletero").Select
  Columns("A:A").Select
  ActiveSheet.Paste
  Rows("1:1").Select
  Selection.RowHeight = 15
  Sheets("PROGRAMA").Select
  Application.ScreenUpdating = True
  Application.DisplayStatusBar = True
  Application.EnableEvents = True
  Application.CutCopyMode = True

End Sub

```

Figura 16
Reporte preliminar de programación

#	Código	Nombre de Cliente	Distrito	Cantidad	Tonelaje	Tipo	Orden	Destinatario
1	PELIMLIM091	Cliente 16	Cieneguilla	400	17	Distribuidores	2.09E+08	66946550
2	PELIMLIM221	Cliente 17	Pachacamac	400	17	Distribuidores	2.09E+08	67017587
3	PELIMLIM031	Cliente 18	Ate - Vitarte	400	17	Distribuidores	2.09E+08	66935007
4	PECALVEN011	Cliente 22	Ventanilla	400	17	Distribuidores	2.09E+08	66873862
5	PECALVEN012	Cliente 22	Ventanilla	400	17	Distribuidores	2.09E+08	66873862
6	PELIMLIM301	Cliente 23	San Juan de M	400	17	Distribuidores	2.09E+08	65338630
7	PELIMLIM251	Cliente 27	Puente Piedra	400	17	Distribuidores	2.09E+08	67010312
8	PECALVEN013	Cliente 38	Ventanilla	400	17	Distribuidores	2.09E+08	66980473
9	PELIMLIM101	Cliente 42	Comas	400	17	Industriales	2.09E+08	66889753
10	PELIMHCH191	Cliente 7	San Antonio	400	17	Industriales	2.09E+08	66603776
11	PELIMHCH192	Cliente 7	San Antonio	400	17	Industriales	2.09E+08	66610353
12	PELIMLIM423	Cliente 8	Villa el Salvad	100	4.25	Industriales	2.09E+08	66877286
12	PELIMLIM421	Cliente 11	Villa el Salvad	100	4.25	Distribuidores	2.09E+08	67047624
12	PELIMLIM422	Cliente 40	Villa el Salvad	200	8.5	Distribuidores	2.09E+08	66971099
13	PELIMLIM252	Cliente 34	Puente Piedra	150	6.375	Distribuidores	2.09E+08	66280813
13	PELIMLIM253	Cliente 37	Puente Piedra	200	8.5	Distribuidores	2.09E+08	65973360
14	PELIMLIM151	Cliente 29	La Victoria	100	4.25	Industriales	2.09E+08	67045615
14	PELIMLIM131	Cliente 19	Jesús María	50	2.125	Industriales	2.09E+08	67026196
14	PELIMLIM271	Cliente 4	Pueblo Libre	150	6.375	Industriales	2.09E+08	66933117
14	PELIMLIM361	Cliente 3	San Miguel	100	4.25	Industriales	2.09E+08	66980092
15	PELIMLIM291	Cliente 10	San Juan de L	200	8.5	Distribuidores	2.09E+08	66942926
15	PELIMHCH193	Cliente 7	San Antonio	200	8.5	Industriales	2.09E+08	66603776
16	PELIMLIM411	Cliente 1	Surquillo	200	8.5	Industriales	2.09E+08	66915251
16	PELIMLIM081	Cliente 2	Chorrillos	50	2.125	Distribuidores	2.09E+08	67009501
17	PELIMLIM121	Cliente 15	Independenci	200	8.5	Distribuidores	2.09E+08	67043688
17	PELIMLIM061	Cliente 202	Carabaylo	100	4.25	Distribuidores	2.09E+08	66979280
18	PELIMLIM292	Cliente 26	San Juan de L	300	12.75	Distribuidores	2.09E+08	66800695
19	PELIMLIM191	Cliente 5	Lurín	200	8.5	Industriales	2.09E+08	66883885

Fuente: Elaboración propia

Macro para distribuir según prioridad por tipo de cliente según manifiesto

Sub Distribución_Pedidos()

```
Application.ScreenUpdating = False
Application.DisplayStatusBar = False
Application.EnableEvents = False
Application.CutCopyMode = False
ActiveSheet.DisplayPageBreaks = False
```

Dim i, UFPROGRAMA, UFPEDIDOS, contprimera, contsegunda, contercera, unidades As Integer

'DISTRIBUCIÓN DE PEDIDOS DE UNIDADES FLETERAS-----

'Ingreso de cantidad de unidades

```
unidades = InputBox("Ingrese número de fleteros disponibles", "Cantidad de Fleteros")
aaFLETERO.Show
```

Figura 17
Ingreso de cantidad de flota por tipo de unidades



Fuente: Elaboración propia

```

Sheets("PROGRAMA").Select
Range("A2").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.Copy
Sheets("CONS").Select
Range("A2").Select
ActiveSheet.Paste
Range("A1").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.AutoFilter
Range("A1:A100").Select
ActiveSheet.Range("$A$1:$A$100").RemoveDuplicates Columns:=1, Header:=xlYes
Selection.AutoFilter

```

```

UFPROGRAMA = Worksheets("PROGRAMA").Range("B" &
Rows.Count).End(xlUp).Row
UFPEDIDOS = Worksheets("CONS").Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Row

```

'Cálculos Base-----

'Coloca cantidad de Industriales por grupo consolidado

```

For i = 2 To UFPEDIDOS
    Sheets("CONS").Cells(i, 2) =
Application.WorksheetFunction.CountIfs(Sheets("PROGRAMA").Range("A:A"), Cells(i, 1),
Sheets("PROGRAMA").Range("H:H"), "Industriales")
Next i

```

'Coloca cantidad de Distribuidores por grupo consolidado

```

For i = 2 To UFPEDIDOS
    Sheets("CONS").Cells(i, 3) =
Application.WorksheetFunction.CountIfs(Sheets("PROGRAMA").Range("A:A"), Cells(i, 1),
Sheets("PROGRAMA").Range("H:H"), "Distribuidores")
Next i

```

'Coloca cantidad de pedidos por grupo consolidado

```

For i = 2 To UFPEDIDOS
    Sheets("CONS").Cells(i, 4) = Application.WorksheetFunction.Sum(Cells(i, 2), Cells(i, 3),
0)

```

```
Next i
```

'Coloca destinatario para pedidos completos

```

For i = 2 To UFPEDIDOS
    If Cells(i, 4) = 1 Then
        Sheets("CONS").Cells(i, 5) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Sheets("PROGRAMA").Cells(i, 1),
Sheets("PROGRAMA").Range("A:N"), 10, 0)

```

```
End If
```

```
Next i
```

'Prioridades

```

Worksheets("CONS").Select
'Hacer loop hasta que cubra las primeras vueltas
'Distribución para "Cliente Específico con prioridad especial según acuerdo comercial -
Cliente con código 65682072"
For i = 3 To UFPEDIDOS
    If Cells(i, 5) = "65682072" And Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("E3:E"
& i), Range("E" & i)) > 1 Then
        Cells(i, 6) = "Segunda Vuelta"
    End If
Next i
For i = 2 To UFPEDIDOS
    If Cells(i, 5) = "65682072" And Cells(i, 6) = "" Then
        Sheets("CONS").Cells(i, 6) = "Primera Vuelta"
    End If
Next i
'Busca Duplicados
For i = 3 To UFPEDIDOS
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("E3:E" & i), Range("E" & i)) > 1
Then
        Cells(i, 6) = "Segunda Vuelta"
    End If
Next i
'Ordena de mayor a menor por pedidos de sector industrial
Range("B1").Select
Selection.AutoFilter

ActiveWorkbook.Worksheets("CONS").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("CONS").AutoFilter.Sort.SortFields.Add2 Key:=Range( _
    "B1:B13"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption:= _
    xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("CONS").AutoFilter.Sort
    .Header = xlYes
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With
'Coloca prioridad Primera Vuelta a los pedidos que contengan más pedidos industriales
'Coloca pedidos de Primera Vuelta
cantidadfleteros = Sheets("CONS").Cells(1, 7)
i = 1
For i = 2 To UFPEDIDOS
    If Cells(i, 6) = "" And contprimera < cantidadfleteros Then
        Cells(i, 6) = "Primera Vuelta"
    End If

```

```

    contprimera = Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("F2:F100"), "Primera
Vuelta")
Next i
'Coloca pedidos de segunda vuelta
j = 1
For j = 2 To UFPEDIDOS
    If Cells(j, 6) = "" And contsegunda < cantidadfleteros Then
        Cells(j, 6) = "Segunda Vuelta"
    End If
contsegunda = Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("F2:F100"), "Segunda
Vuelta")
Next j
'Coloca pedidos de tercera vuelta
k = 1
For k = 2 To UFPEDIDOS
    If Cells(k, 6) = "" And contercera < cantidadfleteros Then
        Cells(k, 6) = "Tercera Vuelta"
    End If
contercera = Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("F2:F100"), "Tercera
Vuelta")
Next k

```

Figura 18
Tabla para asignación de prioridades

Pedido	Industriales	Distribuidores	# Clientes	Destinatario	Prioridad
14		4	0	4	Primera Vuelta
9		1	0	1 66889753	Primera Vuelta
10		1	0	1 66603776	Primera Vuelta
11		1	0	1 66610353	Primera Vuelta
12		1	2	3	Primera Vuelta
15		1	1	2	Primera Vuelta
16		1	1	2	Primera Vuelta
19		1	0	1 67045615	Segunda Vuelta
1		0	1	1 66946550	Primera Vuelta
2		0	1	1 67017587	Primera Vuelta
3		0	1	1 66935007	Primera Vuelta
4		0	1	1 66873862	Primera Vuelta
5		0	1	1 66873862	Segunda Vuelta
6		0	1	1 65338630	Primera Vuelta
7		0	1	1 67010312	Primera Vuelta
8		0	1	1 66980473	Primera Vuelta
13		0	2	2	Segunda Vuelta
17		0	2	2	Segunda Vuelta
18		0	1	1 67045615	Segunda Vuelta

Fuente: Elaboración propia

'Coloca en Hoja Final de Programación de Fleteros

""Primera Vuelta

