

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial



**“Diseño de un Modelo Logístico para la Distribución de Productos
Procesados pertenecientes al Canal Tradicional Región Metropolitana
Agrosuper S.A”**

Por:

Darko Erick Lang Navarro

Sebastián Ignacio Silva Espinoza

Trabajo de Título para optar al Grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y
Título de Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía: Paula Quiroz Rojas

Septiembre 2017

Dedicatoria y Agradecimientos

Dedicamos este trabajo a nuestros padres: Jeannette Espinoza, Osvaldo Silva, Adolfo Lang, Gladys Navarro, sin ellos nada hubiera sido posible.

Agradecemos especialmente a nuestra profesora guía, nuestras familias y Agrosuper S.A. quienes nos ayudaron y apoyaron permanentemente.

Darko Lang y Sebastián Silva

Resumen ejecutivo.

Este trabajo de título aborda los problemas que ha originado la implementación del nuevo sistema de distribución dispuesto por la empresa Agrosuper S.A, específicamente en sus tres centros de distribución en la Región Metropolitana hacia su red de clientes del Canal Tradicional distribuidos en las distintas comunas que conforman Santiago, presentando como problemática principal el aumento en el costo de transporte de sus productos elaborados, congelados y hortalizas.

Para dar solución a la problemática planteada, se realizó una reestructuración de las zonas de transporte pertenecientes a cada centro de distribución, mediante la determinación de una optimización en el número de camionetas en base a la demanda facilitada por la empresa que contempla los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2016.

El objetivo radicó en generar un modelo que permitiera entregar mayor eficiencia en la distribución, acortando distancias de entregas entre los clientes, aumentar el número de visitas por camioneta, disminuir la capacidad ociosa y una disminución en los costos de transporte de los productos.

Para lograr lo anterior se evaluaron rutas de distribución para un determinado día, para esto se decidió utilizar el modelo matemático TSP (Travel Salesman Problem) siendo una metodología que se ajusta a las condiciones de distribución que presenta la organización, como lo son: camionetas de reparto que inician y finalizan sus labores en sus centros de distribución previamente asignados, clientes deben ser atendido sólo una vez por cada jornada de trabajo, entre otros. Lo anterior se realiza a través de métodos Heurísticos, los cuales proporcionan la mejor alternativa en conjunto con tiempos de computación modestos a través de un algoritmo de dos fases, segmentado en las etapas de construcción de ruta y agrupación de la flota en rutas factibles.

Resolver el problema consiste en mejorar el orden lógico de las rutas, considerando que se respeten las restricciones, de modo que minimice el valor de la función objetivo. Para ello la

evolución de la tecnología juega un papel fundamental, debido a la creación de innovadoras herramientas de apoyo en la toma de decisiones, las cuales permiten en poco tiempo, hacer cálculos exactos sobre las rutas óptimas que se debe seguir.

Finalmente se evaluó el impacto asociado a los costos de distribución utilizando la propuesta de mejora, en base a la situación actual que presenta la empresa.

Contenido

Índice de tablas	9
Índice de gráficos.....	11
Índice de figuras.....	12
Glosario	14
Lista de siglas y abreviaturas.....	15
Introducción.....	16
Capítulo I: Descripción Empresa.....	17
1. Empresa	18
1.2 Pilares Estratégicos	19
1.2.1 Misión.....	19
1.2.2 Visión	20
1.2.3 Ser Líderes del Desarrollo Agroindustrial.....	20
1.2.4 Ser Productores de Clase Mundial	20
1.2.5 Poseer Extensa Red de Distribución en Chile	20
1.2.6 Ser Motor de Crecimiento	20
1.3 Canales de Venta	21
1.3.1 Canal Supermercado.....	21
1.3.2 Canal Foodservice	21
1.3.3 Canal Industrial.....	21
1.3.4 Canal Tradicional.....	22
1.3.4.1 Segmentos Canal Tradicional.....	22
1.3.4.2 Especialista en procesados	22
1.3.4.3 Emprendedor	22

1.3.4.4	Multiespecialistas	23
1.4	Marcas	23
1.4.1	Super Pollo	24
1.4.2	Super Cerdo	24
1.4.3	Sopraval	24
1.4.4	Super Salmón	25
1.4.5	La Crianza	25
1.5	Proceso Distribución	26
1.5.1	Departamentos involucrados en el proceso	26
1.5.1.1	Departamento Planificación:	27
1.5.1.2	Departamento Ventas:	28
1.5.1.3	Departamento Operaciones:	31
1.5.1.4	Departamento de Distribución:	32
1.5.1.5	Departamento de Administración:	34
Capítulo II: Planteamiento del problema		36
2.	Descripción General	37
2.1	Descripción del problema	41
2.1.1	Bajo número de visitas en rutas de transporte.	41
2.1.2	Aumento en el costo de Distribución por KG	46
2.2	Objetivos	51
2.2.1	Objetivo General	51
2.2.2	Objetivos específicos	51
Capítulo III: Marco Teórico		52
3.	Supply Chain Managment	53
3.1	Sistemas logísticos	54

