

**SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS BAJO RESTRICCIONES DE  
VENTANAS DE TIEMPO: APLICACIÓN EN EL RESTAURANTE PARRILLA  
MULATA**

**ANDREA BUITRAGO MARTÍN  
FRANCI CAROLINA PINEDA MORA**

**UNIVERSIDAD LIBRE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C.  
2019**

**SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS BAJO RESTRICCIONES DE  
VENTANAS DE TIEMPO: APLICACIÓN EN EL RESTAURANTE PARRILLA  
MULATA**

**Trabajo de grado para optar por el título de:  
INGENIERAS INDUSTRIALES**

**ANDREA BUITRAGO MARTÍN  
CÓDIGO: 62141029  
FRANCI CAROLINA PINEDA MORA  
CÓDIGO: 62141081**

**DIRECTOR:  
ING. EDGAR DUARTE FORERO**

**UNIVERSIDAD LIBRE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C.  
2019**

**Nota de aceptación:**

El trabajo de grado titulado “SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS BAJO RESTRICCIONES DE VENTANAS DE TIEMPO: APLICACIÓN EN EL RESTAURANTE PARRILLA MULATA” realizado por las estudiantes Andrea Buitrago Martín y Franci Carolina Pineda con códigos 062141129 y 062141081 respectivamente, cumple con todos los requisitos legales exigidos por la Universidad Libre para optar al título de Ingeniero Industrial.

---

**Firma Ing. Edgar Duarte Forero**

---

**Firma Jurado 1**

---

**Firma Jurado 2**

Bogotá, agosto 2019

## **DEDICATORIA**

“Dedicamos el presente trabajo de investigación, inicialmente a Dios por la sabiduría, la fe, la salud y la perseverancia que siempre nos ofreció para alcanzar este logro; a nuestros padres y demás familiares que con su absoluto respaldo nos dieron fuerzas para cumplir con este propósito; y a nuestro director de proyecto, el Ingeniero Edgar Leonardo Duarte Forero por su incondicional apoyo y orientación a lo largo del desarrollo del mismo.”

Las autoras.

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre; en especial a nuestro Director, el Ingeniero Edgar Leonardo Duarte Forero quien nos orientó de una forma acertada y apoyó nuestro trabajo llevándonos a alcanzar la meta propuesta.

Igualmente nuestro agradecimiento también va dirigido al Restaurante Parrilla Mulata, a sus administrativos y demás trabajadores por habernos permitido llevar a cabo nuestro proyecto en él, por habernos brindado su colaboración durante el desarrollo de este y por contribuir de manera esencial en todo este proceso.

## RESUMEN

El tiempo es uno de los factores más significativos en la calidad del servicio que se presta en cualquier negocio con relación a sus clientes. Dentro del sector gastronómico y en específico en los restaurantes, la entrega de este resulta ser clave para el éxito del mismo. Por ello y considerando la importancia que esto radica, el Restaurante Parilla Mulata, solicitó a las autoras una propuesta dirigida a reducir el tiempo de entrega durante el servicio de domicilio, debido a las falencias que presentaba en este tema y teniendo en cuenta que el secreto de este como arma competitiva es la rapidez y el cumplimiento.

Dicha optimización parte de la revisión bibliográfica de los métodos para la mejora de redes logísticas centradas en el transporte de mercancías como el TSP (Travelling Salesman Problem), el CPP (Chinese Postman Problem) y el VRP (Vehicle Routing Problem). Posteriormente, se lleva a cabo la caracterización del proceso desde que entra el pedido hasta que se entrega; y una vez claras las actividades realizadas, se efectúa una indagación de los aspectos más críticos y a mejorar durante su gestión a través de la aplicación de una encuesta y de un estudio formal de tiempos. Allí, se evidencia la necesidad de encontrar un modelo que permitiera estandarizar las rutas a seguir por los vehículos (bicicletas) y que diera paso a través de diferentes algoritmos matemáticos a una solución al problema en cuestión -demora en la entrega de pedidos-.

Finalmente, los resultados obtenidos están sustentados en una evaluación de costos, la cual resulta ser positiva; y en unos indicadores, los cuales se proyectan que mejoren mes a mes como consecuencia del fortalecimiento de la imagen del restaurante ante los usuarios y por lo tanto de la permanencia de este dentro del mercado.

**Palabras clave:** asignación de rutas, investigación de operaciones, logística, transporte, VRP.

## ABSTRACT

Time is one of the most significant factors in the quality of service provided in any business in relation to its customers. Within the gastronomic sector and specifically in restaurants, the delivery of this turns out to be key to its success. Therefore, and considering the importance of this, the Restaurante Parrilla Mulata, asked the authors for a proposal aimed at reducing the delivery time during the home service, due to the shortcomings presented and taking into account that the secret in this is speed and compliance.

This optimization is based on the literature review of the methods for the improvement of logistics networks focused on the transport of goods such as the TSP (Traveling Salesman Problem), the CPP (Chinese Postman Problem) and the VRP (Vehicle Routing Problem). Subsequently, the characterization of the process is carried out from the moment the order enters until it is delivered; and once the activities carried out are clear, an inquiry is made of the most critical aspects and to be improved during their management through the application of a survey and a formal study of time. There, it is evident the need to find a model that would allow standardizing the routes to be followed by vehicles (bicycles) and that would give way through different mathematical algorithms to a solution to the problem in question - delay in order delivery-.

Finally, the results obtained are based on a cost evaluation, which turns out to be positive; and on some indicators, which are projected to improve month by month as a result of the strengthening of the restaurant's image and therefore of the permanence of this within the market.

**Key Words:** route assignment, operations research, logistics, transportation, VRP.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	16
JUSTIFICACIÓN	17
1. GENERALIDADES	18
1.1 ANTECEDENTES	18
1.1.1 Antecedentes del Restaurante Parilla Mulata	18
1.1.2 Antecedentes de la investigación	19
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	27
1.2.1 Descripción del problema	27
1.2.2 Formulación del problema	35
1.3 OBJETIVOS	35
1.3.1 Objetivo General	35
1.3.2 Objetivos Específicos	35
1.4 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO	36
1.4.1 Espacio	36
1.4.2 Tiempo	36
1.4.3 Temática	37
1.4.4 Alcance	37
1.5 METODOLOGÍA	37
1.5.1 Tipo de Investigación	37
1.5.2 Cuadro Metodológico	38



1.5.3 Matriz de Marco Lógico	41
1.6 MARCO REFERENCIAL	43
1.6.1 Marco Teórico	43
1.6.2 Marco Conceptual	53
1.6.3 Marco Legal	54
2. DESARROLLO DEL PROYECTO	56
2.1 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE DISTRIBUCIÓN	56
2.1.1 Estudio de tiempos	56
2.1.2 Encuesta	64
2.1.3 Definición de problemas críticos - Matriz de Vester	72
2.2 ESTABLECIMIENTO DEL MODELO DE TRANSPORTE	78
2.2.1 Formalización del problema	78
2.2.2 Selección del modelo que más se ajuste al Restaurante	79
2.3 PLANTEAMIENTO DEL MODELO DE TRANSPORTE	84
2.3.1 Definición de Índices	84
2.3.2 Definición de Variables	84
2.3.3 Definición de Parámetros	85
2.3.4 Definición de la Función objetivo y Restricciones	85
2.4 DESARROLLO DEL MODELO DE TRANSPORTE EN SOFTWARE	88
2.4.1 Corrida del modelo en software	88
2.4.2 Resultados de la corrida del modelo en software	95
2.4.3 Análisis de resultados de la corrida del modelo en software	97
2.5 VALIDACIÓN DE RESULTADOS: EVALUACIÓN DE COSTOS	102
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	107
CONCLUSIONES	108
RECOMENDACIONES	109

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
ANEXOS	114

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Matriz de Antecedentes	20
Tabla 2. Ventas históricas Restaurante Parilla Mulata	27
Tabla 3. Cuadro Metodológico.	38
Tabla 4. Matriz de Marco Lógico	41
Tabla 5. Tamaño de la muestra para cada una de las zonas estudiadas	57
Tabla 6. Información encuesta	65
Tabla 7. Identificación problemas Matriz de Vester	73
Tabla 8. P1 - Demora en la entrega de los domicilios	73
Tabla 9. P2 - Devolución de domicilios	74
Tabla 10. P3 - Falta de un tiempo de entrega estimado por zona	75
Tabla 11. P4 - Organización deficiente en el área de distribución	75
Tabla 12. P5 - Falta de rutas definidas para las entregas	76
Tabla 13. Matriz de Vester	77
Tabla 14. Cuadro Comparativo VRP y TSP	80
Tabla 15. Matriz de Distancias (metros)	90
Tabla 16. Parámetros de pedidos	91
Tabla 17. Tiempo de inicio y fin del servicio (en min)	92
Tabla 18. Tiempo desde el cliente i hasta el cliente j (minutos)	93
Tabla 19. Recorrido Vehículo 1	94
Tabla 20. Recorrido Vehículo 2	94
Tabla 21. Ruta propuesta a ser realizada por los domiciliarios - Vehículo 1	96
Tabla 22. Ruta propuesta a ser realizada por los domiciliarios - Vehículo 2	97
Tabla 23. Eficiencia en la entrega de domicilios - Ruta anterior y ruta actual.	98
Tabla 24. Eficacia en el servicio - Ruta anterior y ruta actual.	99
Tabla 25. Capacidad del vehículo - Ruta anterior y actual propuesta	100
Tabla 26. Escenarios presentados	100
Tabla 27. Costos por Desplazamiento Anuales	103

Tabla 28. Ingresos por Desplazamiento Anuales	103
Tabla 29. Flujo de caja	104
Tabla 30. VAN	105
Tabla 31. TIR	105
Tabla 32. B/C	106

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Organigrama Restaurante Parilla Mulata	18
Figura 2. Diagrama de proceso – Distribución de los almuerzos	29
Figura 3. Diagrama de Ishikawa	34
Figura 4. Localización Restaurante Parilla Mulata	36
Figura 5. Representación Gráfica del VRP	48
Figura 6. Modelo Programación Lineal VRP	51
Figura 7. Fórmula para hallar la muestra en un estudio de tiempos	56
Figura 8. Hoja de Tiempos	58
Figura 9. Suplementos Variables	60
Figura 10. Diagrama de proceso de flujo - Zona La Igualdad	61
Figura 11. Diagrama de proceso de flujo - Zona Milenta	62
Figura 12. Diagrama de proceso de flujo - Zona Villa Adriana	63
Figura 13. Diagrama de proceso de flujo - Zona Marsella	63
Figura 14. Diagrama de proceso de flujo - Zona Villa Claudia	64
Figura 15. Esquema Axial	78
Figura 16. Tipos más importantes de problemas de ruta	79
Figura 17. Ruta 1 antes realizada por los domiciliarios	95
Figura 18. Ruta 2 antes realizada por los domiciliarios	95
Figura 19. Ruta propuesta a ser realizada por los domiciliarios - Vehículo 1	96
Figura 20. Ruta propuesta a ser realizada por los domiciliarios - Vehículo 2	97

## LISTA DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
Gráfico 1. Comportamiento Ventas Restaurante Parilla Mulata	28
Gráfico 2. Cantidad de Domicilios Acumulados	30
Gráfico 3. Calificación de tiempo de llegada	31
Gráfico 4. Aspectos influyentes al momento de entregar domicilio	32
Gráfico 5. AF1. Organización del proceso de distribución de domicilios	66
Gráfico 6. AF2. Congestión en el área de despacho	66
Gráfico 7. AF3. Organización del proceso de asignación de domicilios	67
Gráfico 8. AF4. Quejas por demora en la entrega de domicilios	67
Gráfico 9. AF5. Rutas definidas para la entrega de los domicilios	68
Gráfico 10. AF6 Personal para la demanda existente	68
Gráfico 11. AF7. Capacitación sobre rutas y destinos de los domicilios	69
Gráfico 12. AF8. Desinterés por parte de los trabajadores	69
Gráfico 13. AF9. Problemas internos entre los trabajadores	70
Gráfico 14. AF10. Devolución de domicilios por demora en la entrega	70
Gráfico 15. AF11. Tiempo de entrega de domicilios aceptable por el cliente	71
Gráfico 16. AF12. Medios de transporte para la entrega final del producto	71
Gráfico 17. AF13. Mantenimiento de Medios de transporte	72
Gráfico 18. AF14. Influencia del clima en la entrega del pedido	72

## **LISTA DE ANEXOS**

- Anexo 1. Zonas Geográficas de Distribución
- Anexo 2. Toma de Tiempos Proceso de Distribución
- Anexo 3. Estudio de Tiempos Proceso de Distribución
- Anexo 4. Formato Encuesta
- Anexo 5. Tabulación Encuesta
- Anexo 6. Planteamiento Modelo de Transporte
- Anexo 7. Prueba Software Asignación de Rutas para el Restaurante Parilla Mulata
- Anexo 8. Rutas resultantes para el Restaurante Parilla Mulata Lunes
- Anexo 9. Rutas resultantes para el Restaurante Parilla Mulata Martes
- Anexo 10. Rutas resultantes para el Restaurante Parilla Mulata Miércoles
- Anexo 11. Rutas resultantes para el Restaurante Parilla Mulata Jueves
- Anexo 12. Rutas resultantes para el Restaurante Parilla Mulata Viernes
- Anexo 13. Constancia de Capacitación
- Anexo 14. Reducción de Tiempos (Antes vs. Después)
- Anexo 15. Evaluación de Costos
- Anexo 16. Carta de aceptación de la empresa
- Anexo 17. Carta dirigida al Comité de Proyectos

## INTRODUCCIÓN

Como bien lo dicen los autores Bermeo y Calderón (2013) “el sistema de transporte es el componente más importante para la mayoría de las organizaciones debido a que el éxito de una cadena de abastecimiento está estrechamente relacionado con su diseño y uso adecuado”. El transporte se mueve entre empresas y clientes que se encuentran dispersos geográficamente y agrega valor a los productos transportados cuando estos son entregados a tiempo, sin daños y en las cantidades requeridas. Por consiguiente, el mismo es un punto determinante en la satisfacción del cliente; sin embargo, representa uno de los costos logísticos más elevados. Es entonces que dentro de este contexto que resulta pertinente tomar decisiones que mejoren la rentabilidad de las mismas desde la aplicación de técnicas que las guíen hacia el alcance de resultados prometedores. Una de ellas es la investigación de operaciones; considerada una herramienta de máxima efectividad para la administración de las organizaciones.

Este proyecto por lo tanto además de estar dirigido a aclarar la importancia que tiene la planeación de rutas dentro de la operación logística; está orientado hacia la consolidación de un sistema construido bajo la base de un modelo matemático de transporte que permita mejorar las operaciones del Restaurante Parrilla Mulata. Para tal efecto el presente documento se organizó en cinco (5) capítulos. En el primer capítulo se realiza un diagnóstico sobre el estado actual del restaurante respecto a los procesos en torno al servicio de domicilios, para identificar las fallas y establecer estrategias de solución. En el segundo capítulo se realiza una evaluación de distintos modelos para determinar su efectividad. En el tercer capítulo se definen las variables, parámetros, y restricciones –capacidad, tiempo disponible para la entrega, No. de vehículos, etc. – que deben ser tenidas en cuenta para la asignación de rutas en el Restaurante Parrilla Mulata. En el cuarto capítulo se construye el modelo del sistema de ruteo para los vehículos (bicicletas), y en el quinto capítulo se demuestra su factibilidad a través de una comparación en términos monetarios entre los resultados obtenidos y la situación inicial del proceso basado en el mejoramiento efectuado en los tiempos y en el aumento de la satisfacción de los comensales.



## JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta que esta investigación está orientada a tratar el problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo, se hace imprescindible dar solución al mismo por diversas razones; por ejemplo, esta técnica de optimización cuenta con muchas aplicaciones que han resultado ser exitosas en casos como: distribución de mensajería, paquetes y materiales, operación de limpieza de calles, rutas de buses escolares, rutas de vendedores, rutas de mantenimiento de vías y servicios públicos, transporte de personas con discapacidad, entre otras muchas. Varios investigadores además, han estado interesados en estudiarlo por su método, el cual es “fácil de desarrollar, práctico y factible” (Bustos & Jimenez, 2014). Por lo tanto, en primer lugar el desarrollo de la herramienta aportará a la consolidación y fortalecimiento de la línea de investigación de ruteo y se convertirá en una base teórica, práctica y metodológica para futuros proyectos y para todas las empresas; en especial para las PYMES, que cuentan con el servicio de entrega de productos y/o mercancías.

Adicional a ello se espera que la implementación de dicha solución aporte beneficios específicos para el Restaurante Parilla Mulata en la parte económica, estratégica y competitiva, ya que la optimización de tiempos desde que se solicita el pedido hasta que llega a su destino final traerá consigo; 1. Una disminución en los costos de transporte, los cuales están constituidos por el costo de la distancia recorrida, el costo de mantenimiento, el costo de repuestos comprados para los vehículos (bicicletas), el costo de capacitación para los domiciliarios etc., 2. El alcance de una ventaja significativa respecto a la competencia, y 3. Un aumento de la eficiencia operativa considerando que se aumentará el despacho de más domicilios en menos tiempo.

Por último y sin dejar de ser menos importante se puede evidenciar como de manera indirecta el proyecto contribuye de manera positiva en el cuidado del medio ambiente, pues la idea igualmente es generar conciencia e incentivar a los demás restaurantes y personas a utilizar la bicicleta como medio de transporte amigable con el medio que nos rodea.

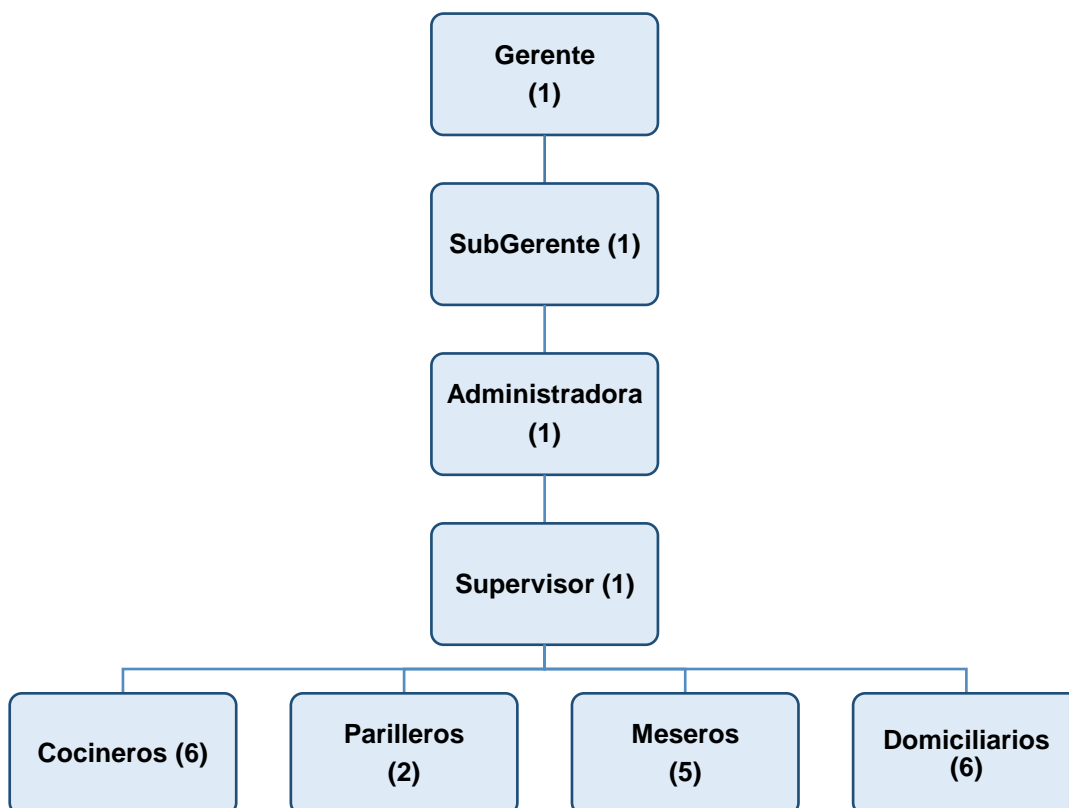
# 1. GENERALIDADES

## 1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Antecedentes del Restaurante Parrilla Mulata. El Restaurante Parrilla Mulata, es un establecimiento dedicado a la producción y comercialización de almuerzos caseros y platos a la carta; fue creado en el año 2009 y está ubicado en el Barrio Plaza de las Américas en la dirección Carrera 69A No. 3-19.

Cuenta actualmente con veintitrés (23) trabajadores que se dividen de la siguiente manera: seis (6) domiciliarios, dos (2) cocineros en el área de parrilla, seis (6) cocineros en el área de la cocina, cinco (5) meseros y por último cuatro (4) funcionarios que se encargan del manejo de la facturación, de la supervisión de la barra, de la logística de pedidos y de la administración respectivamente. De manera detallada esta estructura se puede ver en la figura 1:

Figura 1. Organigrama Restaurante Parrilla Mulata



Fuente: Las autoras, 2019

Además hace parte del sector gastronómico, el cual en Colombia ha tenido un crecimiento positivo en el último año, pues se han abierto más de 90.000 restaurantes como consecuencia de la llegada continua de turistas al país; sin embargo, también resulta ser uno de los más retadores, por la sensibilidad que implica transportar alimentos y garantizar que lleguen a sus consumidores en perfecto estado (Garzón, 2018). Sus políticas empresariales están alineadas a este contexto y corresponden a los siguientes lineamientos:

- **Misión.** “Somos una empresa, dedicada a brindar momentos inolvidables y servicios gastronómicos de alta calidad; buscamos llenar las expectativas de nuestros clientes y ser un lugar de trabajo que permita el crecimiento personal y el desarrollo de sus colaboradores en grupo.” (Restaurante Parrilla Mulata, 2017)
- **Visión.** “Para el año 2021 nuestro Restaurante Parrilla Mulata estará catalogado como uno de los restaurantes más importantes del mercado local, ya que contaremos con los mejores proveedores, con personal altamente calificado y con un servicio innovador que permitirá satisfacer los diferentes gustos de nuestros clientes.” (Restaurante Parrilla Mulata, 2017)

Por lo tanto, tomando en consideración la importancia que tiene para el Restaurante Parrilla Mulata alcanzar estos objetivos, es que el Gerente de este solicitó a las autoras una propuesta dirigida a reducir el tiempo de entrega durante el servicio de domicilio, debido a las falencias que presentaba en este tema y que estaban causando la pérdida potencial de clientes.

1.1.2 Antecedentes de la investigación. Considerando que se hace necesario basarse en otras investigaciones; es decir, en proyectos, artículos y documentos relacionados con el área de investigación del presente trabajo y que además describen o tocan de manera similar el problema planteado, como investigadoras, decidimos consolidar estos en una matriz de antecedentes con el fin de tener una orientación eficaz hacia la solución del mismo (tabla 1).