```

For i = 2 To UFPEDIDOS
    contprimera = Application.WorksheetFunction.CountIf(Sheets("CONS").Range("F1:F"
& i), "Primera Vuelta")
    If Sheets("CONS").Cells(i, 6) = "Primera Vuelta" Then
        Sheets("Fletero").Select
        Sheets("Fletero").Cells(contprimera * 5 + 1, 2) = Sheets("CONS").Cells(i, 1)
        'Coloca Orden
        Sheets("PROGRAMA").Select
        Range("A1").Select
        p = 0
        k = 0
        Do
            ActiveCell.Offset(1, 0).Select
            p = p + 1
        Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)
        For j = 1 To 5
            p = p + 1
            k = k + 1
            On Error Resume Next
            Sheets("Fletero").Cells(contprimera * 5 + k, 3) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _
Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 9, 0)
        Next j
        'Coloca Destinatario
        Sheets("PROGRAMA").Select
        Range("A1").Select
        p = 0
        k = 0
        Do
            ActiveCell.Offset(1, 0).Select
            p = p + 1
        Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)

        For j = 1 To 5
            p = p + 1
            k = k + 1
            On Error Resume Next
            Sheets("Fletero").Cells(contprimera * 5 + k, 4) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _
Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 10, 0)
        Next j

```

'Coloca Nombre de Cliente

```

Sheets("PROGRAMA").Select

```

```

Range("A1").Select
  p = 0
  k = 0
  Do
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    p = p + 1
  Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)

  For j = 1 To 5
    p = p + 1
    k = k + 1
    On Error Resume Next
    Sheets("Fletero").Cells(contprimera * 5 + k, 5) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _
    Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 3, 0)
  Next j
'Coloca Distrito
Sheets("PROGRAMA").Select
Range("A1").Select
  p = 0
  k = 0
  Do
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    p = p + 1
  Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)
  For j = 1 To 5
    p = p + 1
    k = k + 1
    On Error Resume Next
    Sheets("Fletero").Cells(contprimera * 5 + k, 6) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _
    Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 4, 0)
  Next j
'Coloca Cantidad
Sheets("PROGRAMA").Select
Range("A1").Select
  p = 0
  k = 0
  Do
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    p = p + 1
  Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)
  For j = 1 To 5
    p = p + 1
    k = k + 1

```

```

On Error Resume Next
Sheets("Fletero").Cells(contprimera * 5 + k, 7) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _
    Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 5, 0)
Next j
'Coloca Tonelaje
Sheets("PROGRAMA").Select
Range("A1").Select
p = 0
k = 0
Do
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    p = p + 1
Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)
For j = 1 To 5
    p = p + 1
    k = k + 1
On Error Resume Next
Sheets("Fletero").Cells(contprimera * 5 + k, 8) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _
    Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 6, 0)
Next j
End If
Next i
""Segunda Vuelta
For i = 2 To UFPEDIDOS
    contsegunda = Application.WorksheetFunction.CountIf(Sheets("CONS").Range("F1:F"
& i), "Segunda Vuelta")
    If Sheets("CONS").Cells(i, 6) = "Segunda Vuelta" Then
        Sheets("Fletero").Cells(contsegunda * 5 + 1, 10) = Sheets("CONS").Cells(i, 1)
        'Coloca Orden
        Sheets("PROGRAMA").Select
        Range("A1").Select
        p = 0
        k = 0
        Do
            ActiveCell.Offset(1, 0).Select
            p = p + 1
        Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)
        For j = 1 To 5
            p = p + 1
            k = k + 1
        On Error Resume Next
        Sheets("Fletero").Cells(contsegunda * 5 + k, 11) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _

```

```

        Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 9, 0)
    Next j
'Coloca Destinatario
Sheets("PROGRAMA").Select
Range("A1").Select
    p = 0
    k = 0
    Do
        ActiveCell.Offset(1, 0).Select
        p = p + 1
    Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)
    For j = 1 To 5
        p = p + 1
        k = k + 1
        On Error Resume Next
        Sheets("Fletero").Cells(contsegunda * 5 + k, 12) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _
        Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 10, 0)
    Next j
'Coloca Nombre de Cliente
Sheets("PROGRAMA").Select
Range("A1").Select
    p = 0
    k = 0
    Do
        ActiveCell.Offset(1, 0).Select
        p = p + 1
    Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)

    For j = 1 To 5
        p = p + 1
        k = k + 1
        On Error Resume Next
        Sheets("Fletero").Cells(contsegunda * 5 + k, 13) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _
        Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 3, 0)
    Next j
'Coloca Distrito
Sheets("PROGRAMA").Select
Range("A1").Select
    p = 0
    k = 0
    Do
        ActiveCell.Offset(1, 0).Select
        p = p + 1

```

```

Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)

For j = 1 To 5
p = p + 1
k = k + 1
On Error Resume Next
Sheets("Fletero").Cells(contsegunda * 5 + k, 14) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _
Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 4, 0)
Next j
'Coloca Cantidad
Sheets("PROGRAMA").Select
Range("A1").Select
p = 0
k = 0
Do
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
p = p + 1
Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)
For j = 1 To 5
p = p + 1
k = k + 1
On Error Resume Next
Sheets("Fletero").Cells(contsegunda * 5 + k, 15) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _
Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 5, 0)
Next j
'Coloca Tonelaje
Sheets("PROGRAMA").Select
Range("A1").Select
p = 0
k = 0
Do
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
p = p + 1
Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)
For j = 1 To 5
p = p + 1
k = k + 1
On Error Resume Next
Sheets("Fletero").Cells(contsegunda * 5 + k, 16) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _
Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 6, 0)
Next j
End If

```

```

Next i
""Tercera Vuelta
For i = 2 To UFPEDIDOS
    contercera = Application.WorksheetFunction.CountIf(Sheets("CONS").Range("F1:F" &
i), "Tercera Vuelta")
    If Sheets("CONS").Cells(i, 6) = "Tercera Vuelta" Then
        Sheets("Fletero").Cells(contercera * 5 + 1, 18) = Sheets("CONS").Cells(i, 1)
        'Coloca Orden
        Sheets("PROGRAMA").Select
        Range("A1").Select
        p = 0
        k = 0
        Do
            ActiveCell.Offset(1, 0).Select
            p = p + 1
        Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)
        For j = 1 To 5
            p = p + 1
            k = k + 1
        On Error Resume Next
        Sheets("Fletero").Cells(contercera * 5 + k, 19) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _
Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 9, 0)
        Next j
        'Coloca Destinatario
        Sheets("PROGRAMA").Select
        Range("A1").Select
        p = 0
        k = 0
        Do
            ActiveCell.Offset(1, 0).Select
            p = p + 1
        Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)
        For j = 1 To 5
            p = p + 1
            k = k + 1
        On Error Resume Next
        Sheets("Fletero").Cells(contercera * 5 + k, 20) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _
Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 10, 0)
        Next j
        'Coloca Nombre de Cliente
        Sheets("PROGRAMA").Select
        Range("A1").Select
        p = 0

```

```

k = 0
Do
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    p = p + 1
Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)
For j = 1 To 5
    p = p + 1
    k = k + 1
    On Error Resume Next
    Sheets("Fletero").Cells(contercera * 5 + k, 21) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _
    Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 3, 0)
Next j
'Coloca Distrito
Sheets("PROGRAMA").Select
Range("A1").Select
p = 0
k = 0
Do
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    p = p + 1
Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)
For j = 1 To 5
    p = p + 1
    k = k + 1
    On Error Resume Next
    Sheets("Fletero").Cells(contercera * 5 + k, 22) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _
    Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 4, 0)
Next j
'Coloca Cantidad
Sheets("PROGRAMA").Select
Range("A1").Select
p = 0
k = 0
Do
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    p = p + 1
Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)
For j = 1 To 5
    p = p + 1
    k = k + 1
    On Error Resume Next
    Sheets("Fletero").Cells(contercera * 5 + k, 23) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _

```