3.2	Distribución	56
3.2.1	Actores, Elementos, Flujos y Actividades	57
3.2.2	Centro de Distribución	58
3.2.3	Canales de Distribución.....	59
3.2.4	Tipos de canales de distribución	60
3.2.5	Selección de Canales de Distribución	61
3.3	Herramienta informática de apoyo	62
3.4	Tipos de herramientas para resolver problemas de ruteo de vehículos	63
3.5	Introducción al problema del diseño de rutas.....	68
3.6	Metodologías de resolución.....	77
3.6.4	Métodos exactos.....	77
3.6.5	Métodos aproximados	78
3.7	LINGO: Software para el modelamiento	80
3.8	Metodología General de Trabajo	85
Capítulo IV: Construcción modelo y solución		88
4.	Formulación modelo distribución Agrosuper	89
4.1	Clientes:.....	90
4.1.1	Dirección Clientes:.....	90
4.1.2	Actividad Clientes:.....	92
4.1.3	Frecuencia de compra.....	94
4.1.4	Volumen de compra:	98
4.1.4.1	Propuesta.....	102
4.2	Vehículos.....	105
4.2.1	Escenario Actual	105
4.2.2	Escenario futuro.	107

4.2.3	Selección Vendedores.	109
4.3	Zona de Transporte	113
4.3.1	Selección zonas Transporte.	115
4.3.2	Visitas zonas de transporte.	116
4.3.3	Modificación Zonas de transporte:.....	118
4.3.4	Formulación de ruta TSP	129
4.3.5	Formulación del problema	136
Capítulo V: Análisis de Resultados		139
5.	Línea de Base	140
Escenario Global Agrosuper Región Metropolitana		141
5.1	Número de visitas.	141
5.2	Capacidad ociosa	143
5.3	Costos de distribución.	146
5.3.1	Reducción costos camionetas	146
5.3.2	Reducción costos modelo de rutas.	148
5.4	Validación modelo propuesto R.M.	167
5.4.1	Escenario zonas de transporte aplicado Agrosuper Región Metropolitana.	168
5.4.1.1	Ruta1: Las Condes-Providencia-Lo Barnechea.....	168
5.4.1.2	Ruta 2: Santiago Centro	174
5.4.1.3	Ruta 3: Lampa – Colina	180
Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones		186
6.	Conclusiones	187
6.1	Recomendaciones	188
Capítulo VII: Bibliografía		189
Capítulo VIII: Anexos.....		192

Índice de tablas.

Tabla 1: Comunas por cada centro de distribución R.M.....	39
Tabla 2: Extracto Zonas de transporte por vendedor.....	40
Tabla 3: Número de visitas totales por semana.....	42
Tabla 4: Promedio total de visitas por día.....	43
Tabla 5: Total kilos por semana.....	43
Tabla 6: Kilos y capacidad utilizada.....	44
Tabla 7: Costo de distribución por kg año 2015.....	46
Tabla 8: Costo de distribución por kg año 2016.....	47
Tabla 9: Efectos y causas que justifican problema de planificación de rutas.....	50
Tabla 10: Elección Software a utilizar.....	67
Tabla 11: Total clientes R. M.....	93
Tabla 12: Total kg clientes R. M.....	98
Tabla 13: Grandes clientes R. M.....	100
Tabla 14: Hoja de ruta vendedor Heinz Ibarra.....	104
Tabla 15: Información histórica de pedidos.....	105
Tabla 16: Promedio y desviación de pedidos.....	106
Tabla 17: Promedio total e individual.....	107
Tabla 18: Escenarios posibles.....	107
Tabla 19: Evolución número de pedidos.....	108
Tabla 20: Extracto Nivel de servicio por vendedor.....	110
Tabla 21: Vendedores con bajo nivel de servicio.....	111
Tabla 22: Promedio de entregas.....	111
Tabla 23: Vendedores seleccionados para el modelo.....	112
Tabla 24: Clientes a visitar Jorge Allar.....	114
Tabla 25: Extracto de distribución vendedores.....	115
Tabla 26: Clientes SC.....	126

Tabla 27: Distancia entre clientes SC en metros.	127
Tabla 28: Distancia entre clientes SC.	128
Tabla 29: Distancia entre clientes SC en metros.	129
Tabla 30: Extracto visitas clientes Colina – Lampa.....	130
Tabla 31: Extracto direcciones clientes Agrosuper S.A.....	131
Tabla 32: Escenario modelo Propuesto camionetas.....	140
Tabla 33: Promedio visitas modelo.....	142
Tabla 34: Escenario aplicado modelo.	144
Tabla 35: Costos distribución Modelo.	147
Tabla 36: Distancias nodos para la validación del modelo lingo en km.	149
Tabla 37: Resultados validados.	150
Tabla 38: Comparativa literatura vs lingo.	151
Tabla 39: RUTA ENTREGADA POR MODELO.	157
Tabla 40: Distancias Actuales en Km.	160
Tabla 41: Costos de combustible.	161
Tabla 42: Costo promedio de distribución Lampa - Colina.	162
Tabla 43: Distancias obtenidas en modelo en Km.	162
Tabla 44: Costos combustible.....	163
Tabla 45: Nuevos costos ruta Lampa - Colina.	163
Tabla 46: Comparativa de costos S. Base y M. Propuesta.	164
Tabla 47: Comparativa de distancias S. Base y M. Propuesta.	164
Tabla 48: Costos promedio de distribución Agrosuper S.A.....	165
Tabla 49: Variación costos distribución Colina - Lampa.....	166
Tabla 50: Evolución zonas de transporte.	169
Tabla 51: Cambios días, zonas de transporte y preventas.....	174
Tabla 52: Evolución zonas de transporte.	175
Tabla 53: Cambios días, zonas de transporte y preventas.....	180
Tabla 54: Evolución zonas de transporte.	181
Tabla 55: Cambios días, zonas de transporte y preventas.....	184

Índice de gráficos.