Tabla 1. Matriz de Antecedentes

No.	Título	Problema	Objetivo General	Metodología o Método utilizado	Parámetros	Medidas de desempeño	Resultados
1	Universidad Distrital Francisco José de Caldas – Colombia: <b>Aproximación híbrida de generación de columnas y agrupación para resolver el problema de ruteo de buses escolares con ventanas de tiempo.</b>	En este documento se resuelve el problema de enrutamiento de buses escolares con ventanas de tiempo. Por lo tanto, además de generar la ruta para cada bus, los autores se enfocan en asignar los estudiantes a paradas específicas y a ajustar las mismas a los horarios de la campana escolar. La aplicación se efectúa en una escuela en Bogotá, Colombia, que incluye a 600 estudiantes para recoger en cerca de 400 nodos ubicados en áreas urbanas y rurales (Lopez & Jesus, 2015).	El objetivo general de este escrito se concentró -a través de una variante del VRPTW- en encontrar el mejor conjunto de rutas para recoger a los estudiantes distribuidos geográficamente bajo restricciones de ventanas de tiempo. Por lo tanto, teniendo en cuenta la capacidad de cada uno de los buses la función objetivo se enfocó en minimizar el tiempo total de viaje (Lopez & Jesus, 2015).	Se formuló el problema como un problema clásico de enrutamiento de vehículos con ventanas de tiempo (VRPTW) pero se resolvió utilizando un método híbrido de generación y agrupación de columnas, el cual consta de 2 fases: en la primera se utilizó el agrupamiento para reducir el número de nodos en dicha formulación y en la segunda se encontró basado en cada grupo la secuencia de ubicaciones a visitar por cada bus para recoger a todos los estudiantes con un costo mínimo de enrutamiento. (Lopez & Jesus, 2015).	Los parámetros que se tuvieron en cuenta para la resolución del problema fueron: (Lopez & Jesus, 2015):  <b>D</b> o demanda del cliente. <b>C</b> o capacidad de transporte de los vehículos. <b>Ls</b> o límite superior de las ventanas de tiempo para recoger al cliente. <b>Li</b> o límite inferior de las ventanas de tiempo para recoger al cliente. <b>Ts</b> o tiempo de servicio para el cliente i <b>Tr</b> o tiempo de recorrido para recubrir la ruta r. <b>n</b> o nodos de los clientes.	Las medidas de desempeño utilizadas para evaluar la pertinencia de la solución fueron (Lopez & Jesus, 2015):  •El tiempo total de viaje.  •El costo de enrutamiento.  •El No. de estudiantes recogidos en la ventana de tiempo dada.  •El grado de cumplimiento del objetivo planteado.	De manera general los resultados obtenidos demuestran una disminución en la complejidad del problema y una mejora en las medidas de rendimiento del método propuesto. Teniendo en cuenta que había buses con capacidad para 18 y 25 pasajeros; para cada uno se disminuyó respectivamente el 39% y el 35% del tiempo de viaje de los estudiantes. Adicional a ello la solución permitió el reducir el número de estudiantes visitados, lo que implica que el vehículo haga menos paradas (Lopez & Jesus, 2015).
2	Universidad Nacional de	Este artículo parte de la necesidad de	El objetivo general del presente escrito	En primer lugar se analizó un algoritmo	Los parámetros que se tuvieron en	Las medidas de desempeño de	Tres escenarios (demanda mayor a la

No.	Título	Problema	Objetivo General	Metodología o Método utilizado	Parámetros	Medidas de desempeño	Resultados
	Colombia – Colombia: <b>Un algoritmo para el problema de ruteo de vehículos con entregas divididas y ventanas de tiempo (SDVRPTW) aplicado a las actividades de distribución de PYMEs del comercio al por menor.</b>	planear y controlar las actividades de distribución de las PYMES, es decir, de administrar correctamente las personas, los vehículos, el tiempo y otras variables importantes respecto de cómo, cuándo, dónde y a través de qué tipo de vehículo se debe atender algún cliente en el tiempo, de la manera adecuada; pues las decisiones tomadas en torno a estos factores generalmente se soportan de manera intuitiva, sin el uso de metodologías cuantitativas y herramientas robustas (Sepulveda, Escobar, & Adarme, 2014).	fue desarrollar un método que resolviera el problema de ruteo de vehículos para las PYMEs pero con un enfoque no considerado aún en dicho tipo de empresas. Es así que los algoritmos construidos en este estudio fueron modelados con el propósito de validar que el enfoque del SDVRPTW es el tipo de problema que se ajusta a los requisitos de estas empresas y que los métodos cuantitativos son una herramienta poderosa para la toma de decisiones (Sepulveda, Escobar, & Adarme, 2014).	para el problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo (VRPTW) basado en la formulación del flujo de cuatro índices propuestos. Posteriormente se aplicó una heurística de inserción sencilla para dicho VRP con entregas divididas y ventanas de tiempo (SDVRPTW). Finalmente, y tomando en cuenta las características administrativas de las PYMEs relacionadas con las capacidades tecnológicas, económicas y humanas de las mismas se implementa el modelo en una plataforma de fácil acceso como Excel en donde además se validó (Sepulveda, Escobar, & Adarme,	cuenta para la resolución del problema fueron: (Sepulveda, Escobar, & Adarme, 2014):  $C_{i,j}$ o costo (distancia) de viajar desde el cliente $i$ al $j$ . $y_{i,k}$ o cantidad demandada satisfecha del cliente $i$ por la ruta $k$ . $d_i$ o demanda del cliente $i$ . $S_{i,k}$ o tiempo de servicio de la ruta $k$ en el cliente $j$ . $t_{i,j}$ o tiempo de viaje desde el cliente $i$ al $j$ . $e_i$ o inicio de la ventana de tiempo del cliente $i$ . $l_i$ o fin de la ventana de tiempo del cliente $i$ . $Q$ o capacidad de los vehículos.	utilizadas para evaluar la pertinencia de la solución estuvieron dadas por (Sepulveda, Escobar, & Adarme, 2014):  •Rapidez de reacción de la PYME ante cualquier cambio en las políticas externas y a las necesidades del mercado.  •Capacidad de la PYME para usar de una mejor manera cada recurso que tenga la compañía.  •Mejoramiento de los márgenes de rentabilidad.  •Grado en que la PYME genera empleo, desarrollo y bienestar para las ciudades y regiones de los países en vías de desarrollo.	capacidad, demanda igual a la capacidad y demanda menor a la capacidad) fueron ejecutados con la heurística propuesta para validar que el SDVRPTW es un enfoque adecuado para abordar la problemática de ruteo de vehículos en compañías PYMEs del sector comercial al por menor. Los resultados computacionales arrojaron que la heurística propuesta logró reducir aproximadamente en un 50% el número de vehículos empleados. De esta manera se obtienen resultados satisfactorios afectando de manera positiva su rentabilidad y competitividad (Sepulveda, Escobar, & Adarme,

No.	Título	Problema	Objetivo General	Metodología o Método utilizado	Parámetros	Medidas de desempeño	Resultados
				2014).			2014).
3	Universidad Tecnológica de Pereira – Colombia: <b>Un problema logístico de programación de vehículos con ventanas de tiempo (VRPTW).</b>	Éste documento presenta la solución a un caso de programación de vehículos con ventanas de tiempo. La aplicación partió de la necesidad de minimizar los costos de transporte de una empresa distribuidora de comestibles la cual para ese entonces contaba con 1 almacén y 13 vehículos; para atender a 20 clientes con requerimientos definidos, teniendo en cuenta, que los mismos restringían las entregas a unas ventanas de tiempo dadas. (Restrepo, Medina, & Cruz, 2008).	El objetivo general de este artículo era determinar a través del VRPTW (Vehicle Routing Problem with Time Windows) el No. de vehículos que se requerían para la entrega de productos a los clientes; considerando que estos contaban con una capacidad de carga finita y orientado por su puesto a minimizar el costo de transporte asociado al desplazamiento de los mismos (Restrepo, Medina, & Cruz, 2008).	Para determinar el orden en que cada vehículo debía visitar a sus clientes se utilizó una heurística que toma elementos clave para el modelo y la cual tiene como característica la inclusión de una restricción adicional donde se asocia una ventana de tiempo a cada cliente; es decir, cada cliente solo recibe la visita del vehículo durante un intervalo de tiempo dado (Restrepo, Medina, & Cruz, 2008).	Los parámetros que se tuvieron en cuenta para la resolución del problema fueron: (Restrepo, Medina, & Cruz, 2008): <b>C<sub>i,j</sub></b> o costo de transporte del nodo i al nodo j. <b>D<sub>i</sub></b> o demanda en el nodo j. <b>U</b> o capacidad del recurso k. <b>n</b> o número de clientes. <b>H</b> o costo del vehículo. <b>S<sub>i</sub></b> o tiempo de servicio H para el cliente i. <b>[e<sub>i</sub> - l<sub>i</sub>]</b> o ventana de tiempo para el cliente i. <b>a<sub>i</sub></b> o inicio de la ventana de tiempo para el cliente i. <b>b<sub>i</sub></b> o cierre de la ventana de tiempo para el cliente i.	Las medidas de desempeño utilizadas para evaluar la pertinencia de la solución fueron (Restrepo, Medina, & Cruz, 2008):  •El número de vehículos requeridos para la entrega de productos a los clientes.  •El número de clientes a atender en la ventana de tiempo definida.  •El tiempo de servicio.  •El Costo por km recorrido.	Una vez el algoritmo fue implementado en Visual Basic, en donde el usuario pudo definir el tamaño de su matriz de distancias y los parámetros de entrada que el método requería, la heurística resolvió el problema generando una secuencia con distintas soluciones posibles. Se escogió consecuentemente la ruta que arrojará el costo más bajo para cada uno de los vehículos estudiados. Los resultados arrojaron un costo total de \$30.505.000 al año, con respecto al que se tenía el cual era de \$63.523.000 al año (Restrepo, Medina, & Cruz, 2008).

No.	Título	Problema	Objetivo General	Metodología o Método utilizado	Parámetros	Medidas de desempeño	Resultados
4	Universidad Autónoma del Estado de México – México: <b>Estudio de tres algoritmos heurísticos para resolver un problema de distribución con ventanas de tiempo - Colonia de Hormigas, Búsqueda Tabú y Heurística Constructiva de una Ruta.</b>	El problema en estudio se originó en una empresa embotelladora en la ciudad de Toluca, México; la cual buscaba definir políticas de ruteo de vehículos y por consiguiente minimizar la distancia recorrida por estos para la entrega de sus productos. La empresa entregaba diariamente a 12 almacenes regionales. La demanda en cada almacén se conocía con anticipación y se satisfacía mediante camiones cargados en su totalidad, por lo que en el modelo no se hizo necesario decidir sobre la mezcla de productos ni la consolidación de la carga. El producto a distribuir una vez	El objetivo general del escrito estuvo dado por la construcción de un plan de distribución, es decir, por el desarrollo del conjunto de estrategias, técnicas y herramientas orientadas a lograr la distribución correcta de los diferentes productos manejados por la compañía. En específico, los modelos utilizados y evaluados para dar solución a este problema de ruteo de vehículos enfocados o encaminados a 1. Decidir sobre el conjunto de almacenes que debe atender cada ruta construida y 2. Decidir el orden en	La solución al problema de distribución estuvo formado por el conjunto de rutas que permitieron cumplir de manera eficiente y eficaz todas y cada una de las demandas asociadas a cada almacén. Para encontrar la misma en primer lugar se evaluaron 3 modelos (Algoritmo por Colonia de Hormigas, Algoritmo Búsqueda Tabú y Algoritmo Heurística Constructiva de Ruta) con base en dicha demanda, en la capacidad de cada camión y en el horario oportuno en que ellos podían transportar su producto; posteriormente para tomar la elección final se escogió el método de solución más fácil de	Los parámetros considerados para el algoritmo por colonia de hormigas fueron (Gonzales de la Rosa, Martinez, & Garcia, 2009):  $N_{i,j}$ o preferencia de moverse de un nodo $i$ a un nodo $j$ . $m$ u hormigas artificiales. $M_k$ o arcos utilizados. $q$ o valor aleatorio. $\alpha, \beta$ o parámetros mayores a 1. $J_k$ o conjunto de nodos a ser visitados por la hormiga $k$ .  Los parámetros considerados para el algoritmo búsqueda tabú fueron (Gonzales de la Rosa, Martinez, & Garcia, 2009):  $S_0$ o solución inicial. $N(S_0)$ o solución vecina. $K$ o nodo de decisión minino.	Las medidas de desempeño utilizadas para evaluar la pertinencia de la solución fueron (Gonzales de la Rosa, Martinez, & Garcia, 2009):  •Entregas Perfectas.  •Entregas Completas.  •Entregas a tiempo.  •No. de rutas.  •No. de camiones.  •Costo ruta.  •Costo total de ruta.  •Costo total del programa.	Los algoritmos utilizados en esta investigación, además de proporcionar soluciones con el mínimo número de rutas, generaron soluciones casi óptimas de forma rápida, con tiempos de ejecución de 2 a 4 minutos, lo que permitió de cierta manera proponer oportunamente un plan de distribución al personal de la planta embotelladora.  Adicional a ello esta investigación al comparar los resultados obtenidos por los tres algoritmos heurísticos, para el problema de logística de distribución, permitió elegir el que tenía más beneficios y por lo tanto el que

No.	Título	Problema	Objetivo General	Metodología o Método utilizado	Parámetros	Medidas de desempeño	Resultados
		empacado en pallets, se separaba y se distribuía a las tiendas minoristas donde acudía el consumidor final (Gonzales de la Rosa, Martinez, & Garcia, 2009).	que deben cargarse los camiones en la planta (Gonzales de la Rosa, Martinez, & Garcia, 2009).	mantener y económico de implementar (Gonzales de la Rosa, Martinez, & Garcia, 2009).	<p>t o movimientos realizados.</p> <p>Los parámetros considerados para el para la heurística constructiva fueron: (Gonzales de la Rosa, Martinez, &amp; Garcia, 2009):</p> <p><b>P</b> o capacidad de la ruta.</p> <p><b>K</b> o conjunto de rutas construidas.</p> <p><b>F<sub>K</sub></b> o costo fijo de utilizar una ruta.</p> <p><b>Y<sub>K</sub></b> o variable binaria que indica la utilización de la ruta K.</p> <p><b>L</b> o almacén.</p> <p><b>M</b> o alternativas.</p> <p><b>D</b> o demanda total.</p>		proporcionaba los mejores resultados para la empresa; el cual resultado ser el algoritmo por colonia de hormigas (Gonzales de la Rosa, Martinez, & Garcia, 2009).
5	Universidad Federal de Minas Gerais – Brasil: <b>Un problema de rotación dinámica, con tiempos de viaje estocástico, múltiples vehículos y</b>	En este artículo se considera, un problema de ruteo de vehículos con tiempos de viaje estocástico y ventanas de tiempo. Por lo tanto está dirigido además de	El objetivo general del escrito consistió en desarrollar y evaluar un modelo de VRP dinámico, con tiempos de viaje estocástico y ventanas de tiempo; orientado a mejorar el nivel de	Se desarrollaron 2 modelos: uno determinista y otro estocástico. De manera general, lo que se hizo fue combinar las mejores rutas dentro de una solución y después de un número	Los parámetros que se tuvieron en cuenta para la resolución del problema fueron (Conceição, 2013):	Las medidas de desempeño utilizadas para evaluar la pertinencia de la solución fueron (Conceição, 2013):	Los resultados muestran que cuando el número de vehículos utilizados por el modelo estocástico tiende al número utilizado por el modelo determinista, el riesgo de sanciones



No.	Título	Problema	Objetivo General	Metodología o Método utilizado	Parámetros	Medidas de desempeño	Resultados
	<b>ventanas de tiempo.</b>	minimizar los costos de transporte, el responder a la pregunta ¿Cuál es el conjunto óptimo de rutas para una flota de vehículos que debe satisfacer las demandas de un conjunto dado de clientes? (Conceição, 2013).	servicio ofrecido por la empresa y satisfacer la demanda del cliente a tiempo (Conceição, 2013).	determinado de iteraciones, se reportó la mejor solución encontrada hasta el momento. (Conceição, 2013).	arcos. $Q_k$ o periodo de tiempo. $i$ o ventana de servicio de cada cliente. $W_{i, k}$ o tiempo transcurrido para que el vehículo K llegue al cliente situado en $i$ .	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Porcentaje de pedidos perfectos.</li> <li>•Costo de transporte por kilogramo movido y modalidad.</li> <li>•Porcentaje de utilización del transporte.</li> </ul>	(multas) disminuye. Por consiguiente, con el beneficio acumulado y los datos de respuesta principales usados en los experimentos, se observa que el modelo estocástico resulta ser mejor en 8 de los 12 experimentos, a saber. (Conceição, 2013).

Fuente: Las autoras, 2018

Estos documentos aportaron varios elementos conceptuales, ya que permitieron observar la aplicación de diferentes métodos en problemas de ruteo -aspecto relevante en el proyecto de grado que se está desarrollando-. Como conclusión se pudo determinar la importancia de utilizar un modelo matemático para resolver este tipo de problemas, pues mejoraron diferentes variables del proceso.

De manera general las investigaciones anteriormente relacionadas con el problema de enrutamiento de vehículos, se centraron en establecer una estrategia para realizar la distribución adecuada de las mercancías en los diferentes puntos en los cuales se deseara entregar.

Al igual que los mencionados, otros artículos como el de (Pirabán, 2015) titulado como “Métodos aproximados para la solución del problema de enrutamiento de vehículos” y el de (Elejalde del Rio & Castañeda Ramirez, 2014) en su proyecto de grado “Modelo para la asignación de rutas de ambulancias de la empresa Health Society S.A.” utilizaron la programación de vehículos con ventanas de tiempo, es decir cada cliente estaba dispuesto a recibir la visita del vehículo durante un intervalo de tiempo dado; y desarrollaron diferentes Algoritmos Heurísticos para encontrar solución al mismo. En este caso, la propuesta realizada podría ser empleada como solución de la problemática para el Restaurante Parrilla Mulata; teniendo en cuenta que no se resuelve el problema en un sentido, ya que se toma como referencia un conjunto de rutas simultáneas.

De la misma forma, en diferentes investigaciones, se tuvo en cuenta el número de vehículos utilizados y se analizaron además las políticas de ruteo para determinar cuáles no correspondían y de esta manera eliminarlas para hacer más eficiente el proceso de transporte.

Finalmente, los distintos autores enfatizaron en diferentes indicadores utilizados para mostrar la validez de la solución como los costos en que se incurren al transportar el producto, desde el punto de inicio hasta su punto final, el tiempo que se demora en cada trayecto, el número de clientes al que se debe satisfacer en cierto tiempo y la capacidad del vehículo, todo esto utilizando los métodos cuantitativos para analizar de una manera más clara los resultados que allí hubieran arrojado.

## 1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 Descripción del problema. Como se referenció anteriormente, el Restaurante Parilla Mulata es un establecimiento dedicado a la producción y comercialización de almuerzos caseros y platos a la carta. Este establecimiento tiene una capacidad total para el consumo de alimentos de 96 personas de forma simultánea; además, cuenta con una planta física distribuida en dos niveles así: por un lado, en el primer piso se encuentra la parrilla en donde se elaboran y despachan los diferentes tipos de carne (cerdo, res y pollo) y por otro, en el segundo piso se encuentra la cocina en donde se elaboran y despachan los demás alimentos.

Desde su creación (2009) la empresa tiene el servicio de domicilios; no obstante, la demanda de productos bajo la modalidad de domicilio aumentó de manera considerable; de vender 80 domicilios diarios en el 2014, se pasó a vender 150 domicilios en el 2018, lo que se manifestó de forma directa en el crecimiento de las ventas generadas anualmente (tabla 2).

Tabla 2. Ventas históricas Restaurante Parilla Mulata

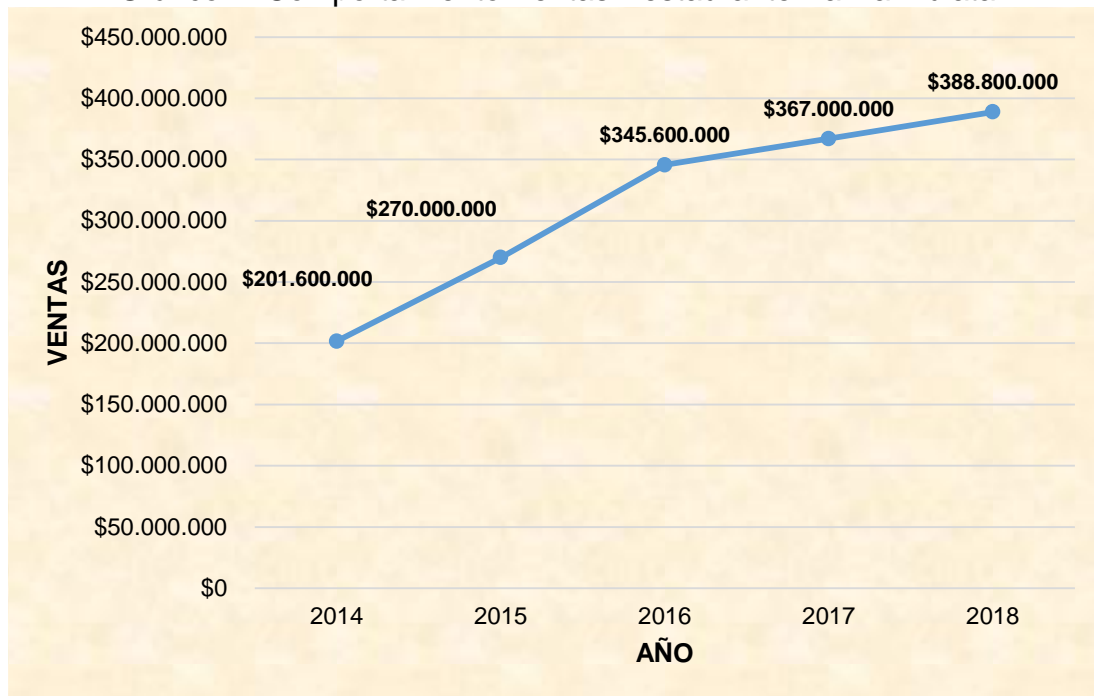
<b>Año</b>	<b>Venta (pesos)</b>
2014	\$201.600.000
2015	\$270.000.000
2016	\$345.600.000
2017	\$367.000.000
2018	\$388.800.000

Fuente: Restaurante Parilla Mulata. Entrevista Realizada el 7 de febrero de 2019 al Gerente General.

De manera más detallada el comportamiento presentado es posible verlo en el gráfico 1 que denota dichas ventas, y en el cual se puede ver un incremento del 48% en las mismas, con respecto al primer periodo hasta el año 2018. Sin embargo, el Restaurante Parilla Mulata desea tener un mayor reconocimiento que

le asegure la posibilidad de ser más estable y competitivo considerando las variaciones del mercado en los últimos años:

Gráfico 1. Comportamiento Ventas Restaurante Parilla Mulata

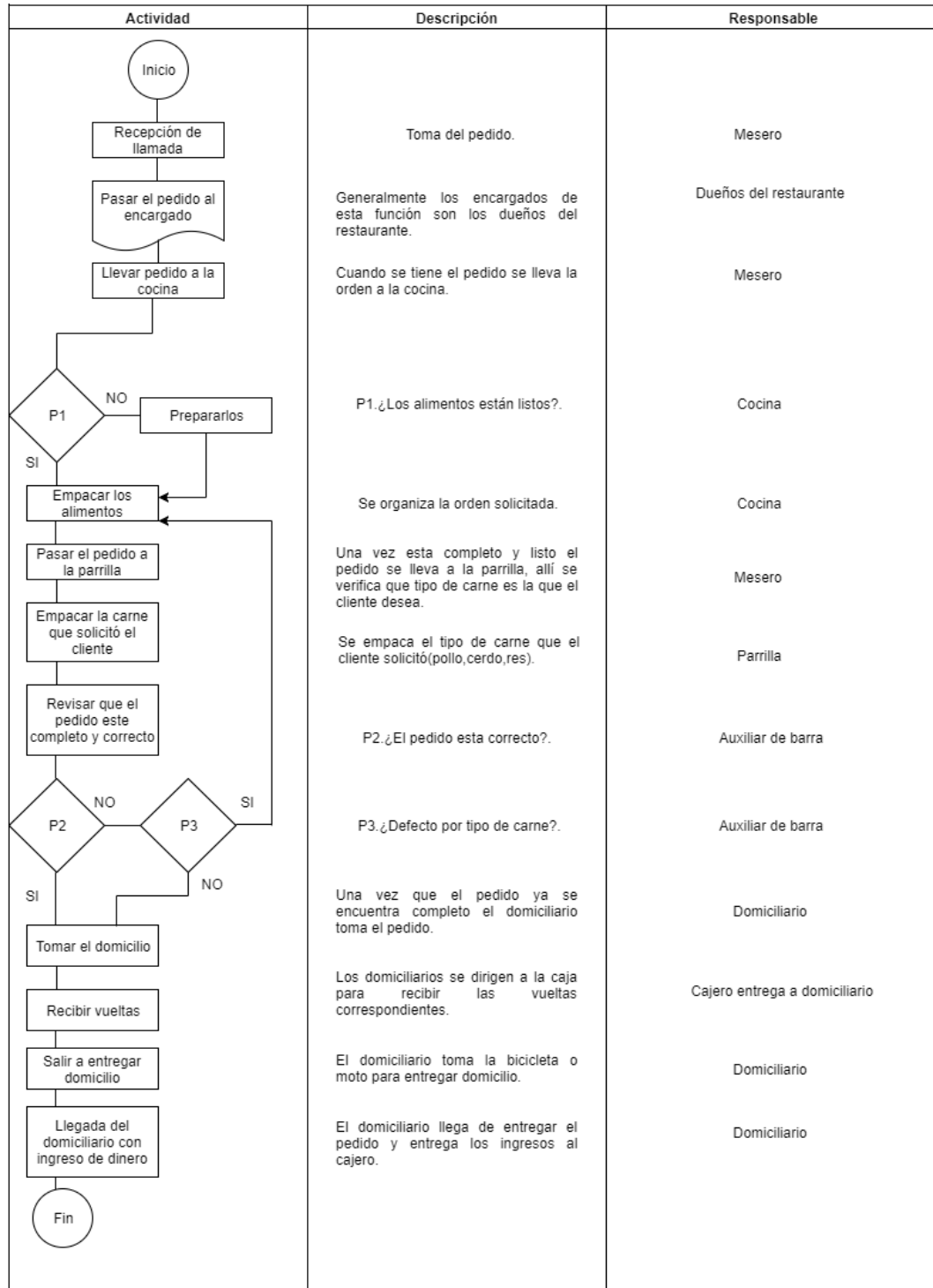


Fuente: Restaurante Parilla Mulata. Entrevista Realizada el 7 de febrero de 2019 al Gerente General.

Las zonas geográficas que el Restaurante Parilla Mulata cubre son los barrios: La Igualdad, Milenta, Villa Claudia, Villa Adriana y Nueva Marsella, cuya delimitación se puede encontrar en el Anexo 1 (Ver CD – Anexo 1. Zonas de Distribución Restaurante Parilla Mulata).

Por otro lado, el proceso de distribución de domicilios tanto dentro como fuera del Restaurante presenta un alto grado de complejidad por el sentido empírico de quienes lo tienen a cargo. En la figura 2 se encuentra una descripción sistematizada de los principales pasos y procedimientos durante la distribución de los almuerzos que allí se elaboran.