```

        Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 5, 0)
    Next j
'Coloca Tonelaje
Sheets("PROGRAMA").Select
Range("A1").Select
    p = 0
    k = 0
    Do
        ActiveCell.Offset(1, 0).Select
        p = p + 1
    Loop Until ActiveCell.value = Sheets("CONS").Cells(i, 1)
    For j = 1 To 5
        p = p + 1
        k = k + 1
    On Error Resume Next
    Sheets("Fletero").Cells(contercera * 5 + k, 24) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("CONS").Cells(i, 1), _
        Worksheets("PROGRAMA").Range("A" & p, "N" & p), 6, 0)
    Next j
    End If
Next i
'Ingreso de placas
cantidadfleteros = Sheets("CONS").Cells(1, 7)
For i = 1 To cantidadfleteros
    Sheets("Fletero").Cells(i * 5 + 1, 2) = InputBox("Por favor ingrese placa disponible para
la programación", "Placas", "Placa " & i)
Next i

```

Figura 19
Ingreso de placas según cantidad de flota disponible registrada

The figure displays two sequential screenshots of a software dialog box titled "Placas". The dialog box has a standard Windows-style title bar with a close button (X) in the top right corner. The main text inside the dialog reads "Por favor ingrese placa disponible para la programación". Below this text is a text input field. In the first screenshot, the input field contains the alphanumeric string "ASP806". In the second screenshot, the input field contains the text "Placa 2". To the right of the input field are two buttons: "Aceptar" (Accept) and "Cancelar" (Cancel). The "Aceptar" button is highlighted with a blue border in both screenshots.

Fuente: Elaboración propia

'Copia placas para primera / segunda / tercera vuelta

```
Sheets("Fletero").Select
  Sheets("Fletero").Range("B6:B100").Select
  Selection.Copy
  Sheets("Fletero").Cells(6, 10).Select
  ActiveSheet.Paste
  Sheets("Fletero").Range("B6:B100").Select
  Selection.Copy
  Sheets("Fletero").Cells(6, 18).Select
  ActiveSheet.Paste
```

'Almacena orden de distribución

```
Sheets("CONS").Select
  Rows("2:2").Select
  Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
  Selection.Copy
  Sheets("HV").Select
  Rows("2:2").Select
  ActiveSheet.Paste
```

'Quitar filtro y limpiar hoja

```
Sheets("CONS").Select
  Selection.AutoFilter
  Rows("2:2").Select
  Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
  Selection.ClearContents
  Range("A1").Select
  Sheets("Análisis").Select
  Application.ScreenUpdating = True
  Application.DisplayStatusBar = True
  Application.EnableEvents = True
  Application.CutCopyMode = True
  ActiveSheet.DisplayPageBreaks = True
```

End Sub

Figura 20
Programación modelo de pedidos consolidados para flota de fleteros

RESUMEN DE PROGRAMACIÓN							
Primera Vuelta				Segunda Vuelta			
Placa	Orden	Destinatario	Cliente	Distrito	Cantidad	Tonelaje	
Placa 1	209348195	67045615	Cliente 29	La Victoria	100	4.25	
	209147010	67026196	Cliente 19	Jesús María	50	2.125	
	209400682	66933117	Cliente 4	Pueblo Libre	150	6.375	
	209298028	66980092	Cliente 3	San Miguel	100	4.25	
Placa 2	209342675	66889753	Cliente 42	Comas	400	17	
Placa 3	208978147	66603776	Cliente 7	San Antonio	400	17	
Placa 4	209117551	66610353	Cliente 7	San Antonio	400	17	
Placa 5	209169562	66877286	Cliente 8	Villa el Salvad	100	4.25	
	209353047	67047624	Cliente 11	Villa el Salvad	100	4.25	
	209278127	66971099	Cliente 40	Villa el Salvad	200	8.5	
Placa 6	209348938	66942926	Cliente 10	San Juan de L	200	8.5	
	208978208	66603776	Cliente 7	San Antonio	200	8.5	
Placa 7	209278917	66915251	Cliente 1	Surquillo	200	8.5	
	209279698	67009501	Cliente 2	Chorrillos	50	2.125	
Placa 8	209211733	66946550	Cliente 16	Cieneguilla	400	17	
Placa 9	209217884	67017587	Cliente 17	Pachacamac	400	17	
Placa 10	208877717	66935007	Cliente 18	Ate - Vitarte	400	17	
Placa 11	209383694	66873862	Cliente 22	Ventanilla	400	17	
Placa 12	209279879	65338630	Cliente 23	San Juan de L	400	17	
Placa 13	209399508	67010312	Cliente 27	Puente Piedra	400	17	
Placa 14	209154189	66980473	Cliente 38	Ventanilla	400	17	
Placa 1	208829340	67043688	Cliente 15	Independenci	200	8.5	
	209407183	66979280	Cliente 202	Carabayllo	100	4.25	
Placa 3	209385337	66873862	Cliente 22	Ventanilla	400	17	
Placa 5	209382468	66883885	Cliente 5	Lurín	200	8.5	
	209248235	66280813	Cliente 34	Puente Piedra	150	6.375	
Placa 13	209238260	65973360	Cliente 37	Puente Piedra	200	8.5	
	209399110	66800695	Cliente 26	San Juan de L	300	12.75	

Fuente: Elaboración propia

Anexo V

Algoritmo para la programación de transportes - Reporte de tiempos, ocupabilidad y fletes por ruta

Sub ANALISIS()

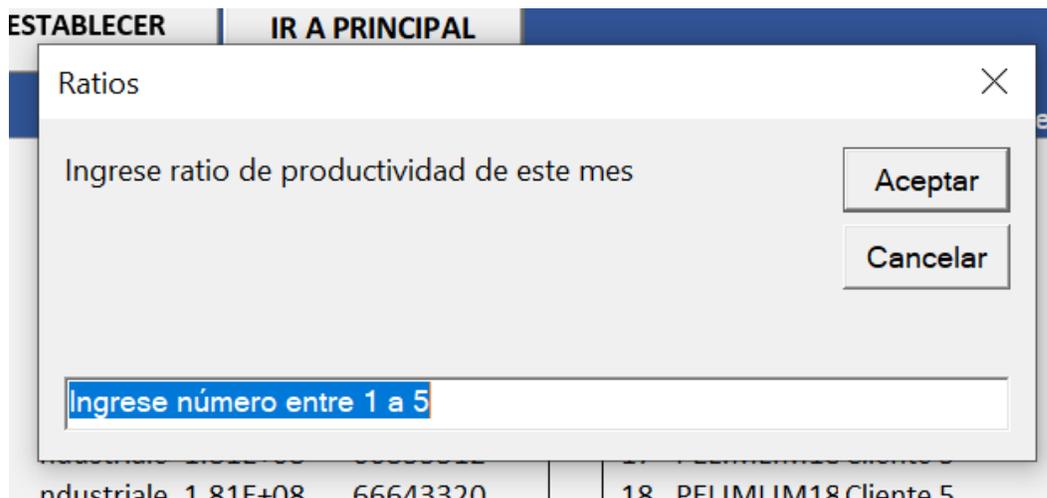
```

Application.ScreenUpdating = False
Application.DisplayStatusBar = False
Application.EnableEvents = False
Application.CutCopyMode = False
ActiveSheet.DisplayPageBreaks = False
Dim cuentacliente As Integer
Dim clnt1, clnt2, clnt3, clnt4, clnt5 As String
Dim COL_RNG As Range
ratio = InputBox("Ingrese ratio de productividad de este mes", "Ratios", "Ingrese número
entre 1 a 5")

```

Figura 21

Cuadro para ingreso de rango de ratios de productividad para cálculo de rentabilidad



Fuente: Elaboración propia

ENCABEZADO = Worksheets("GENERAL").Range("\$A\$1:\$AW\$1")

```

Sheets("PROGRAMA").Select
Range("A2").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.Copy
Sheets("CONS").Select
Range("A2").Select
ActiveSheet.Paste
Range("A1").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.AutoFilter
Range("A1:A100").Select
ActiveSheet.Range("$A$1:$A$100").RemoveDuplicates Columns:=1, Header:=xlYes
Selection.AutoFilter

```

```

UFPROGRAMA = Worksheets("PROGRAMA").Range("B" &
Rows.Count).End(xlUp).Row
UFPEDIDOS = Worksheets("CONS").Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Row

```

'Cálculos Base-----

'Coloca cantidad de Industriales por grupo consolidado

```

For i = 2 To UFPEDIDOS
    Sheets("CONS").Cells(i, 2) =
Application.WorksheetFunction.CountIfs(Sheets("PROGRAMA").Range("A:A"), Cells(i, 1),
Sheets("PROGRAMA").Range("H:H"), "Industriales")
Next i

```

'Coloca cantidad de Distribuidores por grupo consolidado

```

For i = 2 To UFPEDIDOS
    Sheets("CONS").Cells(i, 3) =
Application.WorksheetFunction.CountIfs(Sheets("PROGRAMA").Range("A:A"), Cells(i, 1),
Sheets("PROGRAMA").Range("H:H"), "Distribuidores")
Next i

```

'Coloca cantidad de pedidos por grupo consolidado

```

For i = 2 To UFPEDIDOS
    Sheets("CONS").Cells(i, 4) = Application.WorksheetFunction.Sum(Cells(i, 2), Cells(i, 3),
0)

```

```
Next i
```

'Coloca destinatario para pedidos completos

```

For i = 2 To UFPEDIDOS
    If Cells(i, 4) = 1 Then
        Sheets("CONS").Cells(i, 5) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Sheets("PROGRAMA").Cells(i, 1),
Sheets("PROGRAMA").Range("A:N"), 10, 0)

```