Gráfica 1: Porcentaje capacidad ociosa vs porcentaje utilizado.....	45
Gráfica 2: Costo distribución por kg 2015 vs 2016.....	48
Gráfica 3: Composición clientes según sector.....	96
Gráfica 4: Número de kilos según sector.....	97
Gráfica 5: Composición kilos según sector.....	97
Gráfica 6: Volumen total de ventas Agrosuper S.A.....	102
Gráfica 7: Comparación visitas actual vs modelo.....	142
Gráfica 8: Porcentaje utilizado vs porcentaje capacidad ociosa.....	144
Gráfica 9: Comparativa porcentaje utilizado actual vs modelo.....	145
Gráfica 10: Comparación costos distribución 2015-2016-modelo.....	147
Gráfica 11: Comparativa visitas actuales vs modelo.....	170
Gráfica 12: Variación porcentaje visitas ruta 1.....	171
Gráfica 13: Variación nivel de servicio ruta 1.....	172
Gráfica 14: Comparativa visitas actuales vs modelo.....	176
Gráfica 15: Variación porcentaje visitas ruta 2.....	177
Gráfica 16: Variación nivel de servicio ruta 2.....	178
Gráfica 17: Variación nivel de servicio ruta 3.....	182
Gráfica 18: Nivel de servicio global camionetas.....	185

Índice de figuras.

Figura 1: Flujo de procesos distribución Agrosuper S.A.	26
Figura 2: Departamentos Agrosuper S.A.	27
Figura 3: Organigrama departamento Planificación.	28
Figura 4: Diagrama proceso de venta.	29
Figura 5: Organigrama Departamento de ventas.	30
Figura 6: Imagen camionetas de distribución Huechuraba.	32
Figura 7: Diagrama proceso de distribución.	33
Figura 8: Mapa emplazamiento C.D y Plantas Procesadoras.	37
Figura 9: Mapa distribución Agrosuper Región Metropolitana.	38
Figura 10: Mapa distribución Agrosuper S.A Ruta lo Prado.	40
Figura 11: Configuración logística.	54
Figura 12: Sistema Logístico Tradicional.	55
Figura 13: Esquema red de distribución.	57
Figura 14: Esquema canales de distribución.	59
Figura 15: Esquema longitud canal.	60
Figura 16: Mapa Zonas de transporte Santiago.	62
Figura 17: Distribución para clientes con deposito en común.	74
Figura 19: Extracto base de datos.	91
Figura 20: Georreferenciación clientes.	91
Figura 21: Georreferenciación clientes por comuna.	92
Figura 22: Zonas de reparto Jorge Allar.	114
Figura 23: Imágenes descarga de pedidos.	118
Figura 24: Ilustración capa la Pintana.	119
Figura 25: Etapas modificación mapas 1.	120
Figura 26: Etapas modificación mapas 2.	120
Figura 27: Etapas modificación mapas 3.	121
Figura 28: Etapas modificación mapas 4.	122
Figura 29: Etapas modificación mapas 5.	123

Figura 30: Mapa distribución Recoleta.	124
Figura 31 : Mapas modificación Santiago Centro.	125
Figura 32: Distancia entre clientes ruta centro.	126
Figura 33: Mapa ruta centro.	128
Figura 34: Construcción grafo.	132
Figura 35: Grafo distribución ruta Lampa – Colina.....	133
Figura 36: Cálculo distancias entre clientes.	134
Figura 37:Extracto matriz ruta Lampa- Colina.....	135
Figura 38: Matriz distancias.	152
Figura 39: tiempo Ejecución ejercicio teórico.....	153
Figura 40: Matriz distancias día jueves.....	155
Figura 41: Solver lingo.....	156
Figura 42: Ruta final distribución lingo.	157
Figura 43: Ruta inicial distribución.	158
Figura 44: evolución zonas de transporte ruta 1.	173
Figura 45: Evolución zonas de transporte ruta 2.	179
Figura 46: Evolución zonas de transporte ruta 3.	183

Glosario

-Cartera: Nombre asignado a los clientes que integran la red de ventas de Agrosuper S.A. Forman parte de los bienes inmateriales de la empresa

-Crossdocking: Es un sistema de distribución donde las unidades logísticas son recibidas en una plataforma de alistamiento, donde posteriormente son preparadas para ser enviadas de la manera más inmediata.

-Fuga de clientes: Corresponde a los clientes que no siguen comprando a la empresa por diversos motivos.

-Fuga de kilos: Se desprende de los kilos dispuestos a la venta los cuales por diversos motivos no son vendidos y deben quedar almacenados.

-Layout: Corresponde a la disposición de los elementos dentro de un espacio físico.

-Lead time: Es el tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción hasta que se completa, incluyendo normalmente el tiempo requerido para entregar ese producto al cliente.

-Local no visitado: Local cerrado o sin dinero en efectivo.

-Nº de clientes no contactados: Corresponde a clientes que se les asignó venta a través del

-Nivel de servicio: Mide la eficiencia de entrega que presentan los vendedores.

-Picking: Es la preparación de pedidos que consiste en la coordinación, recogida y carga de los productos desde las cámaras de frío hasta los vehículos de transporte.

preventa y posterior a esto no realizaron el pago de la boleta.