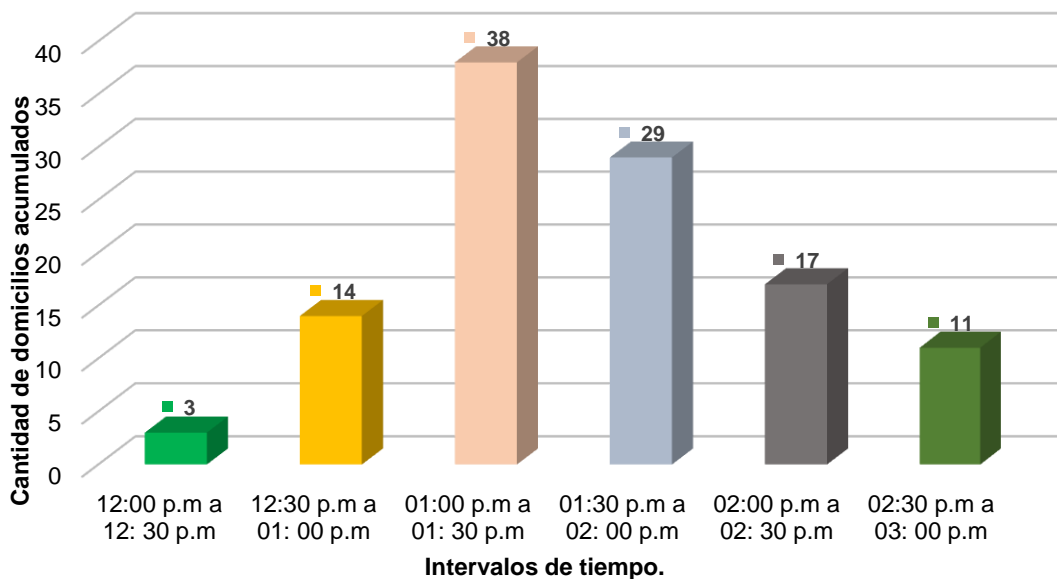
Figura 2. Diagrama de proceso con simbología ANSI – Distribución de los almuerzos



Fuente: Restaurante Parilla Mulata. Entrevista Realizada el 25 de octubre de 2018 al Supervisor de barra y logística de pedidos.

Como se puede observar y según las visitas realizadas al Restaurante se evidenció que el método actualmente desarrollado no es el adecuado, pues éste ocasiona tardanzas en los pedidos que son solicitados, lo que a su vez, causa la acumulación de los mismos. En el gráfico 2 se puede ver la cantidad de domicilios acumulados en un intervalo de tiempo determinado; cada intervalo de tiempo consta de 30 minutos, por lo tanto, estos tiempos se tomaron en la franja de las 12: 00 P.M. hasta las 03: 00 P.M., horario establecido por indicación de los administrativos, quienes manifestaron que esta es la franja de tiempo donde más se presta este servicio.

Gráfico 2. Cantidad de Domicilios Acumulados



Fuente: Las autoras, 2018

El intervalo más congestionado es entre la 1:00 P.M. y la 1: 30 P.M., con una acumulación de 38 domicilios. Por el contrario, el intervalo con menos cantidad de domicilios en reserva se ubica entre las 12:00 P.M. y las 12:30 P.M.

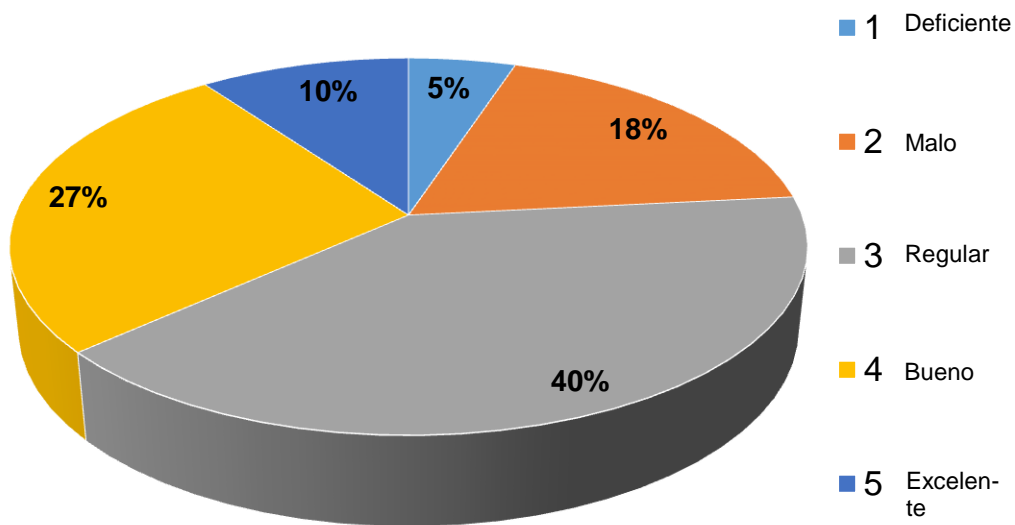
Esto, ha generado descontento en los clientes y problemas internos en la empresa. La primera discusión se originó debido a que el domicilio no llega en

condiciones ideales como la temperatura, alimentos revueltos y cajas en mal estado. El segundo malentendido se da en el área de despacho, trayendo consigo problemas de estrés laboral.

De acuerdo con la información brindada por el Gerente del establecimiento, el Restaurante Parrilla Mulata presenta este problema desde hace 3 años. El problema surgió cuando empezó a aumentar su demanda y la mala organización que tienen fue insuficiente para controlarla. Así mismo, esto produjo deserción de clientes y pérdidas económicas para este.

Un sondeo realizado a treinta clientes; arrojo como resultado que el 68% de ellos considera que el tiempo de entrega de los domicilios está entre regular, malo y deficiente, y solamente un 10% de ellos considera que el tiempo es excelente (gráfico 3).

Gráfico 3. Calificación de tiempo de llegada

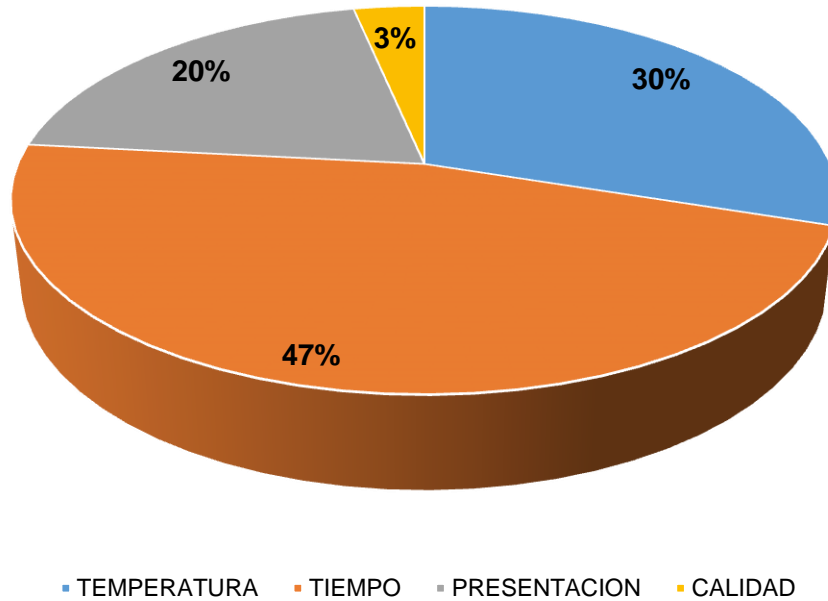


Fuente: Restaurante Parilla Mulata. Sondeo realizado el 25 de agosto de 2018 a los clientes del Restaurante Parilla Mulata.

El mismo sondeo indagó acerca de los principales problemas percibidos por los clientes en la recepción de sus domicilios. El 46% de ellos afirma que el tiempo

consiste en la principal queja, seguido éste por la temperatura, con un 30% (gráfico 4).

Gráfico 4. Aspectos influyentes al momento de entregar domicilio



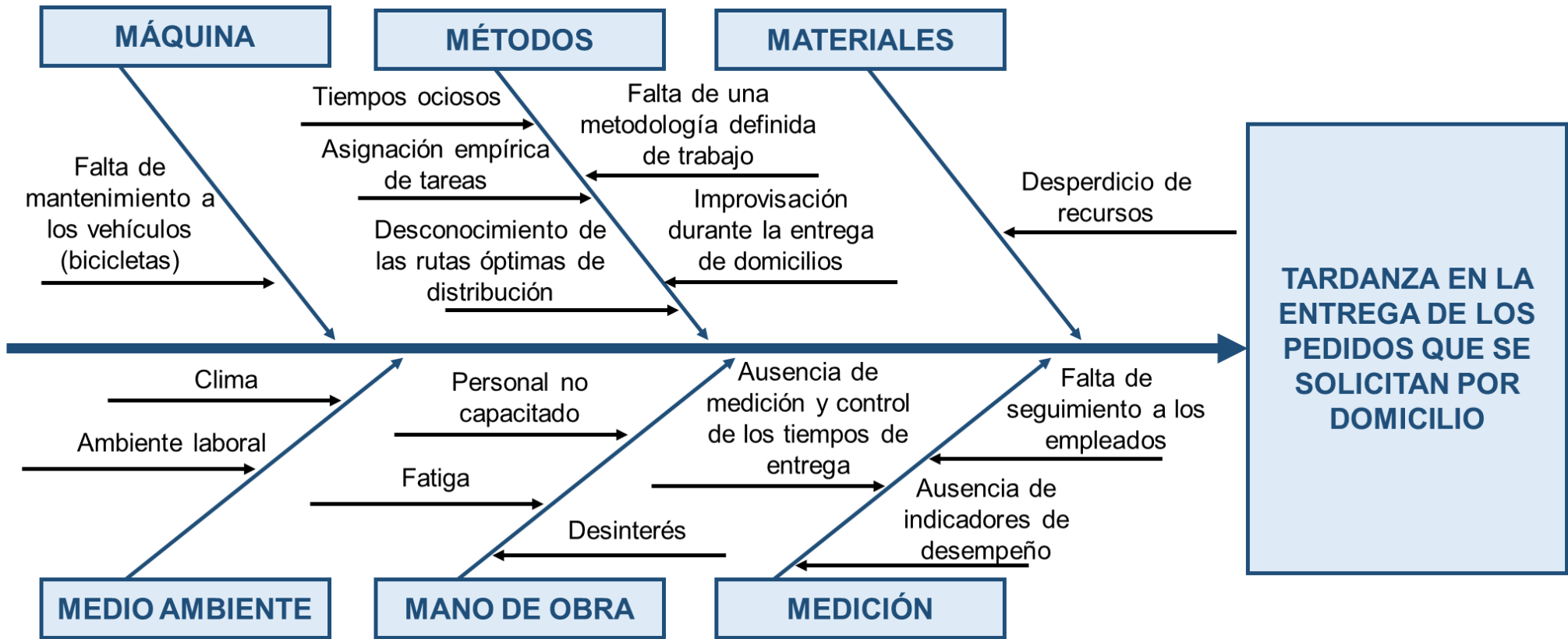
Fuente: Restaurante Parilla Mulata. Sondeo realizado el 25 de agosto de 2018 a los clientes del Restaurante Parilla Mulata.

Y es por esto que resulta importante en primer lugar el buscar una herramienta que contribuya a la solución de los inconvenientes mencionados a través de modelos matemáticos, y también; el asegurar la continua satisfacción de los clientes externos e internos mediante el desarrollo y seguimiento permanente de la calidad del servicio, pues las constantes demoras, la incorrecta asignación de los pedidos y el desconocimiento de las rutas a tomar está causando dificultades que afectan la misma. En la figura 3, por medio de un diagrama de Ishikawa y en relación con los aspectos descritos previamente, se mostrarán en forma condensada los principales agentes que se deben tener en cuenta para dar una solución oportuna a este problema:





Figura 3. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Las autoras, 2018

1.2.2 Formulación del problema. ¿Cómo mejorar el proceso de distribución de los domicilios en la empresa Restaurante Parrilla Mulata, con el fin de lograr una mayor satisfacción, cumplir con la demanda de los clientes y realizar su entrega en el menor tiempo posible?

### 1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General. Desarrollar la mejora del proceso logístico de distribución en el Restaurante Parrilla Mulata teniendo en cuenta variables asociadas a tiempo, demanda, recursos y zonas geográficas, y utilizando herramientas de investigación de operaciones; para optimizar el tiempo de entrega de los domicilios y conseguir satisfacción en el servicio por parte del cliente final.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Realizar un diagnóstico del proceso de distribución de los domicilios del Restaurante Parrilla Mulata, mediante la recolección de información para identificar los factores críticos que se presenten.
- Establecer mediante los resultados obtenidos, una herramienta de investigación de operaciones que permita una adecuada distribución de pedidos y rutas de entrega óptimas.
- Plantear un modelo matemático donde se identifiquen variables, parámetros y medidas de desempeño, las cuales permitan determinar las rutas de la manera adecuada.
- Validar los resultados obtenidos del modelo matemático, por medio de su análisis a través del uso de herramientas de software o complementarias.
- Realizar una evaluación de costos que evidencie el mejoramiento de la solución.

## 1.4 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.4.1 Espacio. El proyecto se desarrollará en el Restaurante Parrilla Mulata, el cual se encuentra ubicado en la ciudad de Bogotá, Localidad de Kennedy, Barrio Plaza de las Américas en la dirección Carrera 69 A No. 3-19. La localización exacta se puede ver en la figura 4.

Figura 4. Localización Restaurante Parrilla Mulata



Fuente: Google Maps, 2019

1.4.2 Tiempo. La ejecución del proyecto se realizará desde el primer semestre del año 2018 hasta el segundo semestre del año 2019. Por lo tanto, el tiempo de duración será de 1 año y medio aproximadamente. En los 5 primeros meses se realizará un diagnóstico general de cómo se encuentra actualmente funcionando el Restaurante Parrilla Mulata. Tras recolectar y analizar la información, se realizará un diagrama de procesos con simbología ANSI del área de distribución. Con el conocimiento anteriormente adquirido se definirán las restricciones que tiene el sistema de distribución por medio de un modelo matemático, para lo cual se tiene proyectado una duración de 3 meses.

Una vez claras las variables y restricciones se establecerá un modelo de programación lineal de acuerdo con el problema presentado en la organización, para lo cual igualmente se tiene proyectado una duración de 3 meses.

Teniendo el modelo planteado se brindará una solución por medio de un software en 4 meses; y por último se efectuará un análisis de esta solución el cual se desarrollará en 3 meses.

1.4.3 Temática. En este proyecto se tomarán conocimientos concernientes a procesos logísticos, los cuales se desarrollarán por medio de modelos matemáticos de programación lineal y utilizando variables como el tiempo de entrega de los domicilios y analizando sus diferentes restricciones como lo son, las rutas usadas para realizar este procedimiento, la capacidad de demanda, y ventanas de tiempo, entre otros. Para hallar esto se hará uso de un algoritmo heurístico el cual indicará que ruta disminuirá el tiempo de entrega de los domicilios.

1.4.4 Alcance. El proyecto será llevado a cabo hasta tal punto en el que se dejen sentadas las bases suficientes, y el Restaurante Parilla Mulata pueda dar continuación a un proceso gradual de implementación.

## 1.5 METODOLOGÍA

1.5.1 Tipo de Investigación. Una investigación cuantitativa es aquella que tiene claridad entre los elementos del problema de investigación que lo conforman, pues estos pueden ser definidos y limitados; además tiene mediciones de resultados controlados de carácter objetivo, con datos sólidos, repetibles, y orientada a resultados. Adicionalmente se sabe exactamente donde se inicia el problema, en cual dirección va y qué tipo de incidencia existe entre sus elementos los cuales son: variables, relación entre variables y unidad de observación.

El proyecto que se está desarrollando al cumplir con los elementos anteriormente mencionados cuenta con las características de una investigación cuantitativa, pues se encuentra claramente determinado el punto de partida de la situación problema: el cuál es la tardanza de los domicilios desde el punto de origen

(Restaurante Parrilla Mulata) hasta el punto de llegada (cliente), acción que se pudo medir por medio de un estudio de tiempos.

En la investigación se realizan mediciones de tiempo recorrido y satisfacción del cliente, además de esto, está orientada a los resultados sólidos para poder ser aplicados en esta y en otras investigaciones, por consiguiente, esta tiene un carácter objetivo.

Esta investigación también es de tipo descriptiva ya que para poder realizar lo anterior se debe llegar a conocer muy bien las actividades, situaciones y procesos para identificar con facilidad las relaciones entre las variables.

La investigación descriptiva también elabora y verifica la recolección de datos pues en las investigaciones descriptivas “Los investigadores recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, [que para esta investigación se desarrollará con base en la teoría del VRP] exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento” (Van Dalen & Meyer, 2006). En el Restaurante Parrilla Mulata, en los diferentes procesos de la investigación se recolectarán datos que se tendrán que analizar meticulosamente para que los resultados obtenidos sean verídicos para los interesados en el proyecto.

1.5.2 Cuadro Metodológico. Los objetivos que se quieren lograr en la presente investigación se relacionan a continuación con las actividades correspondientes que se van a realizar, allí también están las herramientas que se van a utilizar, como lo son las encuestas, entrevistas, estudio de tiempos, diagramas de proceso y los análisis cuantitativos, entre otros (tabla 3).

Tabla 3. Cuadro Metodológico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.
Realizar un diagnóstico del proceso de distribución de los domicilios del Restaurante Parrilla Mulata, mediante la	Recolección de información.	Se hará uso de una encuesta para los trabajadores y dueños del Restaurante Parrilla Mulata, para	Formato de encuesta con escala de valoración tipo

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.
recolección de información para determinar los factores críticos que se presenten.		conocer más a fondo sus procesos.	Likert.
	Estudio de tiempos.	Se determinará la muestra que se tomará para el estudio de tiempos.	Muestra poblacional o muestral.
		Recolectar la cantidad de tiempos de acuerdo a la muestra arrojada anteriormente.	Cronometro electrónico.
		Se registrará las muestras tomadas en una hoja de tiempo.	Hoja de tiempo.
		Por medio de la hoja de tiempo ya diligenciada de la manera correcta, se calculará el tiempo estándar.	Hoja de tiempo.
Análisis de la información recolectada y los tiempos recogidos.	Gráfico de barras.		
Establecer mediante los resultados obtenidos, una herramienta de programación lineal que permita una adecuada distribución de pedidos y rutas óptimas de entrega.	Formalización del problema.	Definir las condiciones del problema.	Observación.
	Seleccionar el modelo que más se ajuste al problema que se presenta.	Comparar el modelo con las necesidades que el problema requiere.	Cuadro comparativo
Plantear un modelo matemático donde se identifiquen variables, parámetros y medidas de desempeño, las cuales permitan asignar las rutas de la manera adecuada.	Identificar las variables del problema.	Observar las variables que intervienen en el problema.	Observación.
	Definir los parámetros del problema.	Observar cuales son los aspectos que se presentan en el problema y ayudaran a una posible solución.	Observación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.
	Plantear la función objetivo.	Reunir las variables y parámetros pertinentes para el problema actual.	Observación. Análisis con ayuda del asesor.
	Definir las restricciones del problema.	Observar cuales son los impedimentos que se presentan en el problema y lo vuelven más complejo.	Observación.
Validar los resultados obtenidos del modelo matemático, por medio del uso de herramientas de software o complementarias.	Instalar software en la empresa.	Solicitar la aprobación de los gerentes de la empresa.	Estadísticas de los beneficios del software.
		Adecuar la empresa con los requerimientos del software.	Check list.
	Ejecutar software.	Capacitación a los gerentes de la empresa por parte de las investigadoras.	Explicación verbal de los pasos a seguir.
		Realizar la ejecución del software junto con los gerentes de la empresa.	Software.
	Comparar los datos arrojados por el software con los datos presentes.	Recolectar información antes de la ejecución del software y después de la ejecución del software.	Implementación del software, recoger resultados de estos. .
		Determinar las oportunidades y fortalezas que brinda el software ejecutado en la empresa.	Herramientas estadísticas que indiquen el porcentaje de mejora que se ha obtenido.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.
Realizar una evaluación de costos que evidencie el mejoramiento de la solución.	Identificar los costos actuales de las operaciones	Se usará el costeo por órdenes, ya que se evaluará cada pedido de domicilio	Hojas de cálculo con una estructura de ganancias y pérdidas.
	Determinar los nuevos costos y realizar una comparación.	Se usará el costeo por órdenes, ya que se evaluará cada pedido de domicilio	Hojas de cálculo con una estructura de ganancias y pérdidas, y realizar una comparación con los nuevos costos

Fuente: Las autoras, 2018

1.5.3 Matriz de Marco Lógico. Para comprender mejor y de manera más detallada el cuadro metodológico, se realizó la matriz de marco lógico que permite ver las actividades a realizar, los métodos de verificación y el cómo se va a desarrollar (tabla 4).

Tabla 4. Matriz de Marco Lógico

Elementos principales	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<b>Fin:</b> Reducir los tiempos de entrega de los domicilios.	Al finalizar el proyecto se redujo el tiempo de entrega de los domicilios.	Evaluación de los tiempos realizados por parte de los autores.	
<b>Propósito:</b> Definir adecuadamente una metodología que permita la asignación de recursos a las operaciones de distribución de domicilios teniendo en cuenta variables como el tiempo, demanda y transporte en el área de influencia del Restaurante Parrilla	Con la metodología implantada se produjo una mejora.	Toma de datos de las variables de tiempo, costos, distribución y transporte para evaluar la mejora del propósito.	Los gerentes y personal estén dispuestos a realizar esta metodología.

Mulata.			
<b>Actividades:</b>			
1.1. Recolección de información.	Veracidad de la información en la investigación.	Utilidad de la información, para conocer detalladamente los procesos del Restaurante Parrilla Mulata.	Empleados y gerentes de Restaurante Parrilla Mulata.
1.2. Estudio de tiempos.	Evidenciar el tiempo improductivo.	Toma de tiempos.	Observaciones realizadas en el estudio de tiempos.
1.3. Análisis de información recolectada y tiempos.	Resultados arrojados por el análisis sean coherentes.	Comparación de los tiempos tomados con la realidad.	Autores del proyecto.
2.1. Consultar con los dueños del Restaurante Parrilla Mulata para conocer las restricciones.	Falencias que se presentan en la entrega del domicilio.	Análisis del proceso realizado por los domiciliarios y trabajadores del establecimiento.	Gerentes y trabajadores de Restaurante Parrilla Mulata y observaciones de las investigadoras.
2.2 Establecer qué modelo de programación lineal se utilizará.	Verificación del cumplimiento de este modelo.	Confrontar el modelo realizado con los conocimientos adquiridos y la literatura consultada.	Autores del proyecto.
3.1 Desarrollar el modelo matemático en el software.	Los resultados deben mostrar las rutas adecuadas para disminuir los tiempos de entrega.	Resultados óptimos arrojados por el software.	Autores del proyecto.
3.2 Analizar los resultados	Mejora en la distribución de los domicilios.	Los resultados sean los más beneficiosos para el Restaurante Parrilla Mulata.	Autores del proyecto.
4.1 Certificación del software en el	Optimización en el tiempo de entrega del domicilio.	Los gerentes deben observar que el programa	Autores del proyecto.

Restaurante Parrilla Mulata.		está siendo ejecutado de una manera ideal.	
5.1 Realizar una de evaluación de costos	Mejora en los nuevos costos obtenidos	Disminuir los costos actuales por medio de la implantación de las rutas.	Autores del proyecto.

Fuente: Las autoras, 2018

## 1.6 MARCO REFERENCIAL

1.6.1 Marco Teórico. Para cualquier empresa es importante que dentro de su cadena de suministros se le dé importancia al tema logístico ya que en la actualidad se ha convertido en un elemento de valor al servicio, por esta razón se decidió profundizar en el tema de distribución de alimentos preparados para hacer de este un restaurante competitivo, ya que en la actualidad existen diferentes métodos que abarcan esta problemática.

Para poder entender mejor el proyecto a desarrollar se debe conocer, profundizar y tener en cuenta los siguientes aspectos:

1.6.1.1 Investigación de Operaciones. La Investigación de Operaciones emplea modelos matemáticos y algoritmos que facilitan la elección de toma de decisión, cuyas aplicaciones según (Hillier, 2010) en su libro Investigación de Operaciones se dan en problemas que se refieren a la conducción y coordinación de operaciones (o actividades), se ha aplicado de manera extensa en áreas tan diversas como manufactura, transporte, construcción, telecomunicaciones, por nombrar algunas.

Como lo mencionan las autoras (Munguia & Protti, 2005) en su libro Investigación de Operaciones, para aplicar la investigación de operaciones se debe construir un modelo que represente la situación real, compleja e incierta, facilitando la toma de decisiones y dar soluciones más sencillas y económicas.

Sin embargo, para el proceso de construcción del modelo se debe seleccionar las características fundamentales del sistema, obteniendo una representación correcta de la situación planteada.

Los modelos pueden ser icónicos, analógicos, cuantitativos o matemáticos, de simulación o heurísticos y para el desarrollo de estos se debe tener en cuenta los siguientes elementos (Munguia U & Maria A, 2005):

- **Variables y parámetros de decisión:** Las variables son las decisiones o incógnitas del sistema y los parámetros permiten relacionar las variables y formar las funciones.
- **Restricciones:** Son las limitaciones del sistema ya sea por escasez y restricciones del entorno.
- **Función objetivo:** Representa objetivo que se quiera lograr dentro de las restricciones y modelo matemático.

1.6.1.1.1 Construcción de Modelos. Para realizar estudio de Investigación de Operaciones se debe cumplir con una serie de etapas o fases. Las principales etapas o fases son las siguientes:

1. **Formulación y definición del problema.** Determinar los objetivos que se desean conseguir, describir que es lo que se quiere optimizar, tener claro cuáles son las variables que se van a tener en cuenta y por último un elemento bastante importante son las restricciones del sistema que permitirá encontrar la mejor solución al problema.
2. **Construcción del modelo.** Se debe escoger un modelo adecuado el cual va a ser usado para representar el sistema. Este debe contar con las variables de decisión que se plantearon en la primera etapa, parámetros y restricciones del problema.
3. **Solución del modelo.** Una vez que se tiene el modelo, se plantea la solución aplicando las técnicas y métodos matemáticos para resolver el problema que se ha definido. Estas soluciones que se obtienen son cuantitativas por lo tanto deben interpretarse en la situación que se tiene actualmente. Además, para la solución del modelo, se deben realizar análisis de sensibilidad, es decir, ver

cómo se comporta el modelo a cambios en las especificaciones y parámetros del sistema. Esto se hace, debido a que los parámetros no necesariamente son precisos y las restricciones pueden estar equivocadas.