```
End If
```

```
Next i
```

'Prioridades

```

Worksheets("CONS").Select
'Hacer loop hasta que cubra las primeras vueltas
'Distribución para cliente específico con acuerdo comercial
For i = 3 To UFPEDIDOS
    If Cells(i, 5) = "65682072" And Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("E3:E"
& i), Range("E" & i)) > 1 Then
        Cells(i, 6) = "Segunda Vuelta"
    End If
Next i
For i = 2 To UFPEDIDOS
    If Cells(i, 5) = "65682072" And Cells(i, 6) = "" Then
        Sheets("CONS").Cells(i, 6) = "Primera Vuelta"
    End If
Next i
'Busca Duplicados
For i = 3 To UFPEDIDOS
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("E3:E" & i), Range("E" & i)) > 1
Then
        Cells(i, 6) = "Segunda Vuelta"
    End If
Next i
'Ordena de mayor a menor por pedidos de sector industrial
Range("B1").Select
Selection.AutoFilter

ActiveWorkbook.Worksheets("CONS").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("CONS").AutoFilter.Sort.SortFields.Add2 Key:=Range( _
    "B1:B13"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption:= _
    xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("CONS").AutoFilter.Sort
    .Header = xlYes
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With
'Coloca prioridad Primera Vuelta a los pedidos que contengan más pedidos industriales
'Coloca pedidos de Primera Vuelta
cantidadfleteros = Sheets("CONS").Cells(1, 7)
i = 1
For i = 2 To UFPEDIDOS
    If Cells(i, 6) = "" And contprimera < cantidadfleteros Then
        Cells(i, 6) = "Primera Vuelta"
    End If

```

```

    contprimera = Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("F2:F100"), "Primera
Vuelta")
Next i
'Coloca pedidos de segunda vuelta
j = 1
For j = 2 To UFPEDIDOS
    If Cells(j, 6) = "" And contsegunda < cantidadfleteros Then
        Cells(j, 6) = "Segunda Vuelta"
    End If
contsegunda = Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("F2:F100"), "Segunda
Vuelta")
Next j
'Coloca pedidos de tercera vuelta
k = 1
For k = 2 To UFPEDIDOS
    If Cells(k, 6) = "" And contercera < cantidadfleteros Then
        Cells(k, 6) = "Tercera Vuelta"
    End If
contercera = Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("F2:F100"), "Tercera
Vuelta")
Next k
'Coloca cantidad de pedidos en hoja de Análisis
Sheets("PROGRAMA").Select
Range("A2").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.Copy
Sheets("ANALISIS").Select
Range("A2").Select
ActiveSheet.Paste
Range("A1").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.AutoFilter
Range("A1:A100").Select
ActiveSheet.Range("$A$1:$A$100").RemoveDuplicates Columns:=1, Header:=xlYes
Selection.AutoFilter
UFANALISIS = Worksheets("ANALISIS").Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Row
UFPROGRAMA = Worksheets("PROGRAMA").Range("B" & Rows.Count).End(xlUp).Row
'Coloca horas estimadas a cada cliente
Sheets("ANALISIS").Select
'Coloca prioridades de unidades fleteras
Sheets("HV").Select
Rows("2:2").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.Cut
Sheets("CONS").Select

```

```

    Rows("2:2").Select
    ActiveSheet.Paste
    'Prioridad de pedido
    Sheets("ANALISIS").Select
    For i = 2 To UFANALISIS
        Cells(i, 2) = Application.WorksheetFunction.VLookup(Worksheets("ANALISIS").Cells(i,
1), _
                                Worksheets("CONS").Range("A:F"), 6, 0)
    Next i
    'Cálculo de horas (Centro de Operaciones = F564)
    COO = "F564"
    coincidirCOO = Application.Match(COO, ENCABEZADO, 0)
    TiempoxTon = 1.5 / 17 / 24
    TiempoBigbag = 0.5 / 24
    For i = 2 To UFANALISIS
        'Pedidos de Primer Vuelta
        If Sheets("ANALISIS").Cells(i, 2) = "Primera Vuelta" Then
            pedido = Sheets("ANALISIS").Cells(i, 1)
            cuentacliente =
Application.WorksheetFunction.CountIf(Sheets("PROGRAMA").Range("A:A"), pedido)
            Sheets("PROGRAMA").Select
            Range("A2").Select
            Do
                ActiveCell.Offset(1, 0).Select
                p = p + 1
            Loop Until Cells(p, 1) = pedido Or ActiveCell.value = ""
            On Error Resume Next
            Sheets("ANALISIS").Select
            If cuentacliente = 5 Then
                dCx1erPunto = Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 11)
                clnt1 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 2)
                clnt2 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 1, 2)
                coincidir2 = Application.Match(Left(clnt2, 10), ENCABEZADO, 0)
                clnt3 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 2, 2)
                coincidir3 = Application.Match(Left(clnt3, 10), ENCABEZADO, 0)
                clnt4 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 3, 2)
                coincidir4 = Application.Match(Left(clnt4, 10), ENCABEZADO, 0)
                clnt5 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 4, 2)
                coincidir5 = Application.Match(Left(clnt5, 10), ENCABEZADO, 0)
            'Cálculo de Flete Cobrado
            TarifaClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt1, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
            TarifaClnt2 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt2, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)

```

```

TarifaClnt3 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt3, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
TarifaClnt4 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt4, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
TarifaClnt5 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt5, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
TonClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt1,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
TonClnt2 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt2,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
TonClnt3 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt3,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
TonClnt4 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt4,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
TonClnt5 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt5,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 14) = TarifaClnt1 * TonClnt1 + TarifaClnt2 * TonClnt2 +
TarifaClnt3 * TonClnt3 + TarifaClnt4 * TonClnt4 + TarifaClnt5 * TonClnt5
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 3) = dCx1erPunto / 40 / 24 + 7 / 24
If Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 6) <= 16 Then
    tiempodescarga = TiempoBigbag
Else
    tiempodescarga = TiempoxTon * TonClnt1
End If
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 4) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt1, 10),
Worksheets("GENERAL").Range("A:AW"), coincidir2, 0) / 40 / 24 +
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 3) + tiempodescarga + 0.4 / 24
If Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 6) <= 16 Then
    tiempodescarga = TiempoBigbag
Else
    tiempodescarga = TiempoxTon * TonClnt2
End If
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 5) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt2, 10),
Worksheets("GENERAL").Range("A:AW"), coincidir3, 0) / 40 / 24 +
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 4) + tiempodescarga + 0.4 / 24
If Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 6) <= 16 Then
    tiempodescarga = TiempoBigbag
Else
    tiempodescarga = TiempoxTon * TonClnt3
End If
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 6) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt3, 10),

```

```

Worksheets("GENERAL").Range("A:AW"), coincidir4, 0) / 40 / 24 +
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 5) + tiempodescarga + 0.4 / 24
    If Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 6) <= 16 Then
        tiempodescarga = TiempoBigbag
    Else
        tiempodescarga = TiempoxTon * TonClnt4
    End If
    Sheets("ANALISIS").Cells(i, 7) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt4, 10),
Worksheets("GENERAL").Range("A:AW"), coincidir5, 0) / 40 / 24 +
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 6) + tiempodescarga + 0.4 / 24
    If Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 6) <= 16 Then
        tiempodescarga = TiempoBigbag
    Else
        tiempodescarga = TiempoxTon * TonClnt5
    End If
    RETORNO = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt5, 10),
Worksheets("GENERAL").Range("A:AW"), coincidirCOO, 0) / 40 / 24
    Sheets("ANALISIS").Cells(i, 8) = Sheets("ANALISIS").Cells(i, 7) + tiempodescarga
+ RETORNO + 0.4 / 24
    End If
    If cuentacliente = 4 Then
        dCx1erPunto = Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 11)
        clnt1 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 2)
        clnt2 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 1, 2)
            coincidir2 = Application.Match(Left(clnt2, 10), ENCABEZADO, 0)
        clnt3 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 2, 2)
            coincidir3 = Application.Match(Left(clnt3, 10), ENCABEZADO, 0)
        clnt4 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 3, 2)
            coincidir4 = Application.Match(Left(clnt4, 10), ENCABEZADO, 0)
        'Cálculo de Flete Cobrado
        TarifaClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt1, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
        TarifaClnt2 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt2, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
        TarifaClnt3 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt3, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
        TarifaClnt4 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt4, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
        TonClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt1,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
        TonClnt2 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt2,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
        TonClnt3 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt3,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)

```