-Línea Procesados: Segmentación que hace la empresa comprendida por los productos elaborados, Hortalizas y Congelados.

-Profundidad de productos: Corresponde a toda la variedad de productos que ofrecen por un determinado producto, con el fin de abarcar una mayor cantidad de clientes a satisfacer.

-Set-up: Es el tiempo de preparación o ajustes de una máquina o línea de producción antes de empezar una corrida de esta.

Lista de siglas y abreviaturas

BW: Software utilizado por Agrosuper S.A.

CD: Centro de Distribución.

F.O.: Función objetivo.

G.D: Grandes clientes.

KPI's: Key Performance Indicator (indicador clave de desempeño o indicador clave de rendimiento).

NS: Nivel de servicio.

S.A.: Sociedad Anónima.

S.N: Sin información.

SC: Santiago Centro.

TSP: Travel Salesman Problem.

VRP: Vehicle Routing Problem.

Introducción

La logística actúa como el conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, especialmente a lo concerniente de la distribución de procesos y/o productos. Sí se aplica una gestión eficiente en un negocio, se puede considerar como una ventaja competitiva ya que de su desarrollo nacen oportunidades de crecimiento y diferenciación hasta el propio consumidor.

Lo anterior es sumamente importante para la competitividad de las empresas y más aún cuando una función principal es la distribución de productos. En este contexto la investigación de operaciones cumple un papel fundamental debido a las diferentes metodologías que presenta y facilitan la planificación del transporte junto a la logística, como son los llamados “problemas de ruteo de vehículos”.

En un problema de ruteo de vehículos existen tres elementos principales: clientes, vehículos y depósitos. Los clientes corresponden a lugares que demandan ser visitados, los vehículos son el transporte para realizar dichas visitas y los depósitos constituyen los lugares de partida y regreso de los vehículos. Suele modelarse como problemas de optimización combinatoria, en los cuales existe un conjunto de restricciones y una función objetivo. Las restricciones se utilizan para modelar las diferentes características y limitaciones asociadas a los clientes, vehículos y depósitos, mientras que la función objetivo representa una medida del costo de cada una de las potenciales soluciones.

Agrosuper S.A realiza la distribución a través de los centros de distribución los productos a lo largo de todo Chile presentando como eje primordial un proceso productivo de integración vertical, integrando el control total desde la producción de alimentos, crianza del animal, faenación, envasado hasta finalmente llegar a la distribución en nuestro país y en el extranjero. Entre sus principales actividades económicas se encuentra la comercialización de productos crudos tales como pollo, cerdo, pavo, salmón y productos procesados comprendidos por elaborados, congelados y hortalizas.

Capítulo I: Descripción Empresa

El siguiente capítulo, presenta una breve descripción de la empresa y como participa actualmente en la industria nacional e internacional. Describiendo sus inicios, tipos de negocios, marcas entre otros.

1. Empresa

La historia de Agrosuper S.A ha estado marcada por la innovación, emprendimiento y aprendizaje donde Gonzalo Vial en el año 1955 comenzó con apego a la cultura local y regional las actividades de vender huevos frescos en la comuna de Doñihue, ubicada en la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

Cinco años más tarde el negocio se expande con la incorporación de crianza y venta de pollos vivos, dando así inicio en el año 1960 a la empresa alimenticia Super Pollo, convirtiéndose en los siguientes años en una marca trascendental en productos cárnicos a granel a lo largo del país. Dado el gran éxito logrado es que en el año 1974 se construye la primera Planta Faenadora "Lo Miranda" que incluye el procesamiento y posterior comercialización de carne de pollo a gran escala.

Dada la gestión en este negocio Agrosuper S.A impulsa un importante plan con el fin de expandir y diversificar sus productos, iniciando en 1983 la producción y faenación de cerdos, construyendo tres años más tarde la primera planta procesadora de carne de cerdo en el país donde al mismo tiempo incorporan la marca Super Cerdo. Posteriormente a comienzos de los años noventa la organización expande el negocio hacia el rubro de cecinas y salmón, bajo las marcas La Crianza y Los Fiordos respectivamente.

Transcurrido un tiempo la Planta procesadora de lo Miranda no da abasto con la alta demanda de productos, a causa de lo anterior es que en el año 1994 se incorpora la Planta Faenadora ubicada en San Vicente (Ruta 66) específicamente dedicada a la producción de Pollo, con esto comienza la exportación de carnes a países como Estados Unidos e Italia.

Con el objetivo de seguir creciendo a nivel local e internacional se incorpora una tercera Planta Faenadora ubicada en Rosario (Ruta H-50) produciendo un incremento de producción y mayor entrada de mercado de productos cárnicos de origen porcino.

En lo que respecta a las Plantas, cabe destacar que los productos a vender son producidos y elaborados bajo procedimientos similares, pero se encuentran diferenciados según planta de origen, sin embargo, los centros de producción están conformados como una sola

organización con productos y/o subproductos alimenticios que generan un resultado final de calidad homogénea.

Ya iniciado el nuevo siglo Agrosuper S.A consolida un proceso de expansión internacional, abriendo oficinas en los exigentes mercados de: Italia el año 2002, Estados Unidos el 2003, Japón el año 2004, México el 2005, China el 2009, Brasil el 2012. De esta manera, la empresa comercializa sus productos bajo el nombre de las siguientes marcas: Súper Cerdo, Súper Pollo, Súper Salmón, La Crianza, Santi, Andes Buta, Chao Ba, Súper Beef, Pollos King, Pancho Pollo, Sopraval. Donde de esta última recién toma el control total de la propiedad de la productora y comercializadora de pavos en el año 2011.