- 4. Validación del modelo.** Lo que se busca es analizar si el modelo funciona correctamente de acuerdo al problema que se ha planteado inicialmente. Para evaluar este comportamiento se usarán los datos que arroje el mismo sistema.
- 5. Implementación de resultados.** Una vez se tengan los resultados de modelo validado se procederá a ejecutarlos, y de esta manera también las personas interesadas podrán tomar decisiones para obtener mejores resultados.

La Investigación de Operaciones facilita las soluciones y además de esto las hace más eficientes que las que se tomaran a la ligera. Estas soluciones hacen que este sea mucho más económico y se refleja en la rentabilidad de la operación. Uno de los problemas más estudiados e importantes por su impacto en la vida diaria es la distribución de productos, el cual tiene su representación y explicación más importante en el llamado Problema de Ruteo de Vehículos (VRP). Específicamente, este problema se enfoca en determinar las mejores rutas para entregar productos a los clientes dispersos geográficamente (Munguia & Protti, 2005) .

Hamdy Taha en su libro de Investigación de Operaciones (Taha, 2012) afirma:

“En estos problemas  $N$  clientes tienen que ser atendidos por los vehículos con una capacidad limitada desde un depósito común. Una solución consiste en un conjunto de rutas, donde cada vehículo comienza y termina en un mismo depósito después de visitar un subconjunto de clientes. Cada cliente es visitado exactamente una vez. Un problema específico es considerado un problema de ruteo de vehículos (VRP) si se presenta una restricción en el número de los clientes visitados por un vehículo.” (Taha, 2012, pág. 5)

1.6.1.1.2 Programación Lineal. Para darle una solución óptima al problema que se está llevando a cabo es necesario tener en cuenta la programación lineal.

“Es básicamente la lucha o disputa de una cantidad de actividades (productos) por unos recursos de carácter limitado, de tal forma que se obtenga un máximo de rendimiento. Cuando se hace referencia a rendimiento, se está hablando de la optimización del sistema que puede ser de dos formas así:

- Maximización, cuando lo que se persigue es el máximo de utilidad o ingreso.
- Minimización, cuando se persigue un mínimo de costos o egresos de una empresa.” (Guerrero Salas, 2017, pág. 3)

Esta es la forma más conocida y trabajada del modelo de programación lineal según (Guerrero Salas, 2017, pág. 3) quien lo indica de esta forma:

$$\text{Máx. Z o Min. Z} = C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + \dots + C_n X_n$$

S.A.

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + a_{13} X_3 + \dots + a_{1n} X_n \leq b_1$$

$$a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + a_{23} X_3 + \dots + a_{2n} X_n \leq b_2$$

$$a_{31} X_1 + a_{32} X_2 + a_{33} X_3 + \dots + a_{3n} X_n \leq b_3$$

$$a_{m1} X_1 + a_{m2} X_2 + a_{m3} X_3 + \dots + a_{mn} X_n \leq b_m$$

$$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n \geq 0$$

1.6.1.2 Problema de Ruteo de Vehículos (VRP) Se centra en determinar las mejores rutas y/o asignaciones para la entrega de bienes a clientes que están distribuidos geográficamente (Bruce L & Arjang A, 1986).

El objetivo del VRP es asignar a ciertos clientes ciertos grupos de vehículos, en esta tarea busca también minimizar el tiempo, distancia y recursos económicos. Por lo tanto, se deben tener en cuenta las restricciones que se tiene en el sistema, como lo son el límite de tiempo de las entregas, velocidad de viaje, el tipo de vehículos utilizados, los requerimientos de los clientes, entre otros.

“Desde el año 1959 los señores Dantzing y Ramser comenzaron a hablar sobre el VRP (Vehicle Routing Problem) con una aplicación real relacionada con la entrega de gasolina a las estaciones de servicio y propusieron la formulación matemática a este problema, el cual surge como una generalización del problema clásico el agente viajero (TSP) en el que un vendedor tiene que recorrer una serie de clientes una sola vez, para luego volver al lugar de partida.” (Daza, Montoya, & Narducci, 2009, pág. 24)

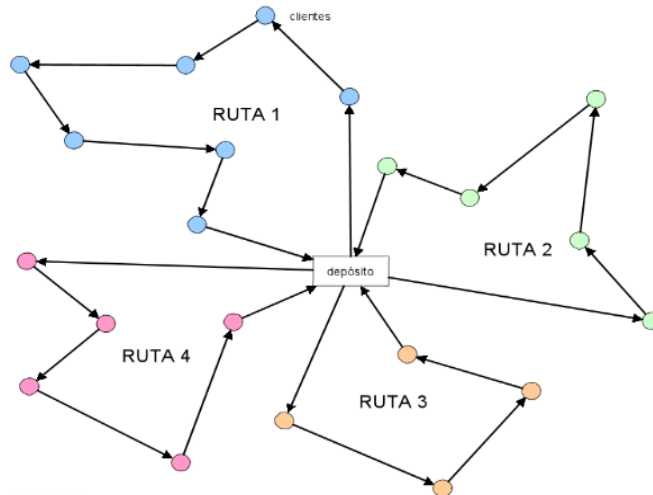
Más tarde en 1964 Clarke and Wright propusieron el algoritmo de los Ahorros, el cual fue el primer procedimiento utilizado para resolver el VRP, a partir de allí se comenzó a trabajar en el área de ruteo de vehículo, en algunas investigaciones se encontraron soluciones optimas y en otras aproximaciones validas a la solución VRP (Daza, Montoya, & Narducci, 2009).

El problema de ruteo de vehículos (VRP) es uno de los problemas clásicos de la investigación de operaciones, debido a su complejidad matemática, ya que es un problema de optimización combinatoria, importancia en la práctica ya que está presente en aquellas organizaciones que deben realizar entrega de un servicio o un producto a los clientes en ciertos lugares.

El problema de ruteo de vehículos (VRP) es un conjunto de problemas que debe atender la demanda de los clientes que se encuentran dispersos geográficamente, se cuenta con unos vehículos que son los que realizaran el recorrido desde las bodegas de la organización hasta el domicilio del cliente. La solución del VRP debe señalar que clientes serán atendidos por cada vehículo y en qué orden para minimizar el costo total, teniendo en cuenta las restricciones que allí se presente (Bodin, 1982).

El VRP está integrado por: la red de rutas, los clientes, lugares de almacenamiento y los vehículos como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Representación Gráfica del VRP



Fuente: Fuente: TAHA, H. (2012) Investigación de Operaciones. Monterrey, México: Pearson Educación. p.202.

En los problemas reales de VRP aparecen muchas restricciones, entre las que cabe citar lo propuesto por (Toth & Vigo, 2002):

- Los clientes deben ser visitado en un determinado tiempo (problema VRP con ventanas de tiempo).
- Contar con varios puntos de suministro (problema VRP con múltiples depósitos).
- Los clientes pueden ser atendidos por varios vehículos (problema VRP con suministro dividido).
- Algunas variables del problema son aleatorias, tales como el número de clientes, sus demandas, etc. (problema VRP estocástico).
- Las entregas se deben realizar en determinados días (problema VRP periódico).
- Los vehículos tienen una capacidad limitada.



El problema de ruteo de vehículos VRP cuenta con diferentes variantes esto se origina debido a las situaciones reales de transporte, y cuentan con diferentes variables y restricciones.

1.6.1.2.1 Tipos de VRP. Dentro de la literatura se pueden encontrar diferentes modelos del VRP, adicionalmente existen diferentes tipos de problemas que se encuentran determinados por los valores que pueden tomar los parámetros o variables que componen el problema los principales problemas de ruteo son los siguientes (Carrillo, 2014):

- **VRP con ventanas de tiempo (VRPTW).** El problema de enrutamiento de vehículos con ventanas de tiempo (VRP With Time Windows), se ha convertido en una de las practicas más utilizadas, ya que las ventanas de tiempo se generan para los requerimientos de los clientes que necesitan que la entrega y recogida se den en una hora específica, que viene determinada por una hora temprana y otra tardía de servicio. Adicional a esto se puede incluir el tiempo en que el conductor tiene para entregar el pedido, esto depende de las condiciones que se hubieran fijado. Hay dos clases de ventanas de tiempo, están las ventanas de tiempo duras, que son aquellas en las que el vehículo llega antes del horario de entrega y este puede esperar, aunque no debe llegar más tarde del horario que se hubiera convenido con el cliente, por otro lado están las ventanas de tiempo suaves, en estas se puede violar los tiempos de entrega, pero a cambio de esto se debe realizar una contraprestación por este incumplimiento (Molina Gomez, 2016).
- **VRP limitado por capacidad (CVRP).** La versión clásica del VRP es CVRP. Para este problema cada vehículo tiene determinada capacidad para transportar, generalmente esta capacidad es conocida y no es permitido sobrecargar el vehículo (Zuñiga, Lopez, & Lozano, 2016).
- **VRP con restricciones de distancia, capacidad y tiempo (DCVRP).** El DCVRP es una variación de CVRP, donde las restricciones de capacidad del vehículo y de distancia deben ser cumplidas obligatoriamente. Los vehículos

no deben exceder la distancia que se le ha establecido (Zuñiga, Lopez, & Lozano, 2016).

- **VRP con entrega dividida (SDVRP).** El SDVRP permite que varios vehículos puedan atender a un mismo cliente, esta entrega ayuda a reducir los costos totales. El SDVRP es bastante importante si los tamaños de las órdenes de los clientes son grandes en comparación con la capacidad de los vehículos. (Zuñiga, Lopez, & Lozano, 2016).
- **VRP con despacho y recolección (VRPPD).** Este VRP se encarga de estudiar el problema de las empresas que tienen que recolectar y entregar bienes en cantidades específicas para cada cliente visitado, en este problema puede ocurrir que los clientes devuelvan los productos (Bustos Rosales & Jimenez Sanchez, 2014).
- **VRP con demandas estocásticas (VRPSD).** Este es otra variación del VRP; su principal característica es que no se conoce ni la demanda ni los tiempos de viaje de los vehículos (Zuñiga, Lopez, & Lozano, 2016)

1.6.1.2.2 Elementos del VRP. Existen tres elementos involucrados en el VRP que son los clientes, las bodegas o depósitos y la flota de vehículos (Toth & Vigo, 2002):

- **Los clientes:** Son aquellos que generan la demanda de los servicios o productos que se deben entregar por medio de los vehículos. En ciertos casos estos también pueden ser proveedores, los cuales desean que su mercancía sea recogida y transportada hacia el depósito. Las restricciones que estos tienen son: horario de servicio, compatibilidad entre vehículos y clientes, devoluciones y la demanda (si la cantidad demandada por el cliente supera la capacidad de los vehículos) (Ortiz & Alexander, 2016).
- **Las bodegas o depósitos:** Son sitios donde se encuentran ubicadas las mercancías que se van a distribuir. Es allí donde debe iniciar y terminar el recorrido de cada vehículo, pero en ciertos casos cuando esos vehículos no

son propios no regresan a la bodega, y se origina allí otra variante del VRP (*Open-VRP*). Las bodegas también cuentan con restricciones para evitar la congestión de vehículos en las bodegas (Ortiz & Alexander, 2016).

- **Los vehículos:** Son utilizados para transportar y distribuir los bienes y servicios desde el depósito a los clientes. Los vehículos cuentan con determinada capacidad, expresada en peso, volumen, entre otras. Se considera que los vehículos son homogéneos si cuentan con las mismas características, de lo contrario sería heterogéneo (Ortiz & Alexander, 2016).

1.6.1.2.3 Formulación del VRP. El VRP se formula como un modelo de programación Lineal, para este tipo de problemas se contemplan las siguientes variables:

$C_{im}$  Costo de moverse desde  $I$  hasta  $m$

$q_i$  Demanda existente en  $I$

$Q_k$  Capacidad del vehículo  $k$

$St^k_i$  Tiempo de servicio de la demanda  $I$  por el vehículo  $k$

$tt^k_{im}$  Tiempo de viaje desde  $I$  hasta  $m$  del vehículo  $k$

$T_k$  Máximo tiempo de ruta permitido para el vehículo  $k$

El modelo resultante es el siguiente (figura 6):

Figura 6. Modelo Programación Lineal VRP

$$\text{Min} \quad \sum_{l=1}^n \sum_{m=1}^n \sum_{k=1}^K c_{lm} x_{lm}^k \quad (1)$$

$$\text{S.A.} \quad \sum_{l=1}^n \sum_{k=1}^K x_{lm}^k = 1, \quad m = 2, K, n \quad (2)$$

$$\sum_{m=1}^n \sum_{k=1}^K x_{lm}^k = 1, \quad l = 2, K, n \quad (3)$$

$$\sum_{l=1}^n x_{lf}^k - \sum_{m=1}^b x_{fm}^k = 0 \quad k = 1, K, K \quad f = 1, K, n \quad (4)$$

$$\sum_{l=1}^n q_l \sum_{m=1}^n x_{lm}^k \leq Q_k \quad k = 1, K, K \quad (5)$$

$$\sum_{l=1}^n st_l^k \sum_{m=1}^n x_{lm}^k + \sum_{l=1}^n \sum_{m=1}^n tt_{lm}^k x_{lm}^k \leq T_k, \quad k = 1, K, K \quad (6)$$

$$\sum_{m=2}^n x_{1m}^k \leq 1, \quad k = 1, K, K \quad (7)$$

$$\sum_{l=2}^n x_{l1}^k \leq 1, \quad k = 1, K, K \quad (8)$$

Fuente: PIRABÁN, A. (2015) Métodos aproximados para la solución del problema de enrutamiento de vehículos

Las expresiones anteriormente representadas indican:

- (1) es la función objetivo a minimizar: la suma de las distancias recorridas por los vehículos.
- (2) y (3) indican que sólo un vehículo visite cada nodo de demanda.
- (4) busca mantener la continuidad de las rutas, ya que se exige que si un vehículo entra a un nodo, entonces tiene que salir.
- (5) y (6) se respetan las capacidades de los vehículos, así como sus tiempos máximos de viaje.

- (7) y (8) se evita que se exceda la disponibilidad de vehículos (que realicen más de una ruta) (Lüer, Benavente, Bustos, & Venegas, 2009).

1.6.2 Marco Conceptual. Con fines a la comprensión del marco teórico presentado anteriormente se extrajeron los siguientes conceptos:

**Diagnóstico.** Análisis profundo donde se observan las condiciones de una organización, permitiendo así un mayor conocimiento de la empresa (Taha, 2012).

**Distribución.** Conjunto de actividades, que se realizan desde que el producto ha sido elaborado por el fabricante hasta que ha sido comprado por el consumidor final, y que tiene por objeto precisamente hacer llegar el producto (bien o servicio) hasta el consumidor. La distribución comercial es responsable de que aumente el valor tiempo y el valor lugar a un bien (Mañas Viniegra, 2014).

**Estudio de tiempos.** Técnica para definir con mayor exactitud, el tiempo para que se utiliza en una determinada tarea, partiendo de un número de observaciones (Taha, 2012).

**Logística.** Es el conjunto de medios y métodos que se consideran básicos y necesarios para llevar a cabo de manera eficiente la actividad de una empresa o de cualquier otra organización, normalmente en lo que respecta a la distribución de aquello que la empresa produce (ABC, 2007).

**Optimización:** Aborda el problema de determinar asignaciones óptimas de recursos limitados para cumplir un objetivo dado. El objetivo debe representar la meta del decisor. Los recursos pueden corresponder, por ejemplo, a personas, materiales, dinero o terrenos. Entre todas las asignaciones de recursos admisibles, queremos encontrar la/s que maximiza/n o minimiza/n alguna cantidad numérica tal como ganancias o costos (Arsham, 2015).

**Rutas.** La ruta es un camino, vía o carretera que une diferentes lugares geográficos y que le permite a las personas desplazarse de un lugar a otro, especialmente mediante automóviles (ABC, 2007).

**Solución óptima.** Se obtiene cuando el valor de la función objetivo es óptimo (valor máximo o mínimo), para un conjunto de valores factibles de las variables. Es decir, hay que reemplazar las variables obtenidas  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ; en la función objetivo  $Z = f(C_1x_1, C_2x_2, C_3x_3, \dots, C_nx_n)$  sujeto a las restricciones del modelo matemático (Chavez Milla).

**Software.** Son instrucciones que han sido predeterminadas por un programador para hacer las tareas que se le indiquen (Taha, 2012).

**Transporte.** En logística es el movimiento *de carga* en todas sus formas conocidas: aérea, marítima y terrestre, mediante las cuales se trasladan insumos, materias primas y productos terminados de un punto a otro según una planificación de la demanda (Rojas, 2014).

**Variables de decisión.** Las variables de decisión representan una “característica o propiedad desconocida” de un índice o conjunto, cuyo valor será determinado una vez ejecutado el modelo de decisión correspondiente a una actividad decisional (Perez, Cruz Lario, & Alemany, 2010).

1.6.3 Marco Legal. Se examinarán las leyes, decretos y normas que aplican al proyecto de grado respecto a temas como transporte de alimentos, manejo de alimentos y legislación laboral.

1.6.3.1 Resolución 2674 del 2013. El artículo 126 del Decreto-Ley 019 de 2012, establece que los alimentos que se fabriquen envasen o importen para su comercialización en el territorio nacional, requerirán de notificación sanitaria, permiso sanitario o registro sanitario, según el riesgo de estos productos en salud pública, de conformidad con la reglamentación que expida el Ministerio de Salud y Protección Social (Ministerio de Salud y de Protección Social, 2014).

- Artículo 27. *Condiciones Generales:* Por medio de este artículo se establecen las condiciones y operaciones que se deben evitar en almacenamiento, distribución, transporte y comercialización.

- Artículo 29. *Transporte*: Por medio de este artículo se establecen las condiciones que se deben de tener al momento del transporte de alimentos y materia prima.
- Artículo 30. *Distribución y comercialización*: por medio de este artículo se debe garantizar el mantenimiento de las condiciones sanitarias a las actividades de distribución y comercialización de alimentos y materias primas. Toda persona natural o jurídica que se dedique a la distribución comercialización de alimentos y materias primas será responsable del mantenimiento de las condiciones sanitarias de los mismos.
- Artículo 31. *Expendido de alimentos*: Por medio de este artículo se establecen las condiciones que se deben de tener al momento de expender alimentos.

1.6.3.2 Decreto 3075 de 1997. La salud es un bien de interés público. En consecuencia, las disposiciones contenidas en el presente Decreto son de orden público, regulan todas las actividades que puedan generar factores de riesgo por el consumo de alimentos (Presidente de la Republica De Colombia, 1997).

- Artículo 7. *Buenas prácticas de manufactura*: Se debe regir a los principios de las buenas prácticas de manufactura al momento de realizar las actividades de fabricación, procesamiento, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos.
- Artículo 17. *Materias primas e insumos*: Por medio de este artículo se establecen los requisitos que se deben cumplir para materias primas e insumos.
- Artículo 18. *Envases*: Por medio de este artículo se refiere a los requisitos que se deben cumplir para la manipulación de las materias primas o productos terminados.
- Artículo 19. *Operaciones de Fabricación*: Por medio de este artículo se establecen los requisitos que deben cumplir al momento de realizar las operaciones de fabricación.

- Artículo 20. *Prevención de la contaminación cruzada*: por medio de este artículo y con el propósito de prevenir la contaminación cruzada, se establecen los requisitos adecuados para prevención de dicha contaminación.

## 2. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 2.1 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE DISTRIBUCIÓN MANEJADO POR EL RESTAURANTE PARRILLA MULATA

En este punto, se identificaron las necesidades de la empresa en cuanto a su gestión logística y se validaron las problemáticas mencionadas en la descripción del problema, que como se pudo confirmar han traído consecuencias relacionadas a la demora en la entrega de domicilios y a la insatisfacción por parte del cliente final. Se recurrió al estudio de tiempos y a la encuesta planteada en el marco metodológico. Por lo tanto, el diagnóstico se llevó a cabo en tres partes:

2.1.1 Estudio de tiempos. El estudio de tiempos se decide realizar para evaluar y medir el trabajo que se realiza en el área de distribución del Restaurante Parrilla Mulata. Se pretende a través de este hallar los tiempos estándar por actividad y el tiempo estándar total que un domiciliario debería gastar por zona. De manera detallada sus cálculos y demás se encuentran en el Anexo 3 (Ver CD – Anexo 3. Estudio de Tiempos Proceso de Distribución).

2.1.1.1 Cálculo del tamaño de la muestra. El cálculo del tamaño de la muestra es un aspecto que se debe hallar en la primera fase, ya que de esto depende la cantidad de datos que deben ser tomados, para que en la segunda etapa de los resultados, el porcentaje de error sea bajo o la información sea de mayor confianza (Caso, 2006).

La fórmula que se usó para sacar la muestra se puede ver en la siguiente imagen (figura 7):

Figura 7. Fórmula para hallar la muestra en un estudio de tiempos



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

Fuente: CASO, A. (2006) Técnicas de medición del trabajo. Madrid, España: Fundación Confemetal. p.83.

En donde:

**K** = Nivel de confianza

**N** = Tamaño de la población

**p** = Proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio.

**q** = Proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es 1-p.

**n** = Tamaño de la muestra.

**e** = % de error muestral deseado.

Este estudio de tiempos decidió hacerse por zonas, por lo cual se clasificaron los domicilios en 5 sectores para que la información fuera más veraz, ya que no todas tienen las mismas distancias. Entonces en la tabla 5 se muestra la cantidad de datos por zonas después de aplicar la fórmula:

Tabla 5. Tamaño de la muestra para cada una de las zonas estudiadas

ZONA	CANT. DE DOMICILIOS DIARIOS	NIVEL DE CONFIANZA	MARGEN DE ERROR	POBLACIÓN QUE POSEE LA CARACTERÍSTICA DE ESTUDIO	POBLACIÓN QUE NO POSEE LA CARACTERÍSTICA DE ESTUDIO	DATOS A TOMAR
La Igualdad	68	1,96	0,05	0,5	0,5	58
Milenta	23	1,96	0,05	0,5	0,5	22
Villa Claudia	15	1,96	0,05	0,5	0,5	15
Villa Adriana	17	1,96	0,05	0,5	0,5	17
Nueva Marsella	21	1,96	0,05	0,5	0,5	20

Fuente: Las autoras, 2019

2.1.1.2 Materiales utilizados. Para la medición del trabajo es importante la precisión por esta razón para este estudio de tiempos se utilizó los siguientes objetos un cronometro, calculadora y formato de registro.

2.1.1.3 Hoja de tiempos. La plantilla utilizada para la toma de tiempos desde las 12:00 P.M hasta las 3:00 P.M en el Restaurante Plantilla Mulata, se puede ver en la figura 8.

Figura 8. Hoja de Tiempos

RESTAURANTE PARRILLA MULATA ZONA										
Hora del estudio :				12:00 P.M a 3:00 P.M						
ITEM	FECHA	TRABAJADOR	Tiempo 1 (Min : Seg)	Tiempo 2 (Min: Seg)	Tiempo 3 (Min: Seg)	Tiempo 4 (Min: Seg)	Hora de Salida del Product	Destino del Producto	Hora de Llegada del Product	Tiempo 5 (Min: Seg)
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

Fuente: Las autoras, 2019

En dónde; se realizó la medición para los tiempos correspondientes a:

- **Tiempo 1**= Tiempo que se gasta un trabajador en la selección del domicilio a entregar.

- **Tiempo 2**= Tiempo que se gasta un trabajador en desplazarse desde el área donde se toma el domicilio hasta la caja.
- **Tiempo 3**= Tiempo que se gasta un trabajador facturando el domicilio en la caja.
- **Tiempo 4**= Tiempo que se gasta un trabajador en desplazarse desde la caja hasta el vehículo.
- **Tiempo 5**= Tiempo que se gasta un trabajador en la entrega del producto.
- **Tiempo 6**= Tiempo que se gasta un trabajador desde que llega al Restaurante hasta que se desplaza a la caja.

2.1.1.4 Resultados de la medición de los tiempos. Una vez realizada dicha toma de tiempos -Anexo 2 (Ver CD – Anexo 2. Toma de Tiempos Proceso de Distribución)- se determinó que:

- Los trabajadores nuevos son los más ágiles al momento de entregar el producto en los diferentes destinos que se presentan.
- Los trabajadores antiguos se toman un tiempo más en comparación a los trabajadores nuevos. Esta demora radica en la confianza y poco seguimiento que se les hace a estos trabajadores.
- Se presenta un tiempo elevado en la selección del producto en los trabajadores antiguos debido a que conocen los destinos en donde les ofrecen una propina por el servicio prestado.
- El nivel de ausentismo en el área de distribución es constante debido a factores externos de los trabajadores, pero no se cuenta con el personal para cubrir estas ausencias, por tal motivo el hijo del Gerente es el que realiza este reemplazo por algún tiempo de la franja.