```

TonClnt4 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt4,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 14) = TarifaClnt1 * TonClnt1 + TarifaClnt2 * TonClnt2 +
TarifaClnt3 * TonClnt3 + TarifaClnt4 * TonClnt4
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 3) = dCx1erPunto / 40 / 24 + 7 / 24
If Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 6) <= 16 Then
    tiempodescarga = TiempoBigbag
Else
    tiempodescarga = TiempoxTon * TonClnt1
End If
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 4) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt1, 10),
Worksheets("GENERAL").Range("A:AW"), coincidir2, 0) / 40 / 24 +
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 3) + tiempodescarga + 0.4 / 24
If Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 6) <= 16 Then
    tiempodescarga = TiempoBigbag
Else
    tiempodescarga = TiempoxTon * TonClnt2
End If
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 5) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt2, 10),
Worksheets("GENERAL").Range("A:AW"), coincidir3, 0) / 40 / 24 +
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 4) + tiempodescarga + 0.4 / 24
If Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 6) <= 16 Then
    tiempodescarga = TiempoBigbag
Else
    tiempodescarga = TiempoxTon * TonClnt3
End If
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 6) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt3, 10),
Worksheets("GENERAL").Range("A:AW"), coincidir4, 0) / 40 / 24 +
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 5) + tiempodescarga + 0.4 / 24
If Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 6) <= 16 Then
    tiempodescarga = TiempoBigbag
Else
    tiempodescarga = TiempoxTon * TonClnt4
End If
RETORNO = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt4,
Worksheets("GENERAL").Range("A:AW"), coincidirCOO, 0) / 40 / 24
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 8) = Sheets("ANALISIS").Cells(i, 6) + tiempodescarga
+ RETORNO + 0.4 / 24
End If
If cuentacliente = 3 Then
    dCx1erPunto = Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 11)
    clnt1 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 2)

```

```

clnt2 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 1, 2)
    coincidir2 = Application.Match(Left(clnt2, 10), ENCABEZADO, 0)
clnt3 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 2, 2)
    coincidir3 = Application.Match(Left(clnt3, 10), ENCABEZADO, 0)
'Cálculo de Flete Cobrado
TarifaClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt1, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
TarifaClnt2 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt2, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
TarifaClnt3 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt3, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
TonClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt1,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
TonClnt2 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt2,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
TonClnt3 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt3,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 14) = TarifaClnt1 * TonClnt1 + TarifaClnt2 * TonClnt2 +
TarifaClnt3 * TonClnt3
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 3) = dCx1erPunto / 40 / 24 + 7 / 24
    If Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 6) <= 16 Then
        tiempodescarga = TiempoBigbag
    Else
        tiempodescarga = TiempoxTon * TonClnt1
    End If
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 4) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt1, 10),
Worksheets("GENERAL").Range("A:AW"), coincidir2, 0) / 40 / 24 +
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 3) + tiempodescarga + 0.4 / 24
    If Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 6) <= 16 Then
        tiempodescarga = TiempoBigbag
    Else
        tiempodescarga = TiempoxTon * TonClnt2
    End If
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 5) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt2, 10),
Worksheets("GENERAL").Range("A:AW"), coincidir3, 0) / 40 / 24 +
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 4) + tiempodescarga + 0.4 / 24
    If Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 6) <= 16 Then
        tiempodescarga = TiempoBigbag
    Else
        tiempodescarga = TiempoxTon * TonClnt3
    End If
RETORNO = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt3,
Worksheets("GENERAL").Range("A:AW"), coincidirCOO, 0) / 40 / 24

```

```

        Sheets("ANALISIS").Cells(i, 8) = Sheets("ANALISIS").Cells(i, 5) + tiempodescarga
+ RETORNO + 0.4 / 24
    End If
    If cuentacliente = 2 Then
        dCx1erPunto = Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 11)
        clnt1 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 2)
        clnt2 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 1, 2)
        coincidir2 = Application.Match(Left(clnt2, 10), ENCABEZADO, 0)
        'Cálculo de Flete Cobrado
        TarifaClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt1, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
        TarifaClnt2 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt2, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
        TonClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt1,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
        TonClnt2 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt2,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
        Sheets("ANALISIS").Cells(i, 14) = TarifaClnt1 * TonClnt1 + TarifaClnt2 * TonClnt2
        Sheets("ANALISIS").Cells(i, 3) = dCx1erPunto / 40 / 24 + 7 / 24
        If Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 6) <= 16 Then
            tiempodescarga = TiempoBigbag
        Else
            tiempodescarga = TiempoxTon * TonClnt1
        End If
        Sheets("ANALISIS").Cells(i, 4) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt1, 10),
Worksheets("GENERAL").Range("A:AW"), coincidir2, 0) / 40 / 24 +
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 3) + tiempodescarga + 0.4 / 24
        If Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 6) <= 16 Then
            tiempodescarga = TiempoBigbag
        Else
            tiempodescarga = TiempoxTon * TonClnt2
        End If
        RETORNO = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt2,
Worksheets("GENERAL").Range("A:AW"), coincidirCOO, 0) / 40 / 24
        Sheets("ANALISIS").Cells(i, 8) = Sheets("ANALISIS").Cells(i, 4) + tiempodescarga
+ RETORNO + 0.4 / 24
    End If
    If cuentacliente = 1 Then
        dCx1erPunto = Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 11)
        clnt1 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 2)
        'Cálculo de Flete Cobrado
        TarifaClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt1, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)

```

```

    TonClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt1,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
    Sheets("ANALISIS").Cells(i, 14) = TarifaClnt1 * TonClnt1
    Sheets("ANALISIS").Cells(i, 3) = dCx1erPunto / 40 / 24 + 7 / 24
    If Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 6) <= 16 Then
        tiempodescarga = TiempoBigbag
    Else
        tiempodescarga = TiempoxTon * TonClnt1
    End If
    Sheets("ANALISIS").Cells(i, 8) = Sheets("ANALISIS").Cells(i, 3) + tiempodescarga
+ (dCx1erPunto / 40 / 24) + 0.4 / 24
    End If
End If
'Pedidos de Segunda Vuelta
If Sheets("ANALISIS").Cells(i, 2) = "Segunda Vuelta" Then
    pedido = Sheets("ANALISIS").Cells(i, 1)
    cuentacliente =
Application.WorksheetFunction.CountIf(Sheets("PROGRAMA").Range("A:A"), pedido)
    Sheets("PROGRAMA").Select
    Range("A2").Select
    p = 0
    Do
        ActiveCell.Offset(1, 0).Select
        p = p + 1
    Loop Until Cells(p, 1) = pedido Or ActiveCell.value = ""
    On Error Resume Next
    Sheets("ANALISIS").Select
    If cuentacliente = 5 Then
        clnt1 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 2)
        clnt2 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 1, 2)
        clnt3 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 2, 2)
        clnt4 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 3, 2)
        clnt5 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 4, 2)
    'Cálculo de Flete Cobrado
        TarifaClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt1, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
        TarifaClnt2 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt2, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
        TarifaClnt3 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt3, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
        TarifaClnt4 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt4, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
        TarifaClnt5 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt5, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)

```

```

    TonClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt1,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
    TonClnt2 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt2,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
    TonClnt3 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt3,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
    TonClnt4 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt4,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
    TonClnt5 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt5,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
    Sheets("ANALISIS").Cells(i, 14) = TarifaClnt1 * TonClnt1 + TarifaClnt2 * TonClnt2 +
TarifaClnt3 * TonClnt3 + TarifaClnt4 * TonClnt4 + TarifaClnt5 * TonClnt5
End If
If cuentacliente = 4 Then
    clnt1 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 2)
    clnt2 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 1, 2)
    clnt3 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 2, 2)
    clnt4 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 3, 2)
    'Cálculo de Flete Cobrado
    TarifaClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt1, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
    TarifaClnt2 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt2, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
    TarifaClnt3 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt3, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
    TarifaClnt4 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt4, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
    TonClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt1,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
    TonClnt2 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt2,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
    TonClnt3 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt3,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
    TonClnt4 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt4,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
    Sheets("ANALISIS").Cells(i, 14) = TarifaClnt1 * TonClnt1 + TarifaClnt2 * TonClnt2 +
TarifaClnt3 * TonClnt3 + TarifaClnt4 * TonClnt4
End If
If cuentacliente = 3 Then
    clnt1 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 2)
    clnt2 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 1, 2)
    clnt3 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 2, 2)
    'Cálculo de Flete Cobrado
    TarifaClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt1, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)

```

```

        TarifaClnt2 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt2, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
        TarifaClnt3 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt3, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
        TonClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt1,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
        TonClnt2 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt2,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
        TonClnt3 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt3,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
        Sheets("ANALISIS").Cells(i, 14) = TarifaClnt1 * TonClnt1 + TarifaClnt2 * TonClnt2 +
TarifaClnt3 * TonClnt3
    End If
    If cuentacliente = 2 Then
        clnt1 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 2)
        clnt2 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p + 1, 2)
        'Cálculo de Flete Cobrado
        TarifaClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt1, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
        TarifaClnt2 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt2, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
        TonClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt1,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
        TonClnt2 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt2,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
        Sheets("ANALISIS").Cells(i, 14) = TarifaClnt1 * TonClnt1 + TarifaClnt2 * TonClnt2
    End If
    If cuentacliente = 1 Then
        clnt1 = Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 2)
        'Cálculo de Flete Cobrado
        TarifaClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(clnt1, 10),
Worksheets("Tarifas").Range("A:AH"), 8, 0)
        TonClnt1 = Application.WorksheetFunction.VLookup(clnt1,
Worksheets("PROGRAMA").Range("B:K"), 5, 0)
        Sheets("ANALISIS").Cells(i, 14) = TarifaClnt1 * TonClnt1
    End If
End If
Next i
'Ordena pedidos por distancia de mayor a menor para cada cliente
Sheets("PROGRAMA").Select
Selection.AutoFilter
ActiveWorkbook.Worksheets("PROGRAMA").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("PROGRAMA").AutoFilter.Sort.SortFields.Add2 Key:= _
Range("K1:K40"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlDescending, DataOption _
:=xlSortNormal

```