Agrosuper S.A desde el nuevo milenio utiliza una estrategia constante de integración vertical, es decir, tiene bajo su control desde la producción de alimentos, crianza animal, faenación, envasado hasta finalmente llegar a la distribución en todo el país. De esta forma asegura la calidad de sus productos generando ventajas competitivas como sinergia entre las distintas unidades de negocios, disminuir la volatilidad ante escenarios inciertos, asegurar la trazabilidad y calidad de sus productos.

1.2 Pilares Estratégicos

Como objetivo primordial para Agrosuper S.A. está asegurar que los productos alimenticios vendidos tanto dentro y fuera del país estén en excelentes condiciones de calidad y presentación, buscando fidelizar a sus clientes a través de relaciones confiables y duraderas. Por esto la empresa establece pilares estratégicos que sustentan el crecimiento de sus productos en Chile y el mundo los cuales se detallaran en los siguientes puntos.

1.2.1 Misión

Procurar alimentos para Chile y el mundo en forma sustentable e innovadora, creando valor junto a nuestros consumidores, trabajadores, inversionistas, vecinos y proveedores, bajo los más altos estándares de calidad, inocuidad y excelencia.

Fuente: Definida por Agrosuper S.A.

1.2.2 Visión

Ser una empresa líder a nivel mundial destacada por sus productos, buenas prácticas, innovación, trayectoria y excelencia en sus procesos. Caracterizada por la seriedad y sustentabilidad de su gestión, y deseada como uno de los mejores lugares para trabajar.

Fuente: Definida por Agrosuper S.A.

1.2.3 Ser Líderes del Desarrollo Agroindustrial

Agrosuper basa su liderazgo productivo y comercial en el desarrollo sustentable de sus productos y marcas junto a las comunidades vecinas, a través de un vínculo cercano y transparente con relaciones estrechas entre organización y clientes.

1.2.4 Ser Productores de Clase Mundial

La empresa cuenta con un modelo de integración vertical, lo que permite mantener el control y trazabilidad de sus insumos y productos, maximizando las economías de escala y facilitando la diversificación de los alimentos que produce.

1.2.5 Poseer Extensa Red de Distribución en Chile

La extensa red de distribución y canales de venta que Agrosuper ha construido le permiten acceder a más del 99% de la población del país con una cartera diversificada de clientes, acercando nuestros productos al consumidor final.

1.2.6 Ser Motor de Crecimiento

Las exportaciones se han fortalecido a lo largo del tiempo, posicionándose como una fuente de crecimiento importante para la empresa. Asegurar este nivel de crecimiento requiere mantener un estricto control sobre las medidas sanitarias del proceso productivo y

comercialización, con el objeto de asegurar la inocuidad del producto y conservar la relación con los mercados más exigentes del mundo.

1.3 Canales de Venta

Clientes y consumidores son parte íntegra de Agrosuper por tanto es necesario diferenciar la gran cantidad de clientes según su razón social, tipo de negocio y volúmenes de compra existiendo cuatro grandes canales de distribución.

1.3.1 Canal Supermercado

Tienen presencia Nacional y Regional de los cuales son clientes orientados al retail como las cadenas Super Mercados Unimarc (SMU), Walmart y Jumbo. Representan el mayor canal de ventas para la compañía entregando un tamaño de cartera de 75 clientes con un total de 1.344 salas abarcando un 46.3% de las ventas del negocio. Por otro lado, el año 2015 resultados arrojaron que el nivel de servicio ha ido mejorando pasando desde el puesto N°7 el año 2013 al N°4 el 2015.

1.3.2 Canal Foodservice

Actualmente atienden desde Arica a Punta Arenas, a más de 10.000 clientes, dentro de los cuales se encuentran Restaurantes, Hoteles, Cadenas de Fast Food, casinos e Instituciones, tanto públicas como privadas. Poseen un tamaño de cartera de 9.623 clientes abarcando un 10.2% de las ventas del negocio.

1.3.3 Canal Industrial

Son todos aquellos clientes que procesan los productos que les entrega Agrosuper como materia prima tales como cecinarías y procesadoras de alimentos. Presentan la cartera más pequeña con 270 clientes abarcando un 13.9% del negocio.

1.3.4 Canal Tradicional

Son clientes de formato más pequeños como almacenes, minimarkets y carnicerías. Presentan el tamaño de cartera más grande con un total de 49.042 clientes abarcando un 29,7% del negocio. Sobre el estudio de calidad de servicio presenta resultados el año 2015, arrojando niveles de servicios en mejora avanzando dos puestos desde el año 2013, ubicándose actualmente en el puesto N°7.

1.3.4.1 Segmentos Canal Tradicional

A los clientes del canal tradicional se les separa según sus órdenes de compra clasificándolos en las siguientes subdivisiones.

1.3.4.2 Especialista en procesados

Como su nombre lo indica, el ser especialista en procesados estos poseen varios proveedores de cecinas prefiriendo la negociación de precio en forma presencial. Estos clientes especializan su negocio pensando en la rotación y rentabilidad de espacios, donde por lo general son ordenados y tienen buena visibilidad de sus productos. Presentando un Layout pensando en una buena rotación, ofreciendo variadas marcas de un mismo producto.