- El sector donde más se presentan domicilios es en la zona de la Igualdad. Se observó que al momento de entrar otro producto con un destino más lejano los trabajadores antiguos empiezan a dejar este producto de últimas hasta que uno de los trabajadores nuevos lo lleva, o hasta que el cliente llama a preguntar por el estado del producto.
- En algunas ocasiones la cantidad de producto solicitado es alta, y los vehículos no cuentan con las adecuaciones para poder transportar el producto en óptimas condiciones.
- Se observó que el asistente en la barra, agrupa mal los destinos del producto generando desplazamiento más largo para el trabajador.

2.1.1.5 Estandarización de los tiempos. Para calcular el tiempo total estándar, por un lado se tuvo en cuenta el tiempo normal y como factor del ritmo de trabajo, se estimó un equivalente del 90% para todos los trabajadores. Por otro, el tiempo suplementario se determinó en un 11%, donde se tuvo en cuenta según la OIT, necesidades personales para hombres 5%, básico de fatiga 4% y trabajo de pie 2% (figura 9).

Figura 9. Suplementos Variables

2. SUPLEMENTOS VARIABLES		Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
<b>A. Suplemento por trabajar de pie</b>		2	4	4	45
<b>B. Suplemento por postura anormal</b>				2	100
	Ligeramente incómoda	0	1		
	incómoda (inclinado)	2	3		
	Muy incómoda (echado, estirado)	7	7		
<b>C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)</b>					
	Peso levantado [kg]				
	2,5	0	1		
	5	1	2		
	10	3	4		
	25	9	20		
	35,5	22	máx		
<b>D. Mala iluminación</b>					
	Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0		
	Bastante por debajo	2	2		
	Absolutamente insuficiente	5	5		
<b>E. Condiciones atmosféricas</b>					
	Índice de enfriamiento Kata				
	16		0		
	8		10		
<b>F. Concentración intensa</b>					
	Trabajos de cierta precisión			0	0
	Trabajos precisos o fatigosos			2	2
	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos			5	5
<b>G. Ruido</b>					
	Continuo			0	0
	Intermitente y fuerte			2	2
	Intermitente y muy fuerte			5	5
	Estridente y fuerte				
<b>H. Tensión mental</b>					
	Proceso bastante complejo			1	1
	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos			4	4
	Muy complejo			8	8
<b>I. Monotonía</b>					
	Trabajo algo monótono			0	0
	Trabajo bastante monótono			1	1
	Trabajo muy monótono			4	4
<b>J. Tedio</b>					
	Trabajo algo aburrido			0	0
	Trabajo bastante aburrido			2	1
	Trabajo muy aburrido			5	2

Fuente: OIT, 2019

Para plasmar los mismos, se utilizaron los siguientes diagramas de flujo con simbología ASME, en donde se evidencia el proceso de distribución del Restaurante Parrilla Mulata con los tiempos estándar establecidos para cada zona asignada (figura 10, 11, 12, 13, 14):

- Diagrama de proceso de flujo – Zona La Igualdad.

Figura 10. Diagrama de proceso de flujo - Zona La Igualdad

CURSO GRAMA ANALITICO DIAGRAMA DE PROCESO DE FLUJO													
PROCESO: PRODUCCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DEL RESTAURANTE PARRILLA MULATA ZONA LA IGUALDAD													
FECHA: 28/02/2019 PREPARADO POR: Andrea Buitrago Martin/ Carolina Pineda						PÁGINA 1 DE 1							
	DETALLES DEL PROCESO:		OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	ESPERA	ALMACENAJE	TIEMPO ESTANDAR (mnts)	OBSERVACIONES	ELIMINAR	COMBINAR	CAMBIAR	SIMPLIFICAR
	ACTUAL	PROPUESTO											
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
1			X					0:18					
2				X				0:12					
3			X					1:57					
4				X				0:28					
5			X					12:09					
6				X				0:26					

Fuente: Las autoras, 2019

- Diagrama de proceso de flujo – Zona Milenta

Figura 11. Diagrama de proceso de flujo - Zona Milenta

CURSO GRAMA ANALITICO DIAGRAMA DE PROCESO DE FLUJO													
PROCESO: PRODUCCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DEL RESTAURANTE PARRILLA MULATA ZONA MILENTA													
FECHA: 28/02/2019 PREPARADO POR: Andrea Buitrago Martin/ Carolina Pineda						PÁGINA 1 DE 1							
	DETALLES DEL PROCESO:		OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	ESPERA	ALMACENAJE	TIEMPO ESTANDAR (mnts)	OBSERVACIONES	ELIMINAR	COMBINAR	CAMBIAR	SIMPLIFICAR
	ACTUAL	PROPUESTO											
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
1			X					0:18					
2				X				0:12					
3			X					1:57					
4				X				0:28					
5			X					14:47					
6				X				0:26					

Fuente: Las autoras, 2019

- Diagrama de proceso de flujo – Zona Villa Adriana

Figura 12. Diagrama de proceso de flujo - Zona Villa Adriana

CURSO GRAMA ANALITICO DIAGRAMA DE PROCESO DE FLUJO														
PROCESO: PRODUCCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DEL RESTAURANTE PARRILLA MULATA ZONA VILLA ADRIANA														
FECHA: 28/02/2019 PREPARADO POR: Andrea Buitrago Martin/ Carolina Pineda										PÁGINA 1 DE 1				
DETALLES DEL PROCESO:	ACTUAL	PROPUESTO	HOMBRE	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	ESPERA	ALMACENAJE	TIEMPO ESTANDAR (mts)	OBSERVACIONES	ELIMINAR	COMBINAR	CAMBIAR	SIMPLIFICAR
			MATERIAL											
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
1	Seleccionar del domicilio			X					0:18					
2	Desplazamiento de toma de domicilio a caja				X				0:12					
3	Recoger vueltas			X					1:57					
4	Desplazamiento de caja al vehículo				X				0:28					
5	Distribuir el pedido			X					13:30					
6	Desplazamiento de distribución a caja				X				0:26					

Fuente: Las autoras, 2019

- Diagrama de proceso de flujo – Zona Marsella

Figura 13. Diagrama de proceso de flujo - Zona Marsella

CURSO GRAMA ANALITICO DIAGRAMA DE PROCESO DE FLUJO														
PROCESO: PRODUCCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DEL RESTAURANTE PARRILLA MULATA ZONA NUEVA MARSELLA														
FECHA: 28/02/2019 PREPARADO POR: Andrea Buitrago Martin/ Carolina Pineda										PÁGINA 1 DE 1				
DETALLES DEL PROCESO:	ACTUAL	PROPUESTO	HOMBRE	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	ESPERA	ALMACENAJE	TIEMPO ESTANDAR (mts)	OBSERVACIONES	ELIMINAR	COMBINAR	CAMBIAR	SIMPLIFICAR
			MATERIAL											
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
1	Seleccionar del domicilio			X					0:18					
2	Desplazamiento de toma de domicilio a caja				X				0:12					
3	Recoger vueltas			X					1:57					
4	Desplazamiento de caja al vehículo				X				0:28					
5	Distribuir el pedido			X					14:28					
6	Desplazamiento de distribución a caja				X				0:26					

Fuente: Las autoras, 2019

- Diagrama de proceso de flujo – Zona Villa Claudia

Figura 14. Diagrama de proceso de flujo - Zona Villa Claudia

CURSO GRAMA ANALITICO DIAGRAMA DE PROCESO DE FLUJO													
PROCESO: PRODUCCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DEL RESTAURANTE PARRILLA MULATA ZONA VILLA CLAUDIA													
FECHA: 28/02/2019 PREPARADO POR: Andrea Buitrago Martin/ Carolina Pineda PÁGINA 1 DE 1													
	DETALLES DEL PROCESO:		OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	ESPERA	ALMACENAJE	TIEMPO ESTANDAR (mnts)	OBSERVACIONES	ELIMINAR	COMBINAR	CAMBIAR	SIMPLIFICAR
	ACTUAL	PROPUESTO											
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
1			X					0:18					
2			X	X				0:12					
3			X					1:57					
4			X	X				0:28					
5			X					13:27					
6				X				0:26					

Fuente: Las autoras, 2019

Cabe aclarar, y según con lo que se dijo anteriormente los tiempos estándar de las actividades de (Selección del domicilio, Desplazamiento de toma de domicilios a caja, Recoger vueltas, Desplazamiento de caja a vehículo y Desplazamientos del área de distribución a caja) tienen el mismo tiempo estándar para todas las zonas de distribución, y la actividad, Distribuir el pedido, tiene un tiempo estándar por cada zona, ya que no todas cuentan con la misma distancia y condiciones de entrega.

2.1.2 Encuesta. La encuesta aplicada la contenían 14 preguntas cerradas las cuales se contestaron por medio de la escala Likert. Esta encuesta se aplicó al personal de distribución del restaurante, con el fin de determinar factores que afectan el proceso de distribución.

2.1.2.1 Información encuesta. La información pertinente a la encuesta aplicada se puede ver en la tabla 6:



Tabla 6. Información encuesta

<b>Nombre de la encuesta</b>	Diagnóstico a Restaurante Parrilla Mulata
<b>Fecha de recolección de información de campo</b>	25 de enero de 2019.
<b>Marco muestral</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Felipe Rodríguez</li> <li>• Cristian Bedoya.</li> <li>• Javier zapata</li> <li>• Jonathan Cuellar.</li> <li>• Oscar Cuellar.</li> <li>• Luis Ruiz.</li> </ul>
<b>Ciudad y Barrio donde se realizó</b>	Bogotá, Plaza de las Américas
<b>Técnica de recolección</b>	Escala Likert
<b>Objetivo de la encuesta</b>	Conocer la opinión de los trabajadores al momento de desempeñar su labor con el fin de determinar los factores críticos que se presentan en el Restaurante Parrilla Mulata.

Fuente: Las autoras, 2019

La encuesta fue diseñada según la metodología de las 6 M que busca agrupar las causas significativas en 6 ramas principales, estas son, métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente, para este caso específicamente, como los materiales se refiere a la materia prima con la que se realiza un producto no se tuvo en cuenta ya que se está observando es el servicio de distribución del domicilio.

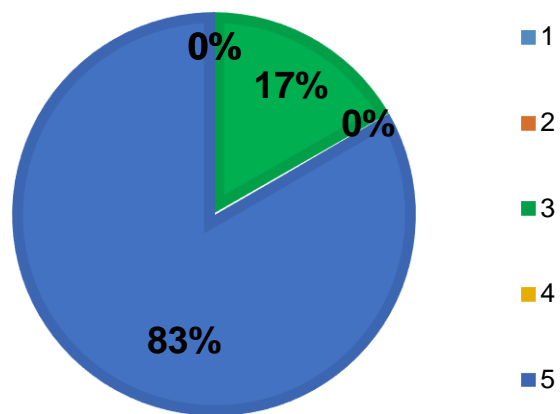
2.1.2.2 Formato encuesta. El formato de la encuesta aplicada se encuentra en el Anexo 4 (Ver CD – Anexo 4. Formato Encuesta), y en donde se contestaron las preguntas de la siguiente manera:

- 1:** Totalmente desacuerdo.
- 2:** En desacuerdo.
- 3:** Ni acuerdo ni en desacuerdo.
- 4:** De acuerdo.
- 5:** Totalmente de acuerdo.

2.1.2.3 Resultados de la encuesta. La tabulación de la encuesta aplicada se encuentra en el Anexo 5 (Ver CD – Anexo 5. Tabulación Encuesta).

Según las respuestas de los trabajadores, el personal considera que el Restaurante Parrilla Mulata se encuentra organizado en el área de distribución, sin embargo, el 67% de los encuestados, asegura que existe una devolución de domicilios por demora en la entrega, lo que indica lo contrario (gráfico 5).

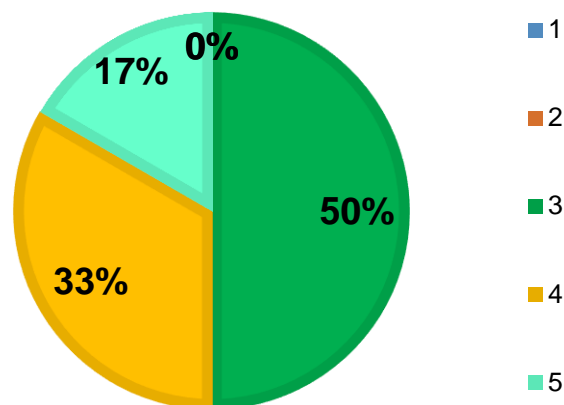
Gráfico 5. ¿El proceso de entrega de domicilios en el Restaurante Parilla Mulata está organizado?



Fuente: Las autoras, 2019

Otro aspecto a resaltar es que el 33% de los empleados aseguran que se genera congestión en el área de despachos (gráfico 6).

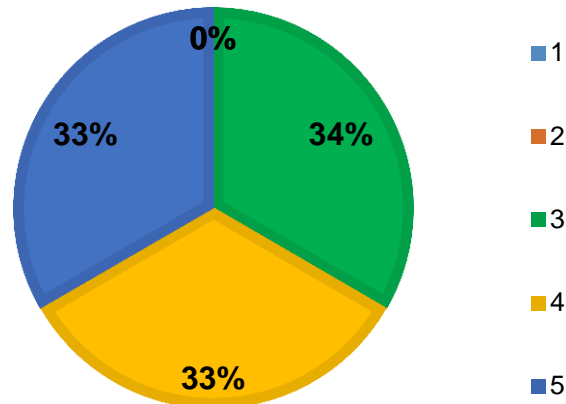
Gráfico 6. ¿Se genera congestión en el área de despacho?



Fuente: Las autoras, 2019

Como se puede ver en el siguiente gráfico la mayoría está en desacuerdo con que el proceso de asignación de domicilios a cada trabajador es organizado (gráfico 7).

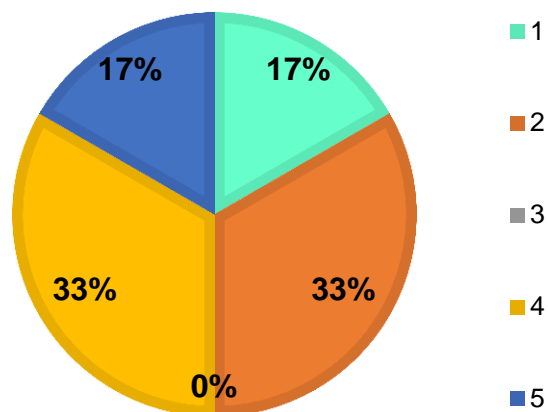
Gráfico 7. ¿El proceso de asignación de domicilios a cada trabajador es organizado?



Fuente: Las autoras, 2019

El 33% de los trabajadores está de acuerdo con que se presentan quejas por parte de los clientes en cuanto al tiempo de entrega del producto, mientras que el otro 33% Indica que está en desacuerdo con esa afirmación (gráfico 8).

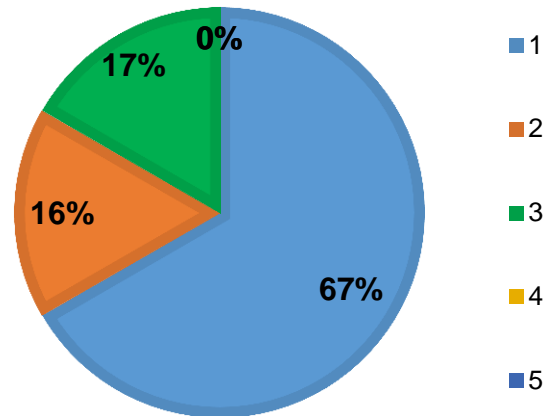
Gráfico 8. ¿Se generan quejas por demora en la entrega de domicilios?



Fuente: Las autoras, 2019

El 67 % de los trabajadores del área de despacho de productos aseguran que no tienen rutas definidas para la entrega de los domicilios, aspecto que indica un alto grado de tardanza en el pedido (gráfico 9)

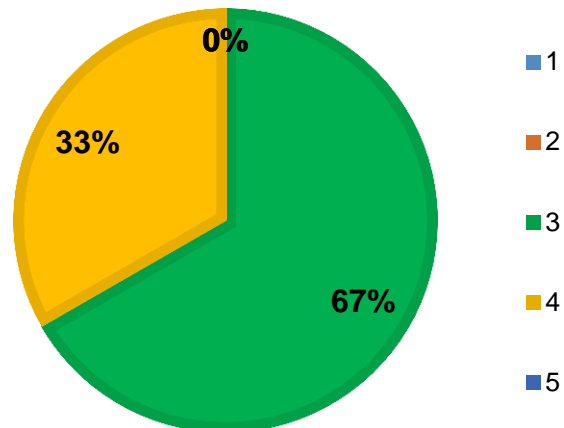
Gráfico 9. ¿Tienen rutas definidas para la entrega de los domicilios?



Fuente: Las autoras, 2019

El 33 % de los trabajadores está de acuerdo con que el personal para el área de logística es la cantidad correcta, mientras que el 67 % del personal indica que no está de acuerdo ni en desacuerdo con la cantidad de trabajadores para la demanda existente. Lo que indica que para la mayoría de los trabajadores es insignificante la demanda que se presenta y la cantidad de trabajadores existentes para cubrir esta demanda (gráfico 10).

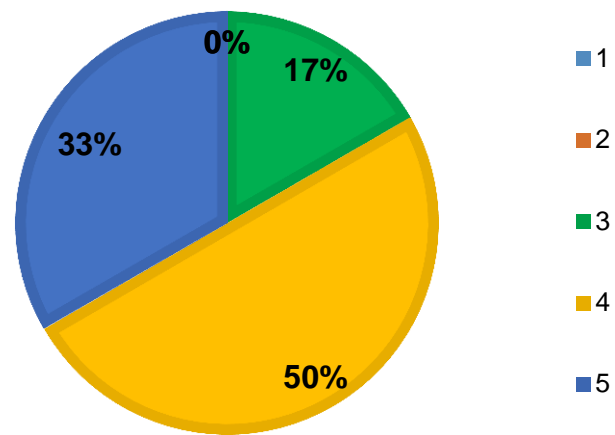
Gráfico 10. ¿El personal es suficiente para la demanda existente?



Fuente: Las autoras, 2019.

El 50 % de los trabajadores nuevos reciben una capacitación de las zonas que cubre la empresa y las rutas que toman los trabajadores para llegar a la entrega final del producto (grafico 11).

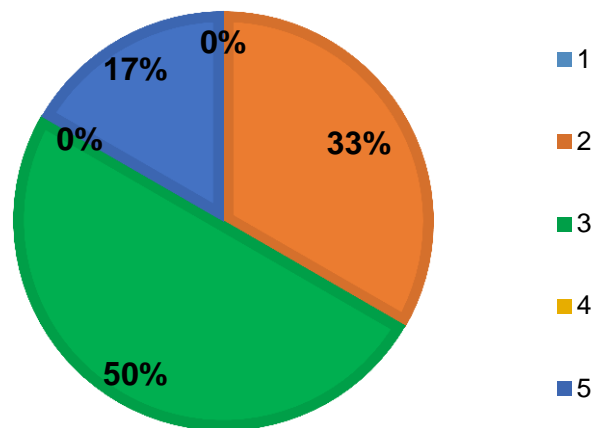
Gráfico 11. ¿El personal nuevo recibe capacitación sobre rutas y destinos frecuentes de los domicilios?



Fuente: Las autoras, 2019

Se observa que la mitad de los trabajadores afirman el desinterés en la labor a desempeñar (gráfico 12).

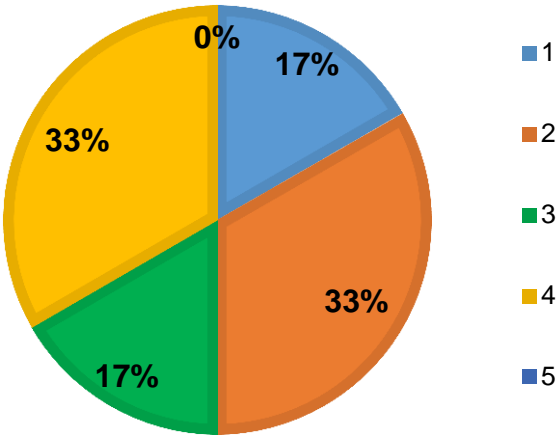
Gráfico 12. ¿Se genera desinterés por parte de los trabajadores?



Fuente: Las autoras, 2019

También que el 33 % de los encuestados afirman los problemas internos que se presentan por la asignación del domicilio, pero el otro 33 % indica que están en desacuerdo con esta afirmación, lo que concluye que se presenta una incomodidad entre algunos empleados con otros (gráfico 13).

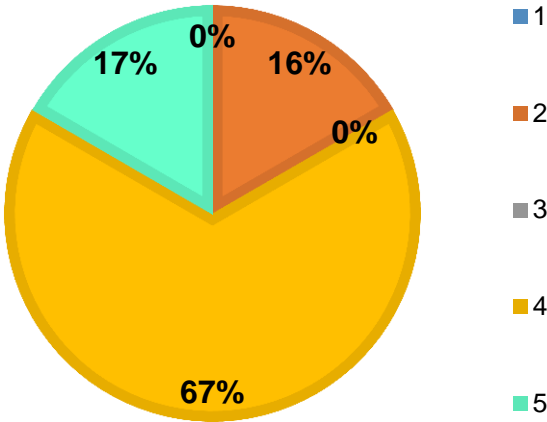
Gráfico 13. ¿Existen problemas internos entre los trabajadores por la distribución de cada domicilio?



Fuente: Las autoras, 2019

Se puede determinar que el 67 % de los encuestados indican que están de acuerdo con que se han presentado devoluciones del producto por el tiempo de entrega, y el 17 % del personal del área de logística indica que está en total de acuerdo con la afirmación, aquí se evidencia con seguridad que las devoluciones tienen un porcentaje significativo (gráfico 14).

Gráfico 14. ¿Existe devolución de domicilios por demora en la entrega?

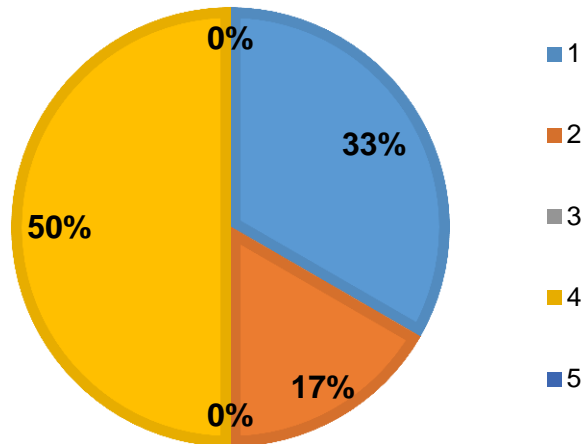


Fuente: Las autoras, 2019

El 50% de los empleados del área de logística de la empresa, conoce del tiempo de entrega aceptable por el cliente, mientras que el 33 % de los encuestados indican que no conocen este tiempo aceptable lo que genera confusión entre los

empleados al momento de elegir la ruta para realizar la entrega a tiempo (gráfico 15).

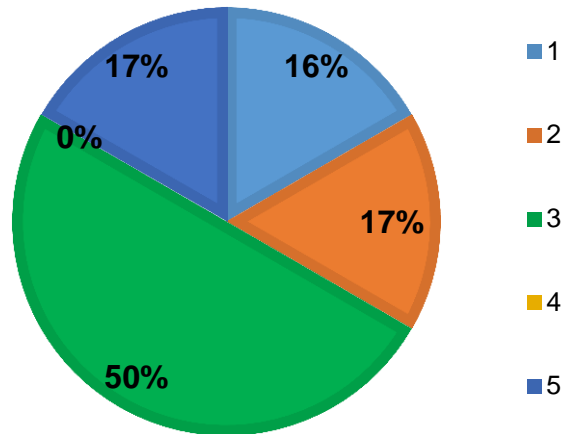
Gráfico 15. ¿Conoce cuál es el tiempo de entrega de domicilios aceptable por el cliente?



Fuente: Las autoras, 2019

El 50 % de los encuestados presentan desinterés en cuanto al medio de transporte y la adecuación de este para la entrega final del producto, mientras que el 17% de los trabajadores indican una molestia debido a que están en totalmente desacuerdo con la afirmación planteada (gráfico 16).

Gráfico 16. ¿Los medios de transporte están adecuados para la entrega final del producto?

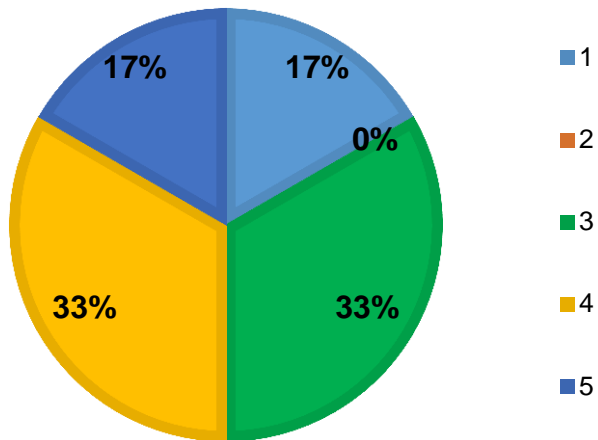


Fuente: Las autoras, 2019

El 33% de los trabajadores consideran que los medios de transporte están en las condiciones óptimas para transportar el producto al destino final, Mientras que el

otro 33 % de los encuestados presentan desinterés por esta afirmación (gráfico 17).