```

With ActiveWorkbook.Worksheets("PROGRAMA").AutoFilter.Sort
    .Header = xlYes
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With
ActiveWorkbook.Worksheets("PROGRAMA").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("PROGRAMA").AutoFilter.Sort.SortFields.Add2 Key:= _
    Range("A1:A40"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:= _
    xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("PROGRAMA").AutoFilter.Sort
    .Header = xlYes
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With
Selection.AutoFilter
'Búsqueda de distancia mayor
p = 0
Sheets("ANALISIS").Select
For i = 2 To UFANALISIS
Set COL_RNG = Sheets("PROGRAMA").Range("A2:A" & UFPROGRAMA)
Set TON_RNG = Sheets("PROGRAMA").Range("F2:F" & UFPROGRAMA)
'Costo de Transporte
j = j + 1
Sheets("PROGRAMA").Range("A1").Select
Do
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    p = p + 1
Loop Until Sheets("PROGRAMA").Cells(p, 1) = j Or ActiveCell.value = ""
On Error Resume Next
'Costo Total
Sheets("PROGRAMA").Select
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 13) =
Application.WorksheetFunction.VLookup(Left(Worksheets("PROGRAMA").Cells(p, 2), _
    Worksheets("Tarifas").Range("A:M"), ratio + 8, 0)
    FleteRecuperadoSol = Sheets("ANALISIS").Cells(i, 14) -
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 13)
    FleteRecuperado = Sheets("ANALISIS").Cells(i, 14) / Sheets("ANALISIS").Cells(i,
13)
    Sheets("ANALISIS").Cells(i, 15) = FleteRecuperadoSol
    Sheets("ANALISIS").Cells(i, 16) = FleteRecuperado
    'Tonelaje por pedido

```

```

Sheets("ANALISIS").Cells(i, 9) = Application.WorksheetFunction.SumIf(COL_RNG, j,
TON_RNG)
'Ocupabilidad
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 10) = (Application.WorksheetFunction.SumIf(COL_RNG,
j, TON_RNG) / 17)
costo = Sheets("ANALISIS").Cells(i, 13).value
ocupabilidad = Sheets("ANALISIS").Cells(i, 10).value
'Costo Real
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 11) = costo * ocupabilidad
'Costo Asumido
Sheets("ANALISIS").Cells(i, 12) = costo * (1 - ocupabilidad)
Next i
Sheets("ANALISIS").Select
Cells(UFANALISIS + 1, 1) = "Total"
Cells(UFANALISIS + 1, 9) = Application.WorksheetFunction.Average(Range("I2:I" &
UFANALISIS))
Cells(UFANALISIS + 1, 10) = Application.WorksheetFunction.Average(Range("J2:J" &
UFANALISIS))
Cells(UFANALISIS + 1, 11) = Application.WorksheetFunction.Sum(Range("K2:K" &
UFANALISIS))
Cells(UFANALISIS + 1, 12) = Application.WorksheetFunction.Sum(Range("L2:L" &
UFANALISIS))
Cells(UFANALISIS + 1, 13) = Application.WorksheetFunction.Sum(Range("M2:M" &
UFANALISIS))
Cells(UFANALISIS + 1, 14) = Application.WorksheetFunction.Sum(Range("N2:N" &
UFANALISIS))
Cells(UFANALISIS + 1, 15) = Application.WorksheetFunction.Sum(Range("O2:O" &
UFANALISIS))
Cells(UFANALISIS + 1, 16) = Application.WorksheetFunction.Average(Range("P2:P" &
UFANALISIS))
'Datos para gráfica de portada
Cells(2, 20) = Application.WorksheetFunction.Average(Range("J2:J" & UFANALISIS))
Cells(3, 20) = 1 - Cells(2, 20)
Cells(2, 21) = Application.WorksheetFunction.Sum(Range("K2:K" & UFANALISIS))
Cells(2, 22) = Application.WorksheetFunction.Sum(Range("L2:L" & UFANALISIS))
Cells(2, 23) = Application.WorksheetFunction.Sum(Range("M2:M" & UFANALISIS))
Cells(2, 24) = Application.WorksheetFunction.Sum(Range("N2:N" & UFANALISIS))
Cells(2, 25) = Application.WorksheetFunction.Sum(Range("O2:O" & UFANALISIS))
Cells(2, 26) = Application.WorksheetFunction.Average(Range("P2:P" & UFANALISIS))
Range("A" & UFANALISIS + 1, "P" & UFANALISIS + 1).Select
With Selection.Interior
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
.ThemeColor = xlThemeColorLight1
.TintAndShade = 0

```

```

        .PatternTintAndShade = 0
    End With
    With Selection.Font
        .ThemeColor = xlThemeColorDark1
        .TintAndShade = 0
    End With
    With Selection
        .HorizontalAlignment = xlCenter
        .VerticalAlignment = xlBottom
        .WrapText = False
        .Orientation = 0
        .AddIndent = False
        .IndentLevel = 0
        .ShrinkToFit = False
        .ReadingOrder = xlContext
        .MergeCells = False
    End With
    Selection.Font.Bold = True
    Range("A1").Select
    'Ordena por primeras vueltas
    Range("B1").Select
    Selection.AutoFilter
    ActiveWorkbook.Worksheets("ANALISIS").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
    ActiveWorkbook.Worksheets("ANALISIS").AutoFilter.Sort.SortFields.Add2 Key:= _
        Range("B1:B26"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:= _
        xlSortNormal
    With ActiveWorkbook.Worksheets("ANALISIS").AutoFilter.Sort
        .Header = xlYes
        .MatchCase = False
        .Orientation = xlTopToBottom
        .SortMethod = xlPinYin
        .Apply
    End With
    Selection.AutoFilter
    'Ordenar por primeras vueltas
    ActiveWorkbook.Worksheets("ANALISIS").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
    ActiveWorkbook.Worksheets("ANALISIS").AutoFilter.Sort.SortFields.Add2 Key:= _
        Range("B1:B15"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:= _
        xlSortNormal
    With ActiveWorkbook.Worksheets("ANALISIS").AutoFilter.Sort
        .Header = xlYes
        .MatchCase = False
        .Orientation = xlTopToBottom
        .SortMethod = xlPinYin
        .Apply
    End With

```

End With
 Application.ScreenUpdating = True
 Application.DisplayStatusBar = True
 Application.EnableEvents = True
 Application.CutCopyMode = True
 ActiveSheet.DisplayPageBreaks = True

End Sub

Figura 22
 Reporte de tiempos y costos de distribución

										4. ANÁLISIS	REGISTRAR DATOS	BORRAR REPORTE	RESTABLECER	IR A PRINCIPAL	
Pedid	Prioridad	Cilente 1	Cilente 2	Cilente 3	Cilente 4	Cilente	ETA Almac	Tonela	Ocupabili	Costo Real	Costo Asumid	Costo Tot	Flete Cobrac	Flete Recuperad	% Recupera
1	Primera Vuelta	08:23:51 a. m.					11:41:42 a. m.	17.00	100.00%	\$/ 662.27	\$/ 0.00	\$/ 662.27	\$/ 516.80	\$/ 145.47	78.04%
2	Primera Vuelta	08:35:51 a. m.					12:05:42 p. m.	17.00	100.00%	\$/ 690.60	\$/ 0.00	\$/ 690.60	\$/ 625.60	-\$/ 65.00	90.59%
3	Primera Vuelta	07:48:45 a. m.					10:31:30 a. m.	17.00	100.00%	\$/ 575.23	\$/ 0.00	\$/ 575.23	\$/ 516.80	-\$/ 58.43	89.84%
4	Primera Vuelta	07:19:48 a. m.					09:33:36 a. m.	17.00	100.00%	\$/ 345.37	\$/ 0.00	\$/ 345.37	\$/ 371.96	\$/ 26.59	107.70%
6	Primera Vuelta	07:57:36 a. m.					10:49:12 a. m.	17.00	100.00%	\$/ 558.35	\$/ 0.00	\$/ 558.35	\$/ 625.60	\$/ 67.25	112.04%
7	Primera Vuelta	07:31:30 a. m.					09:57:00 a. m.	17.00	100.00%	\$/ 416.70	\$/ 0.00	\$/ 416.70	\$/ 371.96	-\$/ 44.74	89.26%
8	Primera Vuelta	07:19:48 a. m.					09:33:36 a. m.	17.00	100.00%	\$/ 345.37	\$/ 0.00	\$/ 345.37	\$/ 371.96	\$/ 26.59	107.70%
9	Primera Vuelta	07:24:54 a. m.					09:43:48 a. m.	17.00	100.00%	\$/ 418.04	\$/ 0.00	\$/ 418.04	\$/ 371.96	-\$/ 46.08	88.98%
10	Primera Vuelta	07:58:12 a. m.					10:50:24 a. m.	17.00	100.00%	\$/ 632.94	\$/ 0.00	\$/ 632.94	\$/ 765.00	\$/ 132.06	120.87%
11	Primera Vuelta	07:58:12 a. m.					10:50:24 a. m.	17.00	100.00%	\$/ 632.94	\$/ 0.00	\$/ 632.94	\$/ 765.00	\$/ 132.06	120.87%
12	Primera Vuelta	08:09:45 a. m.	09:03:45 a. m.	09:57:45 a. m.			10:51:45 a. m.	17.00	100.00%	\$/ 599.38	\$/ 0.00	\$/ 599.38	\$/ 625.60	\$/ 26.22	104.37%
14	Primera Vuelta	07:35:06 a. m.	08:36:18 a. m.	09:33:54 a. m.	10:33:45 a. m.		11:27:45 a. m.	17.00	100.00%	\$/ 416.70	\$/ 0.00	\$/ 416.70	\$/ 391.00	-\$/ 25.70	93.83%
15	Primera Vuelta	07:49:39 a. m.					12:54:00 a. m.	17.00	100.00%	\$/ 436.59	\$/ 0.00	\$/ 436.59	\$/ 640.90	\$/ 204.31	146.80%
16	Primera Vuelta	07:53:24 a. m.	09:04:21 a. m.				09:58:21 a. m.	10.63	62.50%	\$/ 395.59	\$/ 237.35	\$/ 632.94	\$/ 391.00	-\$/ 241.94	61.78%
5	Segunda Vuelta							17.00	100.00%	\$/ 345.37	\$/ 0.00	\$/ 345.37	\$/ 371.96	\$/ 26.59	107.70%
13	Segunda Vuelta							14.88	87.50%	\$/ 364.61	\$/ 52.09	\$/ 416.70	\$/ 325.47	-\$/ 91.23	78.11%
17	Segunda Vuelta							12.75	75.00%	\$/ 301.76	\$/ 100.59	\$/ 402.35	\$/ 256.19	-\$/ 146.16	63.67%
18	Segunda Vuelta							12.75	75.00%	\$/ 319.55	\$/ 106.52	\$/ 426.07	\$/ 387.60	-\$/ 38.47	90.97%
19	Segunda Vuelta							8.50	50.00%	\$/ 261.19	\$/ 261.19	\$/ 522.37	\$/ 387.60	-\$/ 134.77	74.20%
Total								15.66	92.11%	\$/ 8,718.52	\$/ 757.73	\$/ 9,476.25	\$/ 9,079.96	-\$/ 396.29	96.17%

Fuente: Elaboración propia

Anexo VI

Macro para registro diario de datos