Sus KPI más relevantes son N° clientes elaborado, Fuga Kilo Cecinas y profundidad cecinas.

1.3.4.3 Emprendedor

Este tipo de cliente trabaja habitualmente con un sólo proveedor por categoría comprando a precio de mercado y ofreciendo una variada gama de productos por lo que rara vez posee espacio suficiente para aumentar la variedad de marcas que ofrece.

Al tener un solo proveedor un emprendedor es un cliente muy fiel con la empresa cuando recibe un buen nivel de servicio, enfocándose en el espacio físico de su local donde lo más probable es que nos encontremos con un lugar pequeño anexo a su vivienda, contando con

una precaria o escasa capacidad de almacenamiento de stock. Sus KPI más relevantes son N° clientes no contactados, fuga de clientes y nivel de servicio.

1.3.4.4 Multiespecialistas

Estos clientes por lo general poseen máquinas exclusivas para sus productos, teniendo un mesón para crudos, otro para cecinas y una máquina de congelados ofreciendo una infraestructura adecuada. Estos clientes trabajan con varios proveedores, por lo tanto, tienen gran poder a la hora de negociar comprando al mes aproximadamente cinco veces procesados y ocho veces crudos, teniendo un promedio de facturación mensual de \$30.000 y \$153.000 respectivamente.

Para un multiespecialista la rotación de sus productos es lo más importante, por lo que siempre está gestando ofertas a público. Sus KPI más importantes son profundidad de productos y fuga de kilos.

1.4 Marcas

Agrosuper S.A es un holding de variadas empresas que se diferencian entre si según el tipo, desarrollo y producción de sus productos buscando consolidar el nombre de sus marcas en el mercado. Cada una de éstas se dedica a la producción de Pollos, Cerdo, Pavo, Cecinas, Congelados, Elaborados y Hortalizas encargadas de llevar los requerimientos de consumo de la población, siendo por lo anterior que la empresa está en constante innovación y desarrollo de productos acorde a la necesidad de sus consumidores, entregando precios convenientes a través de una amplia red de distribución, en conjunto del apoyo permanente de campañas publicitarias y material promocional.

Las marcas más importantes y con mayor participación en el mercado que posee Agrosuper S.A se detallan a continuación:

1.4.1 Super Pollo

En nuestro país el mercado de pollos se encuentra liderada por Agrosuper S.A con la marca Super Pollo siendo una marca transversal ofreciendo productos para cada oportunidad. Por consiguiente, registran ventas anuales alrededor de US\$545 millones que representan un 32% de la participación a nivel de negocio siendo líderes en conocimiento y preferencia. En este rubro sus principales canales de comercialización nacional a diciembre de 2015 fueron Supermercados con un 51,1% y Tradicional con un 29,9% Foodservice que representó un 14,9% de las ventas.

1.4.2 Super Cerdo

Super Cerdo ha logrado posicionarse como marca a nivel nacional presentando la planta procesadora más moderna del país ubicada en la comuna de Requínoa VI Región produciendo alrededor de 170.000 porcinos por mes. Dado lo anterior registran ventas anuales de US\$500 millones el año 2015 que representan un 38% de participación a nivel de negocio. La venta del negocio de cerdos estuvo principalmente dirigida al canal Supermercados (37,8%) seguido muy de cerca por el canal Tradicional (31,4%).

1.4.3 Sopraval

A comienzos del año 2011 Agrosuper S.A toma el control total de la propiedad de la productora y comercializadora Sopraval comenzando junto a los otros productos cárnicos a comercializar a diversos países. En nuestro país las ventas totales alcanzaron los US\$ 232 millones en 2015, teniendo un 68% de participación de mercado con una producción anual de 51.000 Toneladas lo que representa un crecimiento anual de 42,1% respecto al mismo período de 2014 siendo los principales canales de venta Industriales con un 41,5% de la venta y Supermercados con un 34,5%.

1.4.4 Super Salmón

En el año 1989 se creó la pesquera los fiordos tomando la oportunidad de auge de explotar el negocio de salmón aprovechando la experiencia que Agrosuper S.A obtuvo con cerdo, pollo y pavo. Iniciaron las operaciones produciendo salmón Coho y Trucha, diez años más tarde introdujeron la producción de salmón Atlántico y hoy se dedican al desarrollo, desove, engorda, procesamiento y comercialización de estas tres especies en grandes volúmenes. Cuentan con una Planta de alimentos, lo que les permite manejar un proceso integrado completo y asegurar la calidad y sustentabilidad de sus productos.

En cuanto a las ventas totales el año 2015 alcanzaron los US\$213 millones, lo que representa una disminución de un 37,3% respecto del 2014 producto del Virus ISA siendo los principales canales de distribución Supermercados, con un 59,4%, Tradicional, con un 21,3% y Foodservice con un 19,1%.

1.4.5 La Crianza

Esta marca tiene su planta procesadora en la Región Metropolitana que produce 3 millones de toneladas anuales, siendo una de las mayores estaciones que fabrican cecinas a nivel nacional.

Los procesos son regidos por estrictas reglas u normas de calidad e higiene, las que van desde la selección de carnes a procesar hasta el envase o embalaje a utilizar teniendo como principal objetivo producir los mejores procesados a nivel nacional ofreciendo a sus consumidores una alternativa de alimentación de máxima calidad.