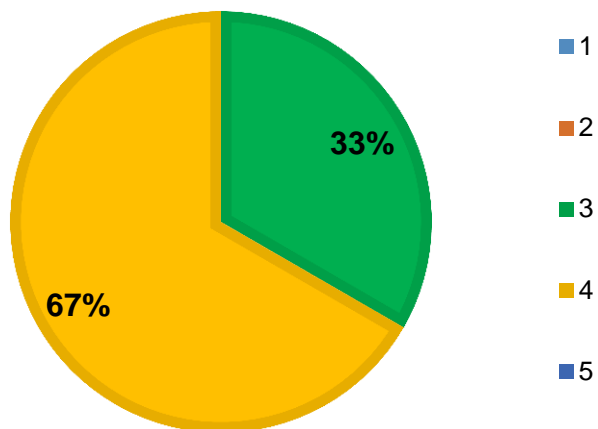
Gráfico 17. ¿Los medios de transporte reciben mantenimiento?



Fuente: Las autoras, 2019

Finalmente el 67% de los trabajadores están de acuerdo que el clima influye en la entrega del pedido y el 33% no les afecta (gráfico 18).

Gráfico 18. ¿Para usted el clima influye en la entrega del pedido?



Fuente: Las autoras, 2019

2.1.3 Definición de problemas críticos – Matriz de Vester. Según la encuesta los factores con mayor calificación fueron (tabla 7):



Tabla 7. Identificación problemas Matriz de Vester

<b>COD.</b>	<b>PROBLEMAS</b>
<b>P1</b>	Demora en la entrega de los domicilios.
<b>P2</b>	Devolución de domicilios.
<b>P3</b>	No tienen tiempo de entrega estimado por Zona
<b>P4</b>	No cuentan con una buena organización en el Área de distribución.
<b>P5</b>	No tienen rutas definidas para las entregas.

Fuente: Las autoras, 2019

Por lo tanto, se requiere evaluar cuál o cuáles tienen incidencia sobre los demás para priorizar los mismos y determinar los que se deben de intervenir de inmediato. Sin embargo, en primer lugar se hace necesario elaborar las fichas técnicas pertinentes para cada uno de ellos:

- Demora en la entrega de los domicilios. Se considera que el tiempo promedio para entregar un pedido debe ser de 15 minutos a 18 minutos aproximadamente, no obstante, hay una hora específica en donde se demoran más en la entrega del domicilio (12:55 P.M) con un tiempo promedio de entrega de 25 minutos, lo cual para los dueños de la empresa es crítico debido a lo que ellos establecen como el ideal de entrega. La ficha técnica para este problema se muestra en la tabla 8:

Tabla 8. P1 - Demora en la entrega de los domicilios

<b>DETALLE</b>	<b>FICHA TÉCNICA</b>
<b>Código</b>	P1
<b>Enunciado del problema</b>	Demora en la entrega de los domicilios.
<b>Descripción</b>	Irregularidad en 51% del tiempo de entrega en una ruta establecida.
<b>Tendencia</b>	A empeorar.

<b>Fuente de datos</b>	Tiempos tomados por las investigadoras.
------------------------	---

Fuente: Las autoras, 2019

- Devolución de domicilios. En promedio por semana se tienen en devoluciones 12 almuerzos elaborados. El día que se presentan más de estas es el viernes. Igualmente como se mencionó, la mayoría del personal concuerda con que se presentan constantemente devoluciones de almuerzos por el tiempo de entrega. La ficha técnica para este problema se muestra en la tabla 9:

Tabla 9. P2 - Devolución de domicilios

<b>DETALLE</b>	<b>FICHA TÉCNICA</b>
<b>Código</b>	P2
<b>Enunciado del problema</b>	Devolución de Domicilios
<b>Descripción</b>	El 67% de los empleados considera que las devoluciones de los domicilios son por demora en la entrega.
<b>Tendencia</b>	A empeorar.
<b>Fuente de datos</b>	Toma de tiempos por las investigadoras.

Fuente: Las autoras, 2019

- Falta de un tiempo de entrega estimado por zona. Según el sondeo realizado a treinta clientes de la empresa, el 40% de ellos considera que el tiempo de entrega de los domicilios está mal. Por otro lado, solo el 50% de los empleados tienen claro cuál es el rango de tiempo aceptable para la entrega de los pedidos, mientras que los demás no tienen conocimiento de este tiempo. La ficha técnica para este problema se muestra en la tabla 10:

Tabla 10. P3 – Falta de un tiempo de entrega estimado por zona

<b>DETALLE</b>	<b>FICHA TÉCNICA</b>
<b>Código</b>	P3
<b>Enunciado del problema</b>	No cuentan con un tiempo de entrega estimado por zona
<b>Descripción</b>	El 40% de los clientes considera que el servicio del tiempo de llegada es regular y el 50% de los empleados no conoce cuál es el tiempo de entrega por zona asignada de distribución.
<b>Tendencia</b>	A seguir igual.
<b>Fuente de datos</b>	Sondeo realizado por las investigadoras de proyecto.

Fuente: Las autoras, 2019

- Organización deficiente en el área de distribución. Como se pudo ver más del 50% de los empleados afirmaron que continuamente se presenta acumulación de pedidos en el área de distribución. La ficha técnica para este problema se muestra en la tabla 11:

Tabla 11. P4 - Organización deficiente en el área de distribución

<b>DETALLE</b>	<b>FICHA TÉCNICA</b>
<b>Código</b>	P4
<b>Enunciado del problema</b>	No cuentan con una buena organización en el área de distribución
<b>Descripción</b>	Generalmente en el área de distribución hay una constante acumulación de pedidos.

<b>Tendencia</b>	A empeorar.
<b>Fuente de datos</b>	Sondeo realizado por las investigadoras.

Fuente: Las autoras, 2019

- Falta de rutas definidas para las entregas. De acuerdo a lo arrojado por la encuesta el 67 % de los trabajadores del área de despacho aseguran que no tienen rutas definidas para la entrega de los domicilios. La ficha técnica para este problema se muestra en la tabla 12:

Tabla 12. P5 - Falta de rutas definidas para las entregas

<b>DETALLE</b>	<b>FICHA TÉCNICA</b>
<b>Código</b>	P5
<b>Enunciado del problema</b>	No tienen rutas definidas para las entregas
<b>Descripción</b>	El 67% de los empleados aseguran que no cuentan con rutas definidas para la entrega de los domicilios.
<b>Tendencia</b>	A seguir igual.
<b>Fuente de datos</b>	Sondeo realizado por las investigadoras.

Fuente: Las autoras, 2019

Posteriormente se valorarán los problemas que se han detectado anteriormente para conocer cuáles son los puntos decisivos en los que se debe centrar la investigación (tabla 13):

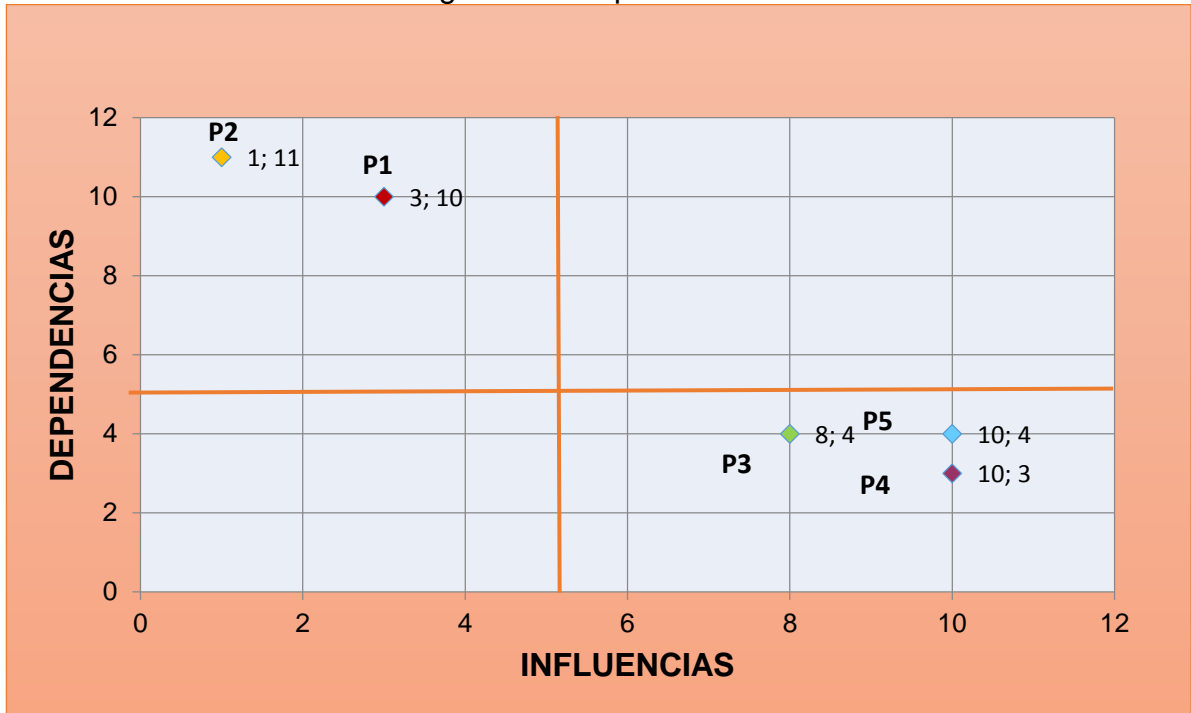
Tabla 13. Matriz de Vester

Código	Variable	P1	P2	P3	P4	P5	INFLUENCIA
<b>P1</b>	Demora en la entrega de los pedidos	0	3	0	0	0	<b>3</b>
<b>P2</b>	Devolución de domicilios	1	0	0	0	0	<b>1</b>
<b>P3</b>	No tienen un tiempo de entrega estimado por zona	3	3	0	1	1	<b>8</b>
<b>P4</b>	No cuentan con una buena organización en el área de distribución	3	2	2	0	3	<b>10</b>
<b>P5</b>	No tienen rutas definidas para las entregas	3	3	2	2	0	<b>10</b>
<b>DEPENDENCIA</b>		<b>10</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>36</b>

Fuente: Las autoras, 2019

Y una vez cruzados los problemas se graficarán y clasificarán según los criterios de esta metodología, para identificar cuál de estos son críticos, pasivos, activos e indiferentes (figura 15).

Figura 15. Esquema Axial



Fuente: Las autoras, 2019

Los puntos P1 (Demora en la entrega de los pedidos) y P2 (Devolución de domicilios) están ubicados en el cuadrante de los PASIVOS, estos representan poca influencia causal; el otro cuadrante donde los puntos quedaron ubicados fue el de los ACTIVOS; los puntos fueron el P3 (No tienen un tiempo de entrega estimado por zona), P4 (No cuentan con una buena organización en el área de distribución) y P5 (No tienen rutas definidas para las entregas) estos problemas no son causados por otros pero influyen en el criterio de los problemas que se encuentran en el cuadrante de los pasivos, es decir que la investigación debe centrarse en solucionar los puntos activos para dar mejora a los problemas que actualmente son pasivos.

## 2.2 ESTABLECIMIENTO DEL MODELO DE TRANSPORTE

2.2.1 Formalización del problema. El Restaurante Parrilla Mulata presenta congestión en el área de distribución de productos; por consiguiente se hace importante considerar los siguientes aspectos. El Restaurante:

- Cuenta con una demanda diaria que es constante y conocida.

- Tiene un promedio de 107 pedidos diarios.
- Hay 6 domiciliarios encargados de la distribución.
- Los vehículos son de los empleados.
- Los domiciliarios toman el producto (almuerzo), lo entregan al cliente y de nuevo regresan al restaurante.
- La capacidad actual de estos vehículos es de 4 productos (almuerzos) por bicicleta.

Para encontrar una solución a esta problemática se analizarán varios modelos que se ajusten a las características que han sido expuestas en esta formalización.

2.2.2 Selección del modelo que más se ajuste a los requerimientos del Restaurante. Se conoce por problema de rutas aquel que se plantea cuando hay unos clientes que demandan un servicio y se debe encontrar la mejor ruta para satisfacerles. Los tipos más importantes de problemas de ruta son (figura 16):

Figura 16. Tipos más importantes de problemas de ruta

<b>Demanda</b>	<b>Restricciones de capacidad</b>	<b>Nombre habitual del problema</b>	<b>Otras restricciones</b>
Nodos	NO	Viajante de Comercio TSP	
	SÍ	Problema de rutas de vehículos VRP	Recogida/distribución
Arcos	NO	Una componente conexa (Problema del Cartero Chino CPP)	Ventanas de tiempo
		Varias componentes conexas (Problema del Cartero rural RPP)	Otras
	SÍ	Problema de rutas con capacidades CARP	

Fuente: CALVIÑO, A. (2011) Comparación de los problemas del viajante (TSP) y de ruta de vehículo (VRP)

Como se puede ver existen varios tipos de problemas de rutas; la principal diferencia existente entre estos problemas y los problemas de caminos es que en el primer caso hay un subconjunto de nodos y/o arcos que se deben visitar y, en el segundo, se busca una ruta que una el origen y el destino sin importar los nodos o arcos intermedios (Calviño Martínez, 2011).

Para los problemas que tienen en cuenta a los nodos, quiere decir que cada cliente está representado por uno de estos, mientras que los arcos se entienden que son calles que deben ser visitadas.

Según las anteriores categorías, el problema de investigación se clasificaría en demanda por nodos, ya que el pedido debe entregarse a un cliente en particular; ahora se analizara cuál de estos dos tipos de problema es el adecuado para la situación que presenta actualmente el Restaurante Parilla Mulata (tabla 14).

Tabla 14. Cuadro Comparativo VRP y TSP

VRP	TSP
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Asume ubicaciones dadas en n puntos, un depósito, una matriz de costos para viajar entre lugares, una demanda para cada punto, una capacidad de vehículo.</li>   <li>•El objetivo del VRP es encontrar una asignación de puntos a los vehículos y un conjunto de rutas de vehículos que terminan y comienzan en el depósito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•TSP se encuentra clasificado como problema de optimización combinatoria, es decir, es donde intervienen cierto número de variables y donde cada variable puede tener N diferentes valores cuyo número de combinaciones es de carácter exponencial, lo que da lugar a múltiples soluciones óptimas (soluciones que se calculan en un tiempo finito) para una instancia determinada.</li>   <li>•El objetivo del TSP según la teoría resulta visitar un conjunto de ciudades y minimizar el costo total de viaje.</li> </ul>



<p>que minimiza la distancia del vehículo, el número de vehículos o una combinación de los dos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•La función objetivo depende de la tipología y características del problema. Lo más habitual es intentar: minimizar el coste total de operación, minimizar el tiempo total de transporte, minimizar la distancia total recorrida, minimizar el tiempo de espera, maximizar el beneficio, maximizar el servicio al cliente, minimizar la utilización de vehículos, equilibrar la utilización de los recursos, etc.</li> <li>•Puede ser formulado como un programa entero en una variedad de maneras.</li> <li>•El tiempo para encontrar una solución óptima aumenta muy rápidamente con N. Disponen de varios vehículos que deben visitar varias poblaciones y varias estaciones de donde parten y terminan los recorridos.</li> <li>•Se han desarrollado métodos más rápidos de solución que no encuentran el óptimo pero encuentran una buena solución.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Es un problema para el que no podemos garantizar que se encontrará la mejor solución en un tiempo de cómputo razonable. Para dar solución se emplean diferentes métodos, entre los cuales, los principales se denominan heurísticas cuyo objetivo es generar soluciones de buena calidad en tiempos de cómputo mucho más pequeños (soluciones óptimas tiempo de respuesta).</li> <li>•En muchas aplicaciones, restricciones adicionales como el límite de recurso o las ventanas de tiempo hacen el problema considerablemente difícil.</li> <li>•Este problema dispone solo de un vehículo.</li> <li>•Hay una única estación y en un solo viaje debe visitar todas las poblaciones</li> </ul>
--	--

<p>•Se considera la capacidad de los vehículos. Cada población tiene asociada una determinada demanda que debe ser satisfecha por cada flota de vehículos.</p>	<p>•No existe demanda de cada población.</p>
--	--

Fuente: Las autoras, 2019 (Basadas en CALVIÑO, A. (2011) Comparación de los problemas del viajante (TSP) y de ruta de vehículo (VRP)

Aunque los dos problemas buscan minimizar costos y distancias hay aspectos particulares que hacen que el problema de investigación se incline más por un problema que por el otro.

Por las características que cada problema refleja, y según las condiciones anteriormente descritas, el problema que posee el restaurante parrilla mulata se acopla más a un problema VRP, ya que asume ubicaciones dadas en n puntos, se conoce en qué lugar se encuentra el cliente, busca encontrar una asignación de puntos a los vehículos y resuelve uno de los problemas críticos que es no tienen rutas para los vehículos que comienzan y terminan su recorrido en el restaurante.

El problema del VRP tiene en cuenta varios vehículos, mientras que el TSP solo dispone de un vehículo, por otro lado, el restaurante parrilla mulata trabaja con vehículos limitados y quien tiene en cuenta esta variable es el VRP, además de esto ellos manejan una demanda diaria y en el TSP no existe una demanda para cada población.

En definitiva, el problema del restaurante parrilla mulata clasifica como un VRP según lo expuesto anteriormente.

Este problema tiene multitud de variaciones de acuerdo a las variables que tenga cada uno, se describirán los más significativos y ahí se evaluara cual se ajusta más al problema evidenciado:

- **CVRP.** Son vehículos que cuentan con capacidad limitada para distribuir los productos que los clientes demandan (Restrepo, Medina, & Cruz, 2008).

- **MDVRP.** Es un VRP que tiene varios depósitos y cada uno de estos tiene una flota de vehículos que debe cubrir la demanda a todos los clientes (Restrepo, Medina, & Cruz, 2008).
- **PVRP.** Contempla en su planteamiento un horizonte de operación de  $M$  días, periodo durante el cual cada cliente debe ser visitado una vez (Restrepo, Medina, & Cruz, 2008).
- **SDVRP.** Contempla entrega dividida, donde se permite que un cliente pueda ser atendido por varios vehículos si el costo total se reduce, lo cual es importante si el tamaño de los pedidos excede la capacidad de un vehículo (Restrepo, Medina, & Cruz, 2008).
- **SVRP.** Contempla uno o varios componentes aleatorios; clientes, demanda y tiempos pueden ser estocásticos (Restrepo, Medina, & Cruz, 2008).
- **MFVRP.** Contempla vehículos con distintas capacidades, por lo tanto hay que considerar estas capacidades en la ruta que seguirá cada recurso, ya que un vehículo con mayor capacidad podrá cubrir una ruta más amplia (mayor demanda) (Restrepo, Medina, & Cruz, 2008).
- **VRPTW.** En este se incluye una restricción adicional donde se asocia una ventana de tiempo a cada cliente, es decir, cada cliente sólo está dispuesto a recibir la visita del vehículo durante un intervalo de tiempo dado. Cada población tiene asociada, además de una capacidad, una ventana temporal en la que solo está permitido la entrega o la recogida. Existe una variante en la que se permite la violación de la ventana asumiendo un coste determinado (Restrepo, Medina, & Cruz, 2008).

Es así que de los métodos de VRP anteriores el que más se ajusta es el VRPTW, ya que se espera estimar un tiempo ideal para la entrega de los pedidos, hallar la ruta ideal, para precisamente mejorar el tiempo de entrega, estos tiempos tienen

que ser cumplidos ya que el cliente no espera más de ese periodo de tiempo establecido.

### 2.3 PLANTEAMIENTO DEL MODELO DE TRANSPORTE

Para el desarrollo del modelo propuesto, se han identificado los parámetros, variables y restricciones con las que cuenta la empresa Restaurante Parrilla Mulata. Dentro de estos se han considerado aspectos como la capacidad del vehículo, la ventana de tiempo de la empresa, los números de clientes y otros que permiten la formulación y el desarrollo del modelo.

Las variables del modelo están relacionadas con la asignación del vehículo, la cantidad de vehículos a utilizar y otros aspectos que se mencionarán más adelante. El objetivo del modelo es minimizar las distancias del recorrido asignado a cada ruta que se debe tomar para así llegar al cliente final.

A continuación, se describirán los índices, parámetros, variables, función objetivo y restricciones que se determinaron por medio del conocimiento de los Gerentes del Restaurante, y del estudio, observación y conocimiento teórico de las investigadoras. En el Anexo 6 (Ver CD – Anexo 6. Planteamiento del Modelo de Transporte), se puede encontrar dicho planteamiento formulado en Excel, con sus respectivos datos, según es el caso.

#### 2.3.1 Definición de Índices. Estos son:

$i$  =Nodo de partida  $i$  ( 1,2...n)

$j$  =Nodo de partida  $j$  ( 1,2...n)

$n$  =Nodos totales

$k$  =Vehículos  $k$  ( 1,2,3,4,5,6)

#### 2.3.2 Definición de Variables. Estas son:

$X_{ij}^k = 1$  si se asigna el vehículo  $k$  para recorrer el arco del nodo  $i$  al nodo  $j$  o cero(0)

$Y_{ij}^k = 1$  si se realiza el recorrido desde  $i$  hasta  $j$  o cero(0)

$k$  =Número de vehículos a utilizar

$P_i$  =Tiempo de inicio del servicio para el cliente  $i$

$P_j$  =Tiempo de fin del servicio para el cliente  $j$

2.3.3 Definición de Parámetros. Estos son:

$C_{ij}$  =Distancia del nodo  $i$  al nodo  $j$

$d_i$  =Demanda del nodo  $j$

$\mu$  =Capacidad del recurso  $k$

$n$  =Número de clientes

$S_i$  =Tiempo del servicio

$a_i$  =Tiempo de inicio de la ventana de tiempo para el cliente  $i$

$b_i$  =Tiempo de cierre de la ventana de tiempo para el cliente  $j$

$t_{ij}$  =Tiempo desde el cliente  $i$  hasta el cliente  $j$

$M_{ij}$  =Constante usada para linealizar el modelo, ( $b_i + s_i + t_{ij} - a_j$ )

$U_i$  = Indica el acumulado de la demanda ya distribuida por el vehículo al llegar al cliente  $i$

$U_j$  =Indica el acumulado de la demanda ya distribuida por el vehículo al llegar al cliente  $j$

2.3.4 Definición de la Función objetivo y Restricciones. La función objetivo busca disminuir las distancias totales de cada recorrido, haciendo la suma producto de la matriz de distancias; por la variable de si se realiza el recorrido o no. A continuación se muestra la misma junto con las restricciones a las que está sujeta:

$$\text{Minimizar} = \sum C_{ij} Y_{ij}$$

*s. a*

$$\sum_{1 \leq k \leq k} X_{ij}^k = Y_{ij} \quad ; \quad \forall i, j \quad (1)$$

$$\sum_{1 \leq j \leq n} Y_{ij} = 1 \quad ; \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_j X_{ij}^k = 1 \quad ; \quad \forall i, k \quad (2A)$$

$$\sum_{1 \leq i \leq n} Y_{ij} = 1 \quad ; \quad \forall j \quad (3)$$

$$\sum_i X_{ij}^k = 1 \quad ; \quad \forall j, k \quad (3A)$$

$$\sum_{1 \leq j \leq n} Y_{0,j} = k \quad (4)$$

$$\sum_{1 \leq i \leq n} Y_{i,0} = k \quad (5)$$

$$\sum_i X_{ij}^k - \sum_i X_{ji}^k = 0 \quad \forall k, j \quad (6)$$

$$\sum_{1 \leq i \leq n} \sum_{1 \leq j \leq n} d_i X_{ij}^k \leq \mu \quad ; \quad \forall k \quad (7)$$

$$M_{ij} (X_{ij}^k - 1) + (P_i + S_i + t_{ij} - P_j) \leq 0 \quad (8)$$

$$a_i \sum_{1 \leq j \leq n} X_{ij}^k \leq P_i \leq b_i \sum_{1 \leq j \leq n} X_{ij}^k \quad ; \quad \forall i, k \quad (9)$$

$$(U_i - U_j) + \mu X_{ij}^k \leq \mu d_j \quad (10)$$

$$Y_{ij}^k \in \{0, 1\} \quad ; \quad \forall (i, j) \in \forall \quad (11)$$

$$X_{ij}^k \in \{0, 1\} \quad ; \quad \forall (i, j) \in \forall \quad ; \quad \forall k \quad (12)$$

Las expresiones anteriormente representadas indican:

- (1)** Se encarga de hacer obligatoria la asignación de un vehículo a la ruta  $(i, j)$ .
- (2)** Se encarga de hacer obligatoria la asignación de un vehículo a la ruta para toda  $j$ .
- (2A)** Permite que todo vehículo tome una única ruta al salir del nodo 0 (restaurante).
- (3)** Se encarga de hacer obligatoria la asignación de un vehículo a la ruta para toda  $i$ .
- (3A)** Permite que todo vehículo regrese al nodo 0 (restaurante).
- (4)** Indica que solo puede salir del restaurante la cantidad de vehículos utilizados en la solución.
- (5)** Indica que solo pueden regresar al restaurante la cantidad de vehículos utilizados en la solución.
- (6)** Aseguran la continuidad de cada ruta y adicionalmente que cada una de ellas comience y termine en el mismo cliente.
- (7)** Esta restricción garantiza que los vehículos cubran la demanda y no sobrepasen la capacidad.
- (8)** La sumatoria de los tiempos (tiempo de inicio, tiempo de servicio y el tiempo de un cliente hasta otro), tiene que ser menor al tiempo de inicio del siguiente cliente.
- (9)** Garantiza que los vehículos cumplan con las ventanas de tiempo.
- (10)** Hace que en la solución planteada no se presenten sub ciclos.
- (11)** Obliga a que la matriz de los recorridos sea binaria.
- (12)** Obliga a que la matriz de cada vehículo sea binaria.