```
Private Sub UserForm_Click()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TextBox1_DblClick(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)
```

```
Dim fecha As Date
```

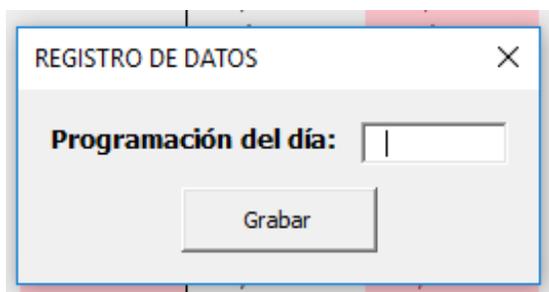
```
fecha = CalendarForm.GetDate
```

```
TextBox1.value = fecha
```

```
End Sub
```

Figura 23

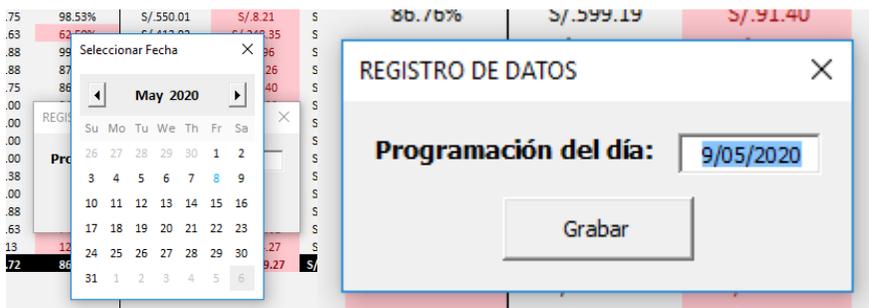
Registro de datos



Fuente: Elaboración propia

Figura 24

Registro de datos según fecha de calendario



Fuente: Elaboración propia

```

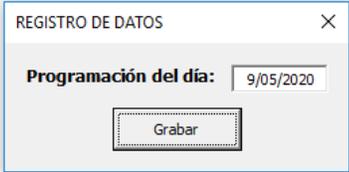
Private Sub CommandButton1_Click()
Dim fecha As Date
Sheets("REGISTRO").Select
UFREGISTRO = Worksheets("REGISTRO").Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Row
Cells(UFREGISTRO + 1, 1) = TextBox1.Text
UFANALISIS = Worksheets("ANALISIS").Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Row
Cells(UFREGISTRO + 1, 2) = Sheets("ANALISIS").Cells(UFANALISIS, 10).value
Cells(UFREGISTRO + 1, 3) = Sheets("ANALISIS").Cells(UFANALISIS, 11).value
Cells(UFREGISTRO + 1, 4) = Sheets("ANALISIS").Cells(UFANALISIS, 12).value
Cells(UFREGISTRO + 1, 5) = Sheets("ANALISIS").Cells(UFANALISIS, 13).value
Cells(UFREGISTRO + 1, 6) = Sheets("ANALISIS").Cells(UFANALISIS, 14).value
Cells(UFREGISTRO + 1, 7) = Sheets("ANALISIS").Cells(UFANALISIS, 15).value
Cells(UFREGISTRO + 1, 8) = Sheets("ANALISIS").Cells(UFANALISIS, 16).value