1.5 Proceso Distribución.

Para comprender el proceso de distribución que realiza Agrosuper S.A a los clientes del canal Tradicional en la Región Metropolitana es necesario identificar los procesos y actores involucrados que participan activamente a lo largo de la cadena de suministro como se muestra en la figura 1 a continuación.

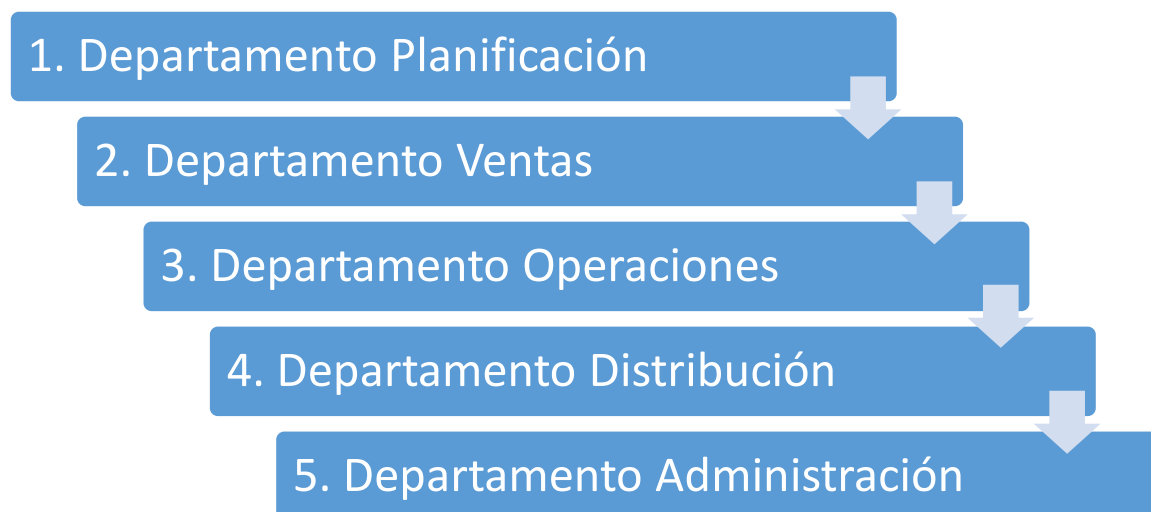
Figura 1: Flujo de procesos distribución Agrosuper S.A.



Fuente: Elaboración Propia

1.5.1 Departamentos involucrados en el proceso

Existen diversos departamentos en cada centro de distribución que participan activamente para que el proceso de venta y reparto sea realizado en forma eficiente y constante. Con el fin que el proceso global funcione positivamente debe existir coordinación y relación directa a través de los distintos departamentos entre los que podemos identificar:

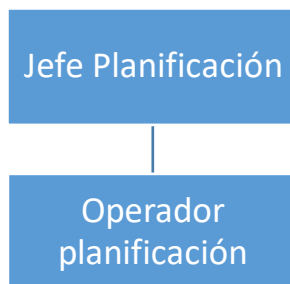
FIGURA 2: DEPARTAMENTOS AGROSUPER S.A.

Fuente: Elaboración Propia

1.5.1.1 Departamento Planificación:

Área encargada de realizar la proyección de la demanda diaria, semanal y mensual según los datos históricos correspondientes a las ventas realizadas.

Una vez establecida la demanda necesaria para cubrir la cuota de pedidos perteneciente a cada sucursal, se deriva la orden de producción a las distintas plantas productoras de crudos, congelados y elaborados que posee Agrosuper S.A a lo largo del país. Para que este proceso pueda ser realizado en forma eficiente, existen distintos cargos entre los que se encuentran:

FIGURA 3: ORGANIGRAMA DEPARTAMENTO PLANIFICACIÓN.