Cabe aclarar 3 aspectos:

- La restricción **(2A)** y **(3A)** se adicionaron, tomando como referencia el modelo de (Toth & Vigo, 2002) en su libro “Vehicle Routing: Problems, Methods and Applications”.

- En la restricción **(8)** se tenía planteada la expresión así:

$$X_{ij}^k (P_i + S_i + t_{ij}) \leq P_j \quad \forall k$$

Sin embargo, el modelo no arrojaba una solución factible al no ser lineal, por lo tanto, se adicionó un parámetro más para volverla de tal manera.

- Para la función objetivo se decidió usar el parámetro de distancias y no costos como se tenía en el modelo inicial , ya que era más claro para el Restaurante porque no se contaba con costos específicos de transporte; de esta manera, al disminuir las distancias se reducen los tiempos de entrega y así se cumple satisfactoriamente con las ventanas de tiempo establecidas, las cuales para este caso se definieron en 30 minutos, ya que es lo que el empaque del almuerzo (ICOPOR) lo mantiene a una temperatura de 60 °C: apenas se sirve el almuerzo cuenta con una temperatura de 70°C, pasados 30 minutos ha disminuido la temperatura 10°C, temperatura que es ideal para el consumo, tanto por agrado al paladar como por los requisitos de salud.

## 2.4 DESARROLLO DEL MODELO DE TRANSPORTE EN SOFTWARE

2.4.1 Corrida del modelo en software. El modelo planteado anteriormente se desarrolló en Excel, realizando la programación en OpenSolver –por su magnitud y complejidad–; allí se plasmó la función objetivo y las restricciones por la cantidad de variables que se presentaron ( $X_{ij}^k$ ,  $Y_{ij}^k$ ,  $P_i$ ,  $P_j$ ), para 10 clientes y dos vehículos; arrojando un total de 427 variables. A continuación, se hará una descripción del funcionamiento del software, el cual se puede ejecutar en el Anexo 7 (Ver CD – Anexo 7. Prueba Software Asignación de Rutas Restaurante Parilla Mulata):

Lo primero que se encuentra es la matriz de distancias (tabla 15) de los clientes que solicitan pedidos a las diferentes zonas (La igualdad, Milenta, Villa Adriana, Nueva Marsella y Villa Claudia). Esta matriz es elaborada por la persona encargada de manejar el programa. Debe estar pendiente de los domicilios que



llegan cada media hora, ya que esta es la ventana de tiempo establecida. El despacho de pedidos inicia desde las 12:00 P.M. hasta las 3:00 P.M. Cuando se tengan 10 clientes la persona debe tomar los datos de estos de una matriz general donde se encuentran las distancias de 56 clientes, el empleado dura 10 minutos aproximadamente realizando esta matriz específica.

Tabla 15. Matriz de Distancias (metros)

CLIENTES		Restaurante parrilla mulata	Bancolombia Cra. 65 #11-83, Bogotá, Cundinamarca	La floresta sur bogota	Overoles y botas la 68 ltda	Supermercado la canasta	Americana de cortes y dobleces LTDA	Supermercado villa adriana	villa adriana	Mega Merket T@t@n, Cra. 70b #3, Bogotá	Accion plus,Av. de las Américas ##60-37,	Skin store
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Restaurante parrilla m	A	1E+05	2700	500	850	1000	1100	1100	950	1200	2200	650
Bancolombia Cra. 65	B	2700	100000	2400	2700	2800	3600	3300	3200	2400	1200	3000
La floresta sur bogota	C	500	2400	100000	700	800	1300	1000	900	1400	2000	750
Overoles y botas la 68	D	850	2700	700	100000	120	1500	650	550	2000	1900	550
Supermercado la cana	E	1000	2800	800	120	1E+05	1600	650	550	2200	2000	550
Americana de cortes y dobleces LTDA	F	1100	3600	1300	1500	1600	1E+05	900	1000	1900	3000	1000
Supermercado villa ad	G	1100	3300	1000	650	650	900	100000	130	2100	2600	400
villa adriana	H	950	3200	900	550	550	1000	130	1E+05	2000	2500	290
Mega Merket T@t@n,	I	1200	2400	1400	2000	2200	1900	2100	2000	100000	2800	1900
Accion plus,Av. de las	J	2200	1200	2000	1900	2000	3000	2600	2500	2800	100000	2300
Skin store	K	650	3000	750	550	550	1000	400	290	1900	2300	100000

Fuente: Las autoras, 2019

Los pedidos que se van acumulando en la barra de despachos, son digitados por la persona que esté manejando el programa (Ver Tabla 16). En la hoja de cálculo, se digitan las demandas en la parte derecha, establecida como **di** (rango O6:O16). Luego se digitan los tiempos de servicio (**si**) (rango Q7:Q16), que corresponden a las demoras del operario por la entrega del domicilio. Este tiempo se estableció por las autoras como 2 min. por piso de desplazamiento en el cual viva el cliente. Luego está la ventana de tiempo, que se divide en (**ai**) (rango S7:S16) tiempo de inicio y (**bi**) tiempo final (rango U7:U16). La ventana de tiempo es el tiempo máximo en el que se debe entregar el pedido, por eso está establecida en el programa como 30 minutos, que es el tiempo máximo que se pueden demorar en entregar los domicilios (tabla 16).

Tabla 16. Parámetros de pedidos

CLIENTES		Demanda (di) (en unidades)	Tiempo de servicio (si) (minutos)	Tiempo de inicio ventana de tiempo (ai) (minutos)	Tiempo final de la ventana de tiempo (bi) (minutos)
Restaurante Parrilla Mulata	<b>A</b>	0			
Bancolombia Cra. 65 No. 11-83, Bogotá, Cundinamarca	<b>B</b>	2	2	0	30
La Floresta sur Bogotá	<b>C</b>	1	6	0	30
Overoles y Botas la 68 Ltda.	<b>D</b>	1	6	0	30
Supermercado la canasta	<b>E</b>	4	2	0	30
Americana de cortes y dobles Ltda.	<b>F</b>	1	6	0	30

Supermercado Villa Adriana	<b>G</b>	2	2	0	30
Villa Adriana	<b>H</b>	3	2	0	30
Mega Market T@t@n, Cra. 70b No. 3, Bogotá	<b>I</b>	1	2	0	30
Acción Plus. Av. de las Américas No. 60-37, Bogotá	<b>J</b>	2	2	0	30
Skin Store	<b>K</b>	2	2	0	30

Fuente: Las autoras, 2019

En la parte superior izquierda (rango W6:AD16) de la hoja de cálculo se encuentra la primera variable del modelo que es el tiempo de inicio y fin de cada vehículo (tabla 17).

Tabla 17. Tiempo de inicio y fin del servicio (en min)

<b>CLIENTES</b>		<b>Tiempo de inicio del servicio vehículo 1 (p1i)</b>	<b>Tiempo de fin del servicio para el vehículo 1 (p1j)</b>	<b>Tiempo de inicio del servicio vehículo 2 (p2i)</b>	<b>Tiempo de fin del servicio para el vehículo 1 (p2j)</b>
Restaurante Parrilla Mulata	<b>A</b>	0	5,5	0	4,3
Conjunto residencial Acacias de techo	<b>B</b>	0	0	0	5
Parque américas club residencial	<b>C</b>	0	1,4	0	0
América residencial I	<b>D</b>	0	0	0	0,97
Las américas club etapa II	<b>E</b>	0	0	0	3,5

América 68 primera edición	<b>F</b>	0	2,64	0	0
América 68 segunda edición	<b>G</b>	0	20	0	0
Arboleda de San Gabriel 1	<b>H</b>	0	0	0	5
Arboleda de San Gabriel 4	<b>I</b>	0	15	0	0
Arboleda de San Gabriel 5	<b>J</b>	0	0	0	2,78
Bancolombia Cra. 65 No. 1-83, Bogotá, Cundinamarca	<b>K</b>	0	26	0	0

Fuente: Las autoras, 2019

Después se encuentra el tiempo desde el cliente i hasta el cliente j el cual fue hallado de la división entre la distancia a cada cliente y la velocidad que se estimó tenían los operarios en una bicicleta que es de 100 m/min (tabla 18).

Tabla 18. Tiempo desde el cliente i hasta el cliente j (minutos)

<b>Tiempo desde el cliente i hasta el cliente j (tij)</b>											
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>A</b>	10000	27	5	8,5	10	11	11	9,5	12	22	6,5
<b>B</b>	27	1000	24	27	28	36	33	32	24	12	30
<b>C</b>	5	24	1000	7	8	13	10	9	14	20	7,5
<b>D</b>	8,5	27	7	1000	1,2	15	6,5	5,5	20	19	5,5
<b>E</b>	10	28	8	1,2	1000	16	6,5	5,5	22	20	5,5
<b>F</b>	11	36	13	15	16	1000	9	10	19	30	10
<b>G</b>	11	33	10	6,5	6,5	9	1000	1,3	21	26	4
<b>H</b>	9,5	32	9	5,5	5,5	10	1,3	1000	20	25	2,9
<b>I</b>	12	24	14	20	22	19	21	20	1000	28	19
<b>J</b>	22	12	20	19	20	30	26	25	28	1000	23
<b>K</b>	6,5	30	7,5	5,5	5,5	10	4	2,9	19	23	1000

Fuente: Las autoras, 2019

Como resultado de lo anterior se crea la matriz de recorrido para cada uno de los vehículos asignados para cada zona. Esta matriz es de variables binarias y allí se da la solución general para los 2 vehículos. Si el valor de la variable es uno (1) sí se realiza el recorrido, de lo contrario es cero (0) (tabla 19 y tabla 20).

Tabla 19. Recorrido Vehículo 1

Recorrido Vehículo 1 ( $x_{1ij}$ )												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Suma
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
I	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1

Fuente: Las autoras, 2019

Tabla 20. Recorrido Vehículo 2

Recorrido Vehículo 2 ( $x_{2ij}$ )												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Suma
A	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
C	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

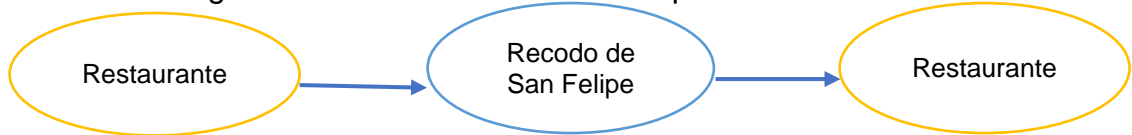
Fuente: Las autoras, 2019

Adicional a ello en el programa se puede digitar la capacidad del vehículo, la cual debe ser superior a las demandas que se van a abastecer. Es importante recalcar que antes las bicicletas contaban con capacidad de 4 domicilios. Tras realizar algunas adecuaciones técnicas se logró aumentar a 10 pedidos por vehículo.

2.4.2 Resultados de la corrida del modelo en software. Haciendo uso del software, se tiene entonces una matriz de 10 clientes y 2 vehículos. Allí se colocan las demandas actuales y las rutas se distribuyen por las distancias más cercanas. A continuación, se mostrará un ejemplo de una de las rutas realizadas por los domiciliarios y se comparará el antes y el después de las mismas. Las demás a las que se les efectuó la prueba se encuentran en el Anexo 8, Anexo 9, Anexo 10, Anexo 11, Anexo 12 (Ver CD – Anexo 10 - 12. Rutas Resultantes para el Restaurante Parilla Mulata Lunes - viernes).

2.4.2.1 Rutas antes realizadas por los domiciliarios. Anteriormente se realizaban estas rutas (figura 17 y figura 18):

Figura 17. Ruta 1 antes realizada por los domiciliarios



Fuente: Las autoras, 2019

El domiciliario sale del restaurante a las 12:08 P.M. y regresa al restaurante a las 12:18 P.M. La duración del recorrido es de 10 minutos a la zona más cercana del restaurante que es la “Igualdad”, visita un cliente y entrega dos domicilios.

Figura 18. Ruta 2 antes realizada por los domiciliarios



Fuente: Las autoras, 2019

El domiciliario sale del restaurante a las 2:55 P.M. y regresa al restaurante a las 3:11 P.M. La duración del recorrido es de 16 minutos a la zona “Nueva Marsella”, visita un cliente y entrega cuatro domicilios.

2.4.2.2 Rutas propuestas a ser realizadas por los domiciliarios. Ahora se realizan estas rutas (tabla 21 - figura 19 y tabla 22 - figura 20):

Tabla 21. Ruta propuesta a ser realizada por los domiciliarios - Vehículo 1

VEHÍCULO		HORA
1		12:00-12:30
Orden	Salida	Llegada
1	A	F
2	F	G
3	G	H
4	H	E
5	E	K
6	K	A

Fuente: Las autoras, 2019

Figura 19. Ruta propuesta a ser realizada por los domiciliarios - Vehículo 1



Fuente: Las autoras, 2019

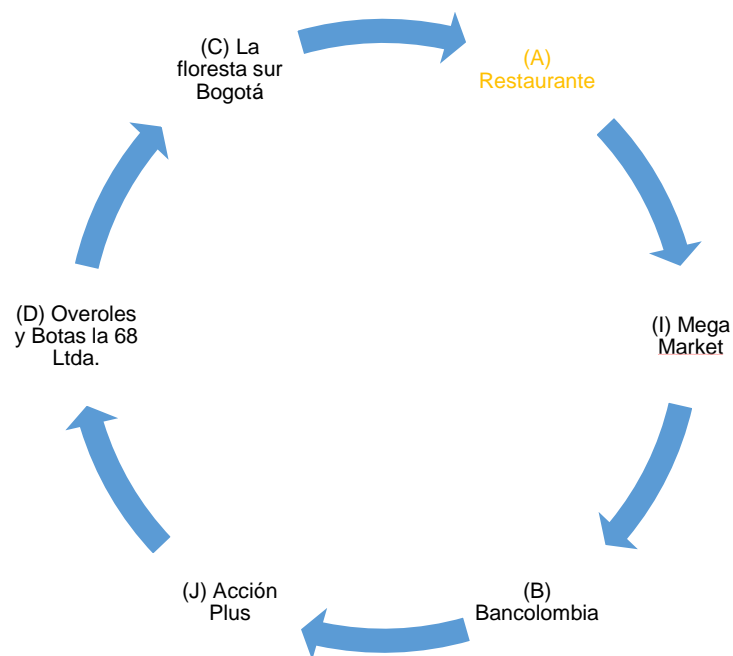


Tabla 22. Ruta propuesta a ser realizada por los domiciliarios - Vehículo 2

VEHÍCULO		HORA
2		12:00-12:30
Orden	Salida	Llegada
1	A	I
2	I	B
3	B	J
4	J	D
5	D	C
6	C	A

Fuente: Las autoras, 2019

Figura 20. Ruta propuesta a ser realizada por los domiciliarios - Vehículo 2



Fuente: Las autoras, 2019

2.4.3 Análisis de resultados de la corrida del modelo en software. Para la prueba del software como se mencionó anteriormente las rutas se realizaron de 12:00 P.M. a 12:30 P.M. Cada domiciliario se fue con 10 almuerzos para completar un total de 20 domicilios, los vehículos visitaron 5 clientes y entregaron 10 domicilios

en una ventana de tiempo de 30 minutos. Entre las dos bicicletas cubrieron 5 zonas. A partir de ahí se obtuvieron los siguientes indicadores:

2.4.3.1 Indicador de eficiencia en la entrega de domicilios. En promedio se entregaban 107 domicilios diarios anteriormente. Ahora, el promedio es de 112 domicilios diarios. Utilizando la fórmula mostrada a continuación se realizó una comparación de la ruta anterior con la ruta actual propuesta (tabla 23):

$$\frac{\text{Cantidad promedio de domicilios entregados por recorrido}}{\text{Cantidad total promedio de domicilios entregados}} \times 100$$

Tabla 23. Eficiencia en la entrega de domicilios - Ruta anterior y ruta actual.

<b>Cantidad promedio de domicilios entregados por recorrido</b>	<b>Cantidad total promedio de domicilios entregados</b>	<b>Eficiencia</b>
2.3	107	2.14%
9.3	112	8.3%

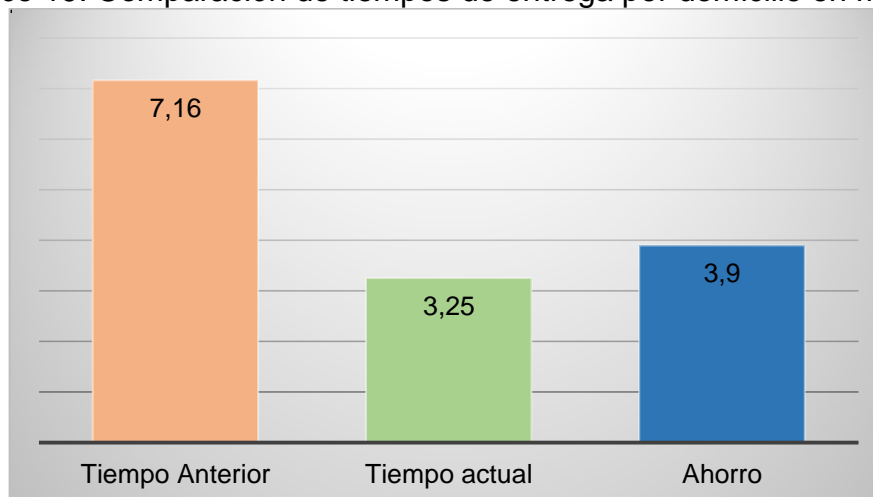
Fuente: Las autoras, 2019

El anterior indicador muestra un mejoramiento en la eficiencia de la entrega de domicilios. Antes el restaurante tenía una eficiencia promedio del 2,14 % y ahora es más eficiente en un 8,3%, resultado de la solución propuesta el mejoramiento en un 6,16%.

2.4.3.2 Indicador de disminución de los tiempos de entrega. Se realizó un promedio de tiempos de entrega por domicilio, basándose en el estudio de tiempos realizado en el diagnóstico del problema, arrojando un dato de 7,16 minutos por domicilio. Según las entregas hechas actualmente se estableció un promedio de 3,25 minutos por domicilio. Se alcanzó una mejora en el tiempo de entrega en un 45,39%.

Según lo anterior, esta disminución de los tiempos genera un ahorro al restaurante en el tiempo de trabajo de una persona, en promedio se reducen 7,8 horas diarias, ya que ellos trabajan 4 horas diarias, se puede decir que ahora podrían trabajar con 5 personas para la entrega de domicilios, quiere decir que pueden cumplir con el trabajo empleando una persona menos ahorrándose al mes 117 horas de trabajo (gráfico 19).

Gráfico 19. Comparación de tiempos de entrega por domicilio en minutos



Fuente: Las autoras, 2019

2.4.3.3 Indicador de eficacia en el servicio. En promedio se entregaban 107 domicilios diarios anteriormente, ahora el promedio es de 112 domicilios diarios. Por otro lado, el promedio diario de las devoluciones anteriores, tomando como base una semana es de 7,2 domicilios diarios. En la prueba actual no se obtuvieron devoluciones por tiempo de entrega. Utilizando la fórmula mostrada a continuación se realizó una comparación de la ruta anterior con la ruta actual propuesta (tabla 24):

$$\frac{\text{Cantidad promedio de devoluciones por tiempo de entrega diarias}}{\text{Cantidad total promedio de domicilios entregados}} \times 100$$

Tabla 24. Eficacia en el servicio - Ruta anterior y ruta actual.

Cantidad promedio de devoluciones por tiempo de entrega diarias	Cantidad total promedio de domicilios entregados	Eficacia
7,2	107	6,72%
0	112	0%

Fuente: Las autoras, 2019

Se logró disminuir las devoluciones en un 6,72 % ya que actualmente se logró reducir ese número a un cero por ciento.

2.4.3.4 Indicador de capacidad del vehículo. Inicialmente las bicicletas contaban con una capacidad de 4 domicilios por entrega, se acondicionaron los vehículos

agregándoles una canasta en la parte de atrás para aumentar la capacidad a 10 domicilios por vehículos, logrando una mejora del 60%. Utilizando la fórmula mostrada a continuación se realizó una comparación de la ruta anterior con la ruta actual propuesta (tabla 25):

$$\frac{\text{Capacidad utilizada bicicleta}}{\text{Capacidad real bicicleta}} \times 100$$

Tabla 25. Capacidad del vehículo - Ruta anterior y actual propuesta

<b>Capacidad utilizada bicicleta</b>	<b>Capacidad real bicicleta</b>	<b>Porcentaje de capacidad utilizada</b>
4	107	40%
9,3	112	93%

Fuente: Las autoras, 2019

Se mejoró la capacidad de utilización en un 53% respecto a la inicial.

2.4.4 Escenarios que se evidenciaron. Para llegar al modelo que finalmente se usó, se realizaron diferentes pruebas, inicialmente se diseñó un modelo con 23 clientes y 5 vehículos, pero por la cantidad de variables que este presentó (4577 variables) se demoraba mucho tiempo en arrojar una solución óptima, aspecto que no era viable para presentar al restaurante, por esta razón se tuvieron en cuenta otros escenarios donde se requerían menos variables para que funcionara más rápido el programa y de esta manera fuera más eficiente la solución (tabla 26).

Tabla 26. Escenarios presentados

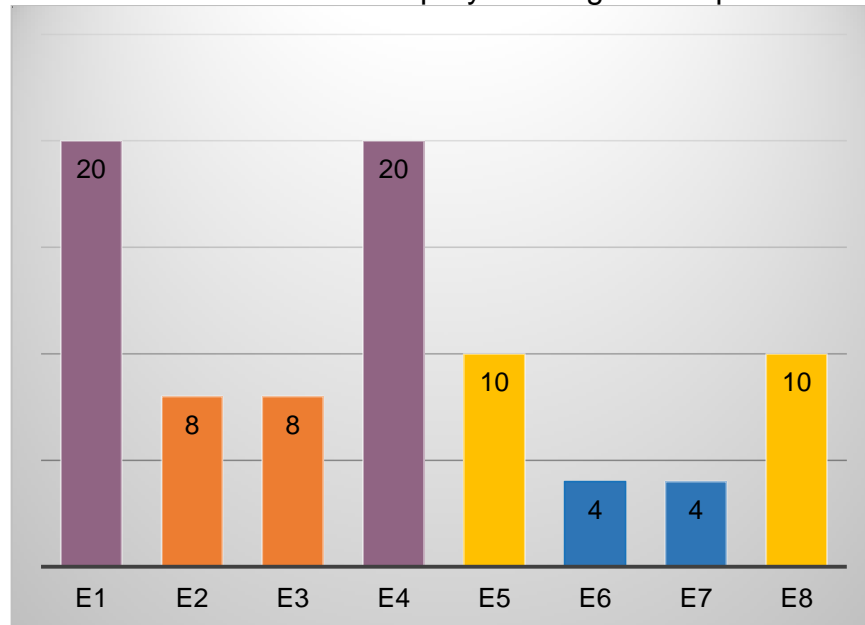
<b>Escenario</b>	<b>Cantidad de clientes según la matriz de distancia</b>	<b>Cantidad de vehículos</b>	<b>Capacidad de pedidos por vehículo</b>
E1	15	2	10
E2	10	2	4
E3	15	2	4
E4	10	2	10

E5	15	1	10
E6	10	1	4
E7	15	1	4
E8	10	1	10

Fuente: Las autoras, 2019

En los escenarios anteriores encontramos dos matrices de distancias (con 10 y 15 clientes), una matriz de cantidad de vehículos (con 2 vehículos), y capacidad de 4 y 10 pedidos por vehículo. La capacidad de 4 domicilios se fijó porque es la cantidad de domicilios que se venían realizando con las bicicletas sin modificaciones, y la capacidad de 10 domicilios se debe a las modificaciones que generaron un aumento en la cantidad de pedidos almacenados en las bicicletas que se venían utilizando. En siguiente gráfico se evidencia dicho crecimiento (gráfico 20).

Gráfico 20. Beneficio del proyecto según la capacidad



Fuente: Las autoras, 2019

Según lo anterior, el escenario 1 y 4 son los que cubren más capacidad ya que tienen 2 vehículos de 10 domicilios cada uno, se decidió tomar el escenario 4 ya

que, este tiene la matriz de 10 clientes y al restaurante le llegan cada media hora esa cantidad de clientes, 15 ya serían demasiados según la demanda que tienen y se demorarían más en realizar la matriz de distancias que tiene que tienen que elaborar cada media hora. Por otro lado, este escenario se ajusta de manera correcta a las ventanas de tiempo.

Adicional a esto, con la ayuda del Gerente del restaurante se realizó una capacitación -Anexo 13 (Ver CD – Anexo 13. Constancia de Capacitación)- a los domiciliarios, jefe de logística y administrativos, explicando la funcionalidad del proyecto, el por qué se adecuaron las bicicletas para aumentar la capacidad del vehículo y la disminución de tiempos que se obtuvieron al implementar la solución -Anexo 14 (Ver CD – Anexo 14. Reducción de Tiempos Antes vs. Después)-.

Se explicó de manera detallada el funcionamiento del software, como se debían realizar las matrices de distancias según como fueran llegando los pedidos al restaurante, las franjas de tiempo en que debían salir y las ventanas de tiempo que debían cumplir.

Se profundizó en las demandas que se debían poner y en los tiempos de servicio, que son 2 minutos por piso de entrega, por ejemplo, si llega un pedido para el piso 4, el tiempo de servicio corresponde a 8 minutos.