End Sub

```

Figura 25
Registro de datos ingresado en base de datos diario

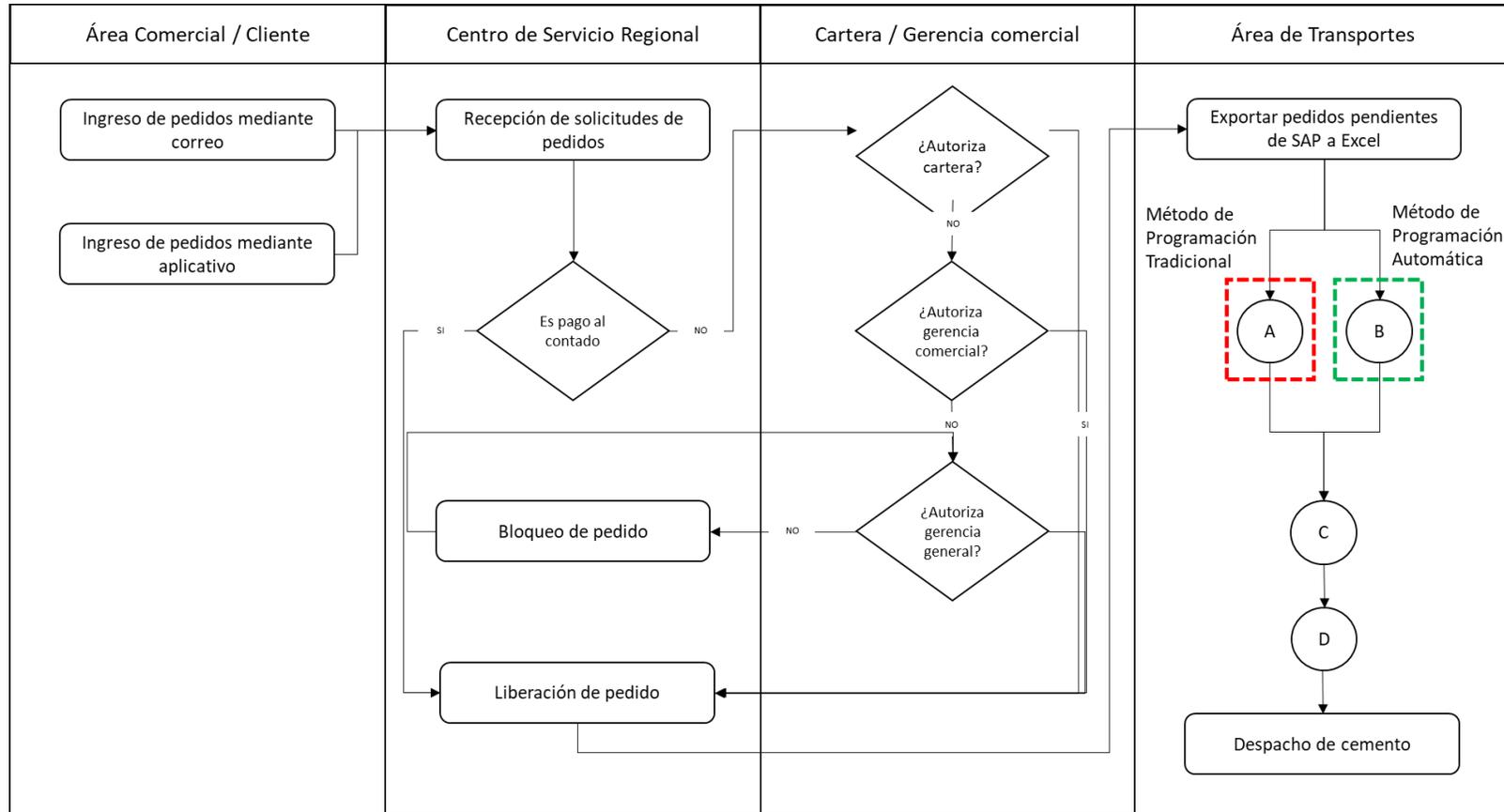
Fecha	Ocupabilidad	Costo Real	Costo Asumido	Costo Total	Flete Cobrado	Flete Recuperado	% Recuperado
5/09/2020	86.56%	S/.7,200.08	S/.1,399.27	S/.8,599.34	S/.6,562.63	-S/.2,036.73	78.32%



Fuente: Elaboración propia

Anexo VII

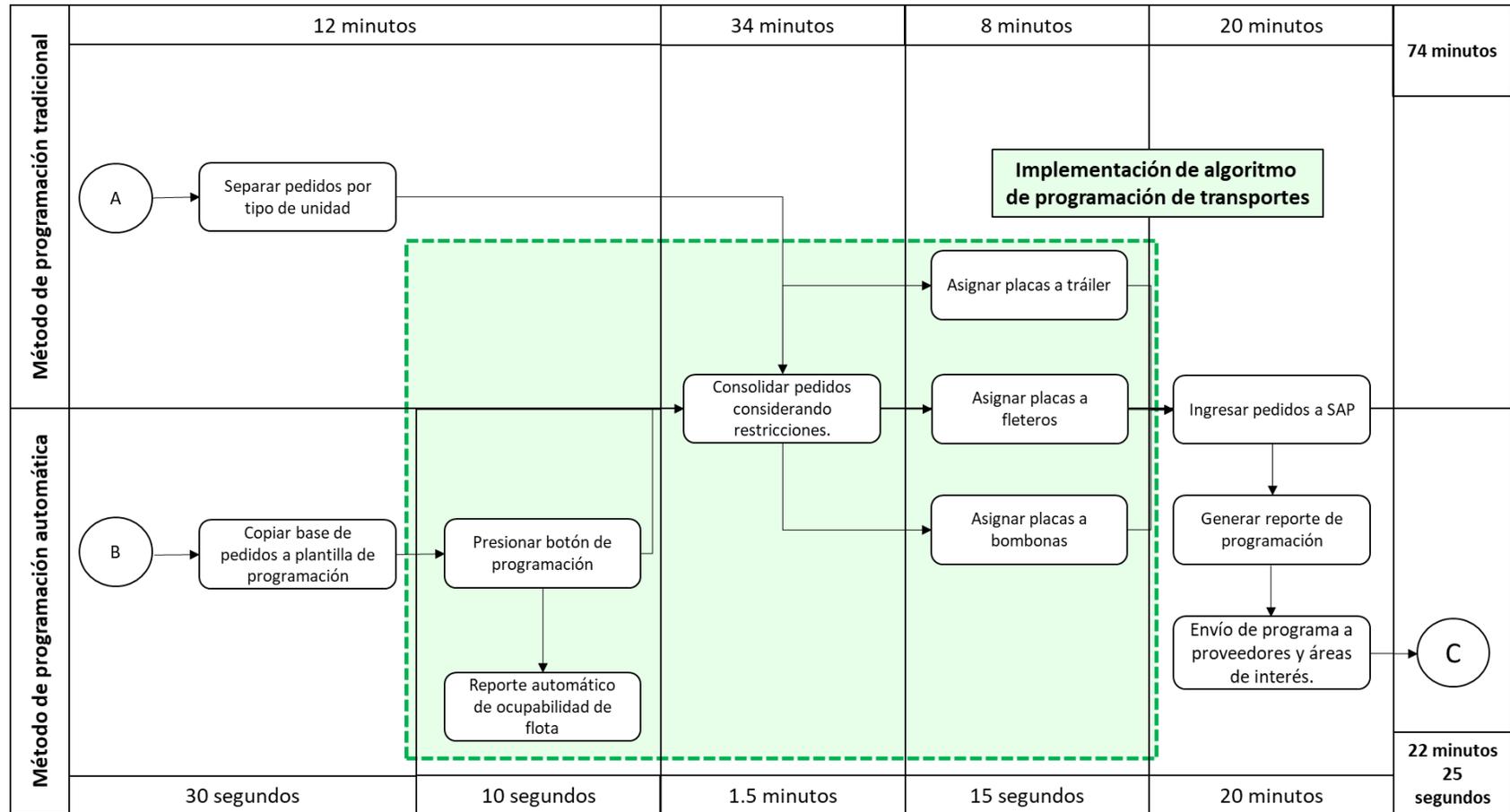
Proceso general para la distribución de cemento después de la propuesta de mejora



Fuente: La empresa (2020). Elaboración propia

Anexo VIII

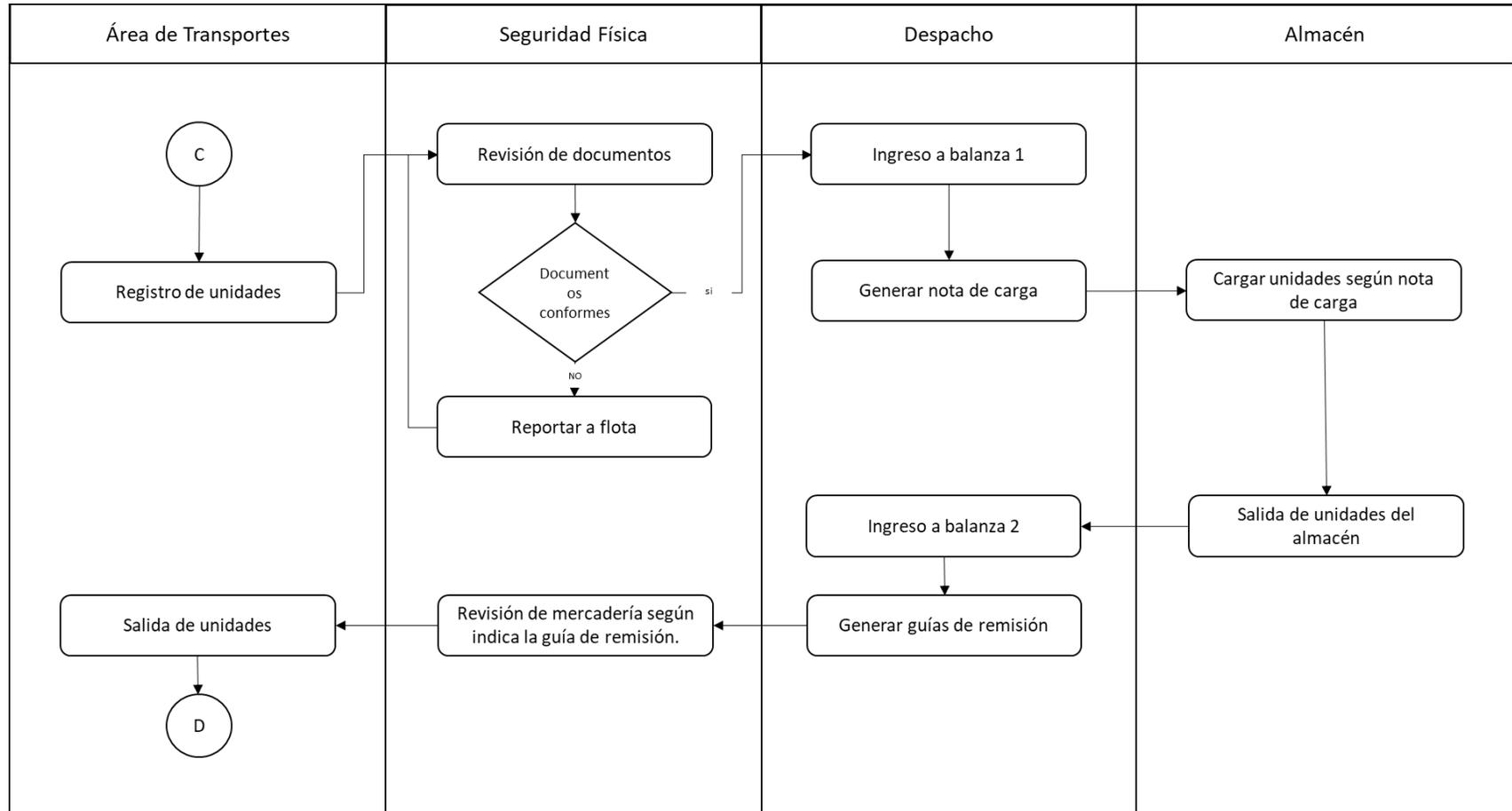
Proceso de programación de transporte tradicional vs automatización



Fuente: La empresa (2020). Elaboración propia

Anexo IX

Proceso de carguío y salida de unidades del almacén



Fuente: La empresa (2020). Elaboración propia

Anexo X

Unidad fletera con carga de cemento



Fuente: Fotografía propia