Fuente: Elaboración propia

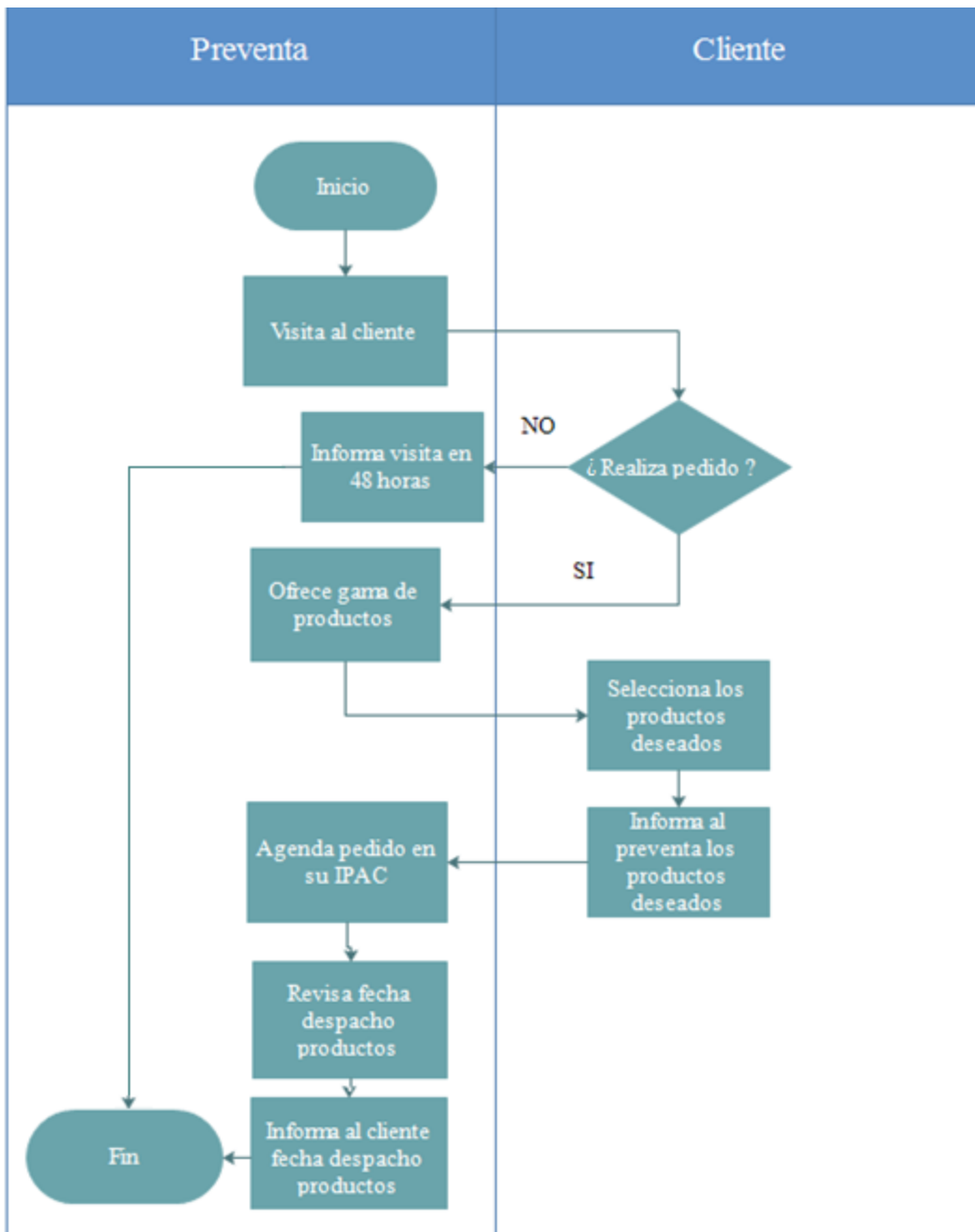
- **Jefe Planificación:** Personal encargado de controlar las actividades planificadas y que estas sean ejecutadas. Entre sus funciones se encuentra dirigir y efectuar los requerimientos de materias primas, insumos y productos necesarios para la producción, además tiene la responsabilidad de mantener actualizada la información histórica de pedidos.

- **Operador Planificación:** Personal encargado de elaborar la planificación diaria, semana, mensual y anual de la producción. También entre sus funciones se encuentra mantener los stocks de productos disponibles.

1.5.1.2 Departamento Ventas:

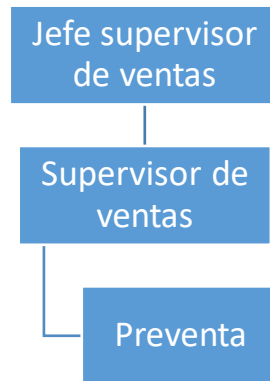
Área encargada de realizar la venta directa a los clientes de las distintas comunas de la Región Metropolitana antes de realizar el proceso de distribución. Este departamento se encarga de ofrecer a los clientes los distintos productos comercializados por Agrosuper S.A. con el fin de establecer una relación directa con el cliente y así poder expandir el abanico de productos que estos adquieren. Mediante la figura 4 se ilustró el diagrama del proceso de venta:

FIGURA 4: DIAGRAMA PROCESO DE VENTA.



Fuente: Elaboración propia

Para que este proceso pueda ser realizado en forma eficiente, existen distintos cargos que tienen la tarea de establecer el correcto funcionamiento, entre los que se encuentran:

FIGURA 5: ORGANIGRAMA DEPARTAMENTO DE VENTAS.

Fuente: Elaboración propia

- **Jefe supervisor de venta:** Personal encargado de inspeccionar el trabajo realizado por los supervisores de ventas, implementando las metas propuestas por la alta dirección para el área de ventas.
Tiene la mayor responsabilidad en el proceso de venta, por ende, su preocupación recae en el óptimo funcionamiento y el cumplimiento de las metas propuestas. Es designado un jefe supervisor por cada centro de distribución.
- **Supervisor de venta:** Personal encargado de supervisar el trabajo realizado por los preventas, participando activamente en los problemas presentados día a día en el proceso de venta y distribución. Su trabajo consiste en guiar la fuerza de venta asignada a cada zona de la Región Metropolitana.
- **Preventa:** Personal encargado de realizar la venta directa de los distintos productos a los clientes pertenecientes al segmento tradicional. Su misión consiste en establecer una relación directa con el cliente con el fin que éste adquiera la mayor cantidad de productos y exista fidelización hacia la marca. Es designado un preventa por cada tres zonas de transporte de la Región Metropolitana, atendiendo un promedio diario de 30 a 35 clientes.

1.5.1.3 Departamento Operaciones:

Área encargada de organizar y llevar a cabo las operaciones correspondientes a la recepción de carga en el CD, operaciones en el sector de almacenaje (Bodegas a baja temperatura), agrupar los productos en un orden lógico, procesos de carga y descarga de camionetas.

Para que este proceso pueda