## 2.5 VALIDACIÓN DE RESULTADOS: EVALUACIÓN DE COSTOS

En este apartado, en primer lugar, se realizó una consolidación de los costos actuales de transporte –tanto fijos como variables- y de los ingresos relacionados con el mismo y con los beneficios de la implementación (tabla 27 y tabla 28). Cabe aclarar que en la tabla 27 en el rubro del sueldo no se tuvo en cuenta las prestaciones y parafiscales, ya que ellos no los tienen en cuenta en el pago que les realizan a los trabajadores y que en la tabla 28 en los ingresos se tomó por un lado la venta de los domicilios, que se estableció de la cantidad de domicilios promedio mensuales por \$500 pesos que es el valor que se le cobra de más al cliente por el servicio de entrega. El otro ingreso que se evidencia es el porcentaje de utilidad que el restaurante genera para los domicilios, que corresponde al 40%.

Tabla 27. Costos por Desplazamiento Anuales

<b>COSTOS DE DESPLAZAMIENTO ANUALES</b>	
<b>FIJO</b>	
Salario Domiciliario	\$ 26.400.000
Salario Coordinador de Rutas	\$ 9.937.392
Prestaciones	\$ -
Parafiscales	\$ -
Dotaciones	\$ 3.300.000
Software	\$ 300.000
<b>VARIABLES</b>	
Mantenimiento Bicicletas	\$ 3.900.000
Repuestos Bicicletas	\$ 1.500.000
Imprevistos Bicicletas	\$ 98.291
Capacitaciones (Normas de tránsito y atención al cliente)	\$ 940.000
	<b>\$ 46.375.683</b>

Fuente: Las autoras, 2019

Tabla 28. Ingresos por Desplazamiento Anuales

<b>INGRESOS DE DESPLAZAMIENTO ANUALES</b>	
<b>VENTAS</b>	
Ventas domicilios	\$ 16.357.000
Porcentaje de utilidad	\$ 2.956.800
	<b>\$ 19.313.800</b>

Fuente: Las autoras, 2019

Posteriormente se realizó un flujo de caja (tabla 29) y se determinaron 3 indicadores financieros que demuestran la factibilidad del proyecto planteado.

Tabla 29. Flujo de caja

FLUJO DE CAJA	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
<b>SALDO INICIAL</b>		-\$ 700.000	\$ 39.808	\$ 597.927	\$ 439.221	\$ 387.209	\$ 481.221	\$ 943.746	\$ 1.651.189	\$ 3.346.441	\$ 4.090.349	\$ 5.785.901	\$ 5.674.859	\$ 22.737.870
		2860	2728	2244	2310	2420	2662	2838	3520	2860	3520	2266	2486	\$ 32.714
		130	124	102	105	110	121	129	160	130	160	103	113	\$ 1.487
<b>INGRESOS</b>		\$ 4.142.424	\$ 3.951.235	\$ 3.250.210	\$ 3.345.804	\$ 3.505.128	\$ 3.855.641	\$ 4.110.559	\$ 5.098.368	\$ 4.142.424	\$ 5.098.368	\$ 3.282.074	\$ 3.600.722	\$ 47.382.958
Ventas por domicilios		\$ 1.430.000	\$ 1.364.000	\$ 1.122.000	\$ 1.155.000	\$ 1.210.000	\$ 1.331.000	\$ 1.419.000	\$ 1.760.000	\$ 1.430.000	\$ 1.760.000	\$ 1.133.000	\$ 1.243.000	\$ 16.357.000
Utilidad Total		\$ 6.781.060	\$ 6.468.088	\$ 5.320.524	\$ 5.477.010	\$ 5.737.820	\$ 6.311.602	\$ 6.728.898	\$ 8.345.920	\$ 6.781.060	\$ 8.345.920	\$ 5.372.686	\$ 5.894.306	\$ 77.564.894
Porcentaje de Utilidad por domicilios		\$ 2.712.424	\$ 2.587.235	\$ 2.128.210	\$ 2.190.804	\$ 2.295.128	\$ 2.524.641	\$ 2.691.559	\$ 3.338.368	\$ 2.712.424	\$ 3.338.368	\$ 2.149.074	\$ 2.357.722	\$ 31.025.958
		\$ 4.142.424	\$ 3.951.235	\$ 3.250.210	\$ 3.345.804	\$ 3.505.128	\$ 3.855.641	\$ 4.110.559	\$ 5.098.368	\$ 4.142.424	\$ 5.098.368	\$ 3.282.074	\$ 3.600.722	\$ 47.382.958
<b>GASTOS</b>		\$ 3.402.616	\$ 3.393.116	\$ 3.408.916	\$ 3.397.816	\$ 3.411.116	\$ 3.393.116	\$ 3.403.116	\$ 3.403.116	\$ 3.398.516	\$ 3.402.816	\$ 3.393.116	\$ 3.400.116	\$ 40.807.492
Inversión inicial (canastas bicicletas, asesoría de rutas, software, capacitaciones, otros recursos complementarios)	\$ 700.000													\$ 700.000
Salario Domiciliario		\$ 2.200.000	\$ 2.200.000	\$ 2.200.000	\$ 2.200.000	\$ 2.200.000	\$ 2.200.000	\$ 2.200.000	\$ 2.200.000	\$ 2.200.000	\$ 2.200.000	\$ 2.200.000	\$ 2.200.000	\$ 26.400.000
Salario Coordinador de Rutas		\$ 828.116	\$ 828.116	\$ 828.116	\$ 828.116	\$ 828.116	\$ 828.116	\$ 828.116	\$ 828.116	\$ 828.116	\$ 828.116	\$ 828.116	\$ 828.116	\$ 9.937.392
Prestaciones		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Parafiscales		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Dotaciones		\$ 275.000	\$ 275.000	\$ 275.000	\$ 275.000	\$ 275.000	\$ 275.000	\$ 275.000	\$ 275.000	\$ 275.000	\$ 275.000	\$ 275.000	\$ 275.000	\$ 3.300.000
Mantenimiento Bicicletas		\$ 65.000	\$ 65.000	\$ 65.000	\$ 65.000	\$ 65.000	\$ 65.000	\$ 65.000	\$ 65.000	\$ 65.000	\$ 65.000	\$ 65.000	\$ 65.000	\$ 780.000
Repuestos Bicicletas		\$ 25.000	\$ 25.000	\$ 25.000	\$ 25.000	\$ 25.000	\$ 25.000	\$ 25.000	\$ 25.000	\$ 25.000	\$ 25.000	\$ 25.000	\$ 25.000	\$ 300.000
Imprevistos Bicicletas		\$ 9.500	\$ -	\$ 15.800	\$ 4.700	\$ 18.000	\$ -	\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 5.400	\$ 9.700	\$ -	\$ 7.000	\$ 90.100
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	<b>-\$ 700.000</b>	<b>\$ 739.808</b>	<b>\$ 558.119</b>	<b>-\$ 158.706</b>	<b>-\$ 52.012</b>	<b>\$ 94.012</b>	<b>\$ 462.525</b>	<b>\$ 707.443</b>	<b>\$ 1.695.252</b>	<b>\$ 743.908</b>	<b>\$ 1.695.552</b>	<b>-\$ 111.042</b>	<b>\$ 200.606</b>	<b>\$ 6.575.466</b>
<b>FLUJO NETO ACUMULADO</b>	<b>-\$ 700.000</b>	<b>\$ 39.808</b>	<b>\$ 597.927</b>	<b>\$ 439.221</b>	<b>\$ 387.209</b>	<b>\$ 481.221</b>	<b>\$ 943.746</b>	<b>\$ 1.651.189</b>	<b>\$ 3.346.441</b>	<b>\$ 4.090.349</b>	<b>\$ 5.785.901</b>	<b>\$ 5.674.859</b>	<b>\$ 5.875.466</b>	<b>\$ 29.313.335</b>

Fuente: Las autoras, 2019



Los cálculos correspondientes se pueden encontrar en el Anexo 15 (Ver CD – Anexo 15. Evaluación de costos).

El primer indicador a ser evaluado fue el **VPN (Valor Presente Neto)**, el cual representa la medida del beneficio que rinde un proyecto a través de toda su vida útil; es decir supone el equivalente en unidades monetarias actuales de todos los ingresos y egresos, presentes y futuros que constituyen el proyecto (Briseño, 2013). Para este caso el resultado fue el siguiente (tabla 30).

Tabla 30. VAN

<b>VAN</b>	<b>Valor</b>	<b>Significado</b>	<b>Decisión a tomar</b>
<b>\$ 2.746.578</b>	$VAN > 0$	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida.	El proyecto crea valor, por tanto se puede aceptar.

Fuente: Las autoras, 2019

El segundo indicador a ser evaluado fue el **TIR (Tasa Interna de Retorno)**, el cual representa aquella medida que permite saber si es viable invertir en un determinado proyecto, considerando otras opciones de inversión de menor riesgo. La TIR es un porcentaje que mide la viabilidad de un proyecto o empresa, determinando la rentabilidad de los cobros y pagos actualizados generados por una inversión (Briseño, 2013). Para este caso el resultado fue el siguiente (tabla 31), teniendo en cuenta que el Gerente de la empresa definió una tasa mínima de corte  $r$  del 10%.

Tabla 31. TIR

<b>TIR</b>	<b>Valor</b>	<b>Significado</b>	<b>Decisión a tomar</b>
<b>67%</b>	$TIR > r$	Es un proyecto altamente rentable. Teniendo en	El proyecto crea valor, por tanto se puede aceptar.

		cuenta que la inversión no es muy grande y el beneficio es sustancial conviene realizar esta.	
--	--	---	--

Fuente: Las autoras, 2019

El tercer y último indicador a ser evaluado fue el **B/C (Beneficio/Costo)**, el cual también es conocido como el índice neto de rentabilidad y determina la viabilidad del proyecto (Briseño, 2013). Para este caso el resultado fue el siguiente (tabla 32).

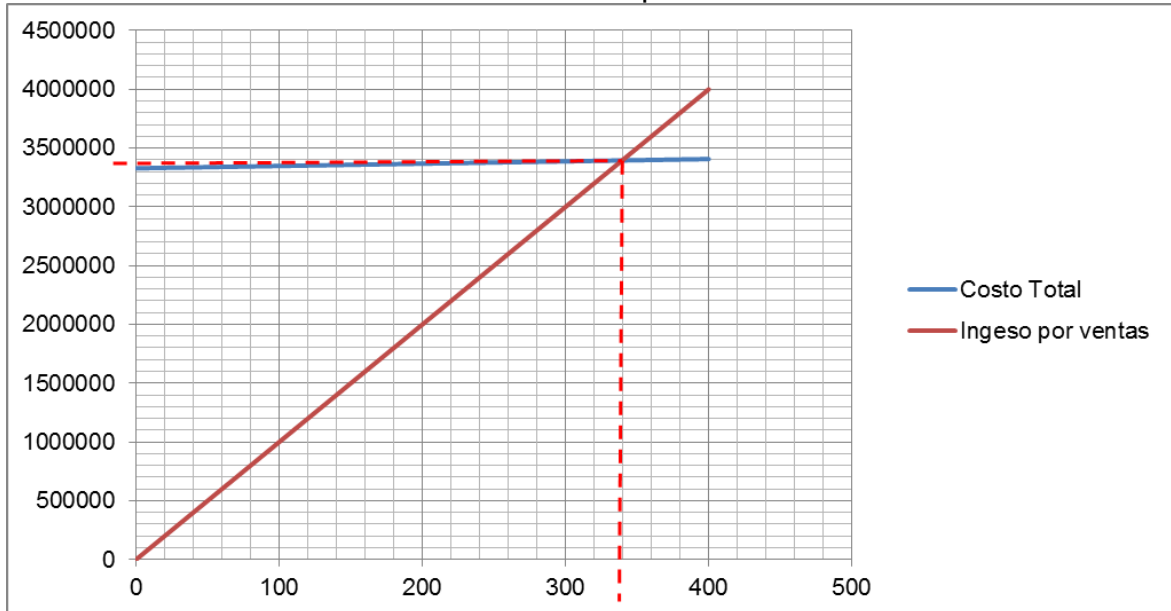
Tabla 32. B/C

<b>BENEFICIO COSTO</b>	<b>Valor</b>	<b>Significado</b>	<b>Decisión a tomar</b>
<b>\$3</b>	B/C > 1	Por cada peso invertido en el presente proyecto se obtendrán \$3. Resulta necesario entonces entregar 4073 almuerzos satisfactoriamente al mes; o lo que es lo mismo 339 al mes para que los ingresos cubran los costos generados por la distribución de los mismos.	El proyecto crea valor, por tanto se acepta la alternativa

Fuente: Las autoras, 2019

Dicho punto de equilibrio se puede ver en el gráfico 21, en donde se evidencia que con 339 unidades vendidas se obtiene un ingreso por \$3.394.930; valor tomado de promedio mensual tanto de costos fijos como variables.

Gráfico 21. Punto de equilibrio mensual



Fuente: Las autoras, 2019

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados que se presentaron fueron positivos y de gran beneficio para el restaurante, tanto como para los domiciliarios, como para los dueños del restaurante. Lo más significativo es la eficiencia que ahora tienen en la entrega de los domicilios pues logró mejorar en un 6,16%.

Por otro lado, la disminución de tiempos de entrega en un 45,39%, brinda beneficios económicos, ya que ahora se puede contar con una persona menos para realizar la labor, y también es un factor de fidelidad del cliente, ya que ahora se está cumpliendo con la promesa de entrega, aspecto que mejora también los costos porque las devoluciones por tiempo de entrega lograron ser cero, llegando a la eficacia que se espera de la operación de distribución de pedidos.

Así mismo el aumento de la capacidad del vehículo, hace que se tenga un mejor aprovechamiento de los recursos de la empresa y el programa logra mantener esa capacidad de utilización en un 93%.

Al mejorar la organización de la distribución de los domicilios, se genera una mayor satisfacción laboral ya que el desgaste físico de los operarios es menor, pues ahora tienen que hacer menos recorridos, ya que antes visitaban un solo cliente y regresaban al restaurante, ahora logran visitar entre 5 y 6 clientes así que sus desplazamientos son menos desgastantes.

En el tema de los costos se mejoró gracias a la disminución de los tiempos de entrega, ya que el tiempo diario reducido es de 7,3 horas, como ellos trabajan 4 horas diarias se puede prescindir del servicio de un operario.

Evidentemente al prestar un mejor servicio, los clientes van a valorar y notar los cambios positivos, aspecto que hace al restaurante parrilla mulata más competitivo en el mercado, dando un servicio de valor al producto que está ofreciendo, y da a la empresa esa imagen de que está dispuesta a los cambios y se arriesga a innovar no solo en el producto en sí, sino en todos los factores que afectan al producto.

## **CONCLUSIONES**

Según los resultados del diagnóstico específicamente en la Matriz de Vester, se observó, que hay aspectos a los que se les debe dar solución para obtener mejores resultados en la entrega de domicilios, estos son definir rutas, tiempo de entrega y buena organización, se espera que la solución de la investigación mejore estos aspectos, y aunque se determinó un tiempo estándar de entrega de domicilios por zona, este se pueda minimizar y ser efectivos en el proceso de entrega de pedidos

Como función principal para dar solución a los problemas que evidencia el restaurante, se debe disminuir el tiempo de entrega para poder reducir las devoluciones de los clientes y las inconformidades que estos presentan y de esta manera reducir costos, y se tendrán en cuenta los parámetros de capacidad,

demanda y costos; por esta razón se define que el modelo que se va a tener en cuenta para dar respuesta y mejora a estos aspectos es el uso del modelo VRPTW por las características que este maneja, que son reducir los tiempos de entrega. El modelo que se planteó cuenta una función objetivo, parámetros, variables y restricciones, todo esto se adapta al problema actual que tenía el restaurante parrilla mulata, estas últimas fueron diseñadas para obtener el modelo ideal de la empresa, se tuvo en cuenta cantidad de vehículos a usar, capacidad de los vehículos, que cumpliera con la demanda que se está presentando, y que los recorridos de los vehículos no presentaran subciclos.

El software que se desarrolló presento una buena solución, ya que se acopla al nivel del restaurante, generando organización en el despacho de pedidos, disminuyendo tiempos de entrega, aumento la capacidad de utilización de los vehículos, estandarizando tiempos de entrega, de salida y llegada del vehículo y de recorrido. Ayudo a controlar de una mejor manera la operación de distribución viéndose reflejado en tiempo, orden y costos.

Por último, el realizar la evaluación de los costos es indispensable para conocer qué tan factible es la solución y conocer el tiempo en recuperar la inversión, el riesgo del proyecto y el análisis costo beneficio.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda al Restaurante Parrilla Mulata continuar con el uso del software según las especificaciones que las autoras hubiesen dado, teniendo una persona que les alimente la matriz general cada 15 días para los clientes nuevos que ingresan al restaurante, realizar capacitaciones constantes sobre el uso del programa y las nuevas actualizaciones que se vayan generando.

Tener un formato de seguimiento de indicadores que permita conocer mensualmente como se está comportando el proceso de distribución y aumentar la eficiencia en la entrega de domicilios.

Buscar constantemente disminución de los costos del proceso, por ejemplo, el de mantenimiento, hacer que este sea preventivo y no correctivo ya que de esta forma no se pierden tiempos.

Por otro lado, se recomienda de manera urgente que se les pague a los domiciliarios parafiscales (Caja de compensación, ICBF y SENA), prestaciones sociales (Prima de servicios, cesantías, intereses de cesantías y dotaciones) y ARL(Aseguradora de riesgos laborales). Aunque ellos cumplen con las dotaciones estas deben ser cada 4 meses. Realizando estos pagos de las prestaciones mencionadas anteriormente, se evitarán sanciones de hasta 500 SMLMV, o la suspensión de actividades hasta por seis meses.

Esta última recomendación debe ser atendida de manera rápida ya que la ley así lo determina y además se le debe garantizar al empleado el estar asegurado por el riesgo que él tiene al estar en la calle.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ABC, D. D. (2007). RUTA.
- Aires, U. N. (2009). Programacion Lineal.
- Arsham, H. (2015). Modelos deterministas: Optimizacion Lineal.
- Bermeo, E., & Calderon, J. (2013). Diseño de un modelo de optimización de rutas de transporte. Revista Universidad Autónoma de Occidente .
- Bodin, L. (1982). The state of the art in the routing and scheduling of vehicles and crews. College of Business and Management, University of Maryland.
- Briseño, H. (2013). Indicadores Financieros. México: Editorial Umbral.
- Bruce L, G., & Arjang A, A. (1986). OR Forum—Perspectives on Vehicle Routing: Exciting New. Operations Research, 8.
- Bustos Rosales, A., & Jimenez Sanchez, E. (2014). Modelos para un mejor ruteo vehicular. Enfasis Logistica, 4.

- Calviño Martínez, A. (2011). Cooperación en los problemas del viajante (TSP) y de ruta de vehículo (VRP): una panorámica.
- Carrillo, A. F. (2014). Modelo de ruteo de vehículos para la distribución de las empresas Laboratorios Veterland, Laboratorios Callbest y Cosméticos Marliou Paris. Bogotá.
- Caso, A. (2006). Técnicas de medición del trabajo. Madrid: Fundación Confemetal.
- Chavez Milla, H. A. (s.f.). Elementos Básicos de un modelo matemático. Formulación de modelos de programación Lineal. Chimbote, Perú.
- Conceição, S. V. (2013). Un problema de rotación dinámica, con tiempos de viaje estocástico, múltiples vehículos y ventanas de tiempo. Revista Universidad Federal de Minas Gerais.
- Daza, J. M., Montoya, J. R., & Narducci, F. (2009). Resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases. Revista EIA, 16.
- Elejalde del Río, C. M., & Castañeda Ramírez, L. N. (2014). Modelo para la Asignación de Rutas de Ambulancia de la empresa Health Society para la prestación de servicio en Bogotá, D.C. Bogotá.
- Garzón, D. (13 de Junio de 2018). El sector gastronómico creció 22% en el último año. La República.
- Gaudino, O. (1999). Teoría de las restricciones (TOC) y costeo basado en las actividades (ABC) confrontamiento o posible integración. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas, 4.
- Gonzales de la Rosa, M., Martínez, N., & García, V. (2009). Estudio de tres algoritmos heurísticos para resolver un problema de distribución con ventanas de tiempo: Colonia de Hormigas, Búsqueda Tabú y Heurístico Constructivo de una Ruta. Revista Universidad Autónoma del Estado de México.
- Guerrero Salas, H. (2017). Programación Lineal Aplicada. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Hillier, L. & (2010). Investigación Operativa.

- Lopez, E., & Jesus, R. J. (2015). Aproximación híbrida de generación de columnas y agrupación para resolver el problema de ruteo de buses escolares con ventanas de tiempo. SCIELO.
- Lüer, A., Benavente, M., Bustos, J., & Venegas, B. (2009). El problema de rutas de vehículos: extensiones y métodos de resolución, estado del arte. WORKSHOP INTERNACIONAL, 8.
- Mañas Viniegra, L. (2014). Gestion de Ventas. Manual teorico. Madrid: editorial cep.
- Ministerio de Salud y de Proteccion Social. (25 de 07 de 2014). Alcaldia de Bogota. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=54030>
- Minitab. (13 de 02 de 2018). Minitab . Obtenido de Minitab : <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/data-concepts/what-are-parameters-parameter-estimates-and-sampling-distributions/>
- Molina Gomez, J. C. (2016). Problema de optimizacion de rutas de vehiculos con flota heterogenea.
- Munguia U, I., & Maria A, P. (2005). Investigacion de Operaciones . Universidad Estatal a Distancia.
- Munguia, L., & Protti, M. (2005). Investigacion de Operaciones. Universidad Estatal a Distancia.
- Ortiz, H., & Alexander, Y. (2016). Diseño de un sistema de ruteo de vehículos con múltiples depósitos en empresas de transporte de carga por carretera. diseño de un sistema de ruteo de vehículos con múltiples depósitos en empresas de transporte de carga por carretera. Bogotá.
- Perez, D., Cruz Lario, F., & Alemany, M. d. (2010). Descripción detallada de las variables de decisión en modelos basados en programación matematica en un contexto de planificación colaborativa de una red de suministros/distribución (RdS/D)\*. Universidad Politécnica de Valencia, 9.
- Pirabán, A. (2015). Metodos aproximados para la solución del problema de enrutamiento de vehículos. SCIELO.



- Presidente De La Republica de Colombia. (01 de 01 de 1951). Alcaldia de Bogotá. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=33104>
- Presidente de la Republica De Colombia. (31 de 12 de 1997). Alcaldia de Bogotá. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=3337>
- Restaurante Parilla Mulata. (2017). Políticas Empresariales.
- Restrepo, J., Medina, P., & Cruz, E. (2008). Un problema logístico de programación de vehículos con ventanas de tiempo (VRPTW). *Scientia et Technica* Año XIV, 6.
- Rojas, R. (28 de febrero de 2014). La importancia del transporte en la cadena Logistica. *Americaeconomia*, pág. 7.
- Sepulveda, J., Escobar, J., & Adarme, W. (2014). Un algoritmo para el problema de ruteo de vehículos con entregas divididas y ventanas de tiempo aplicado a las actividades de distribución de PYMEs del comercio al por menor. *Revista UNAL*.
- Taha, H. A. (2012). *INVESTIGACION DE OPERACIONES*. Mexico: Pearson Educacion.
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). *The Vehicle Routing Problem*. Italy.
- Van Dalen, D. B., & Meyer, W. J. (2006). Estrategia de la investigación descriptiva. En j. miró, *La investigacion descriptiva*.
- Zuñiga, J. A., Lopez, A., & Lozano, Y. (2016). El problema de ruteo de vehículos [VRP] y su aplicación en medianas empresas colombianas. *COCIENCIAS TIPO 4.*, 8.

## ANEXOS

### Carta de aceptación de la empresa Restaurante Parrilla Mulata.

Bogotá D.C. Agosto de 2019



Señores:

**COMITÉ DE PROYECTOS  
UNIVERSIDAD LIBRE**

Respetados señores

Por medio de la presente, yo HAROLD PINZON VARGAS identificado con cedula de ciudadanía No 79.951.448 de BOGOTA y como gerente y representante legal del restaurante parrilla mulata NIT 79951448-3, Certifico que las estudiantes ANDREA BUITRAGO MARTIN identificada con la C.C. 1.033.794.635 expedida en Bogotá D.C , y FRANCI CAROLINA PINEDA MORA expedida en Bogotá D.C con la C.C 1.070.974.815 expedida en Bogotá D.C. Realizaron el proyecto de grado titulado "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS BAJO RESTRICCIONES DE VENTANAS DE TIEMPO: APLICACIÓN EN EL RESTAURANTE PARRILLA MULATA" y entregaron los documentos pertinentes.

Cordialmente,

HAROLD PINZON VARGAS  
REPRESENTANTE LEGAL  
RESTAURANTE PARRILLA MULATA  
NIT. 79951448-3

Teléfono: 2904985 – 4790523

Dirección: Cra. 69 A N° 3-19 Sur

## Carta dirigida al Comité de Proyectos.

Bogotá, Agosto 2019

Señores:

COMITÉ DE PROYECTOS DE GRADO  
Ciudad

Por medio de la presente, nosotras ANDREA BUITRAGO MARTIN identificada con la C.C. 1.033.794.635 expedida en Bogotá D.C, y FRANCI CAROLINA PINEDA MORA con la C.C 1.070.974.815 expedida en Bogotá D.C, Presentamos a ustedes el documento final del proyecto de grado titulado "SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS BAJO RESTRICCIONES DE VENTANAS DE TIEMPO: APLICACIÓN EN EL RESTAURANTE PARRILLA MULATA."

Cordialmente,



ANDREA BUITRAGO MARTIN  
C.C 1.033.794.635



FRANCI CAROLINA PINEDA MORA  
C.C 1.070.974.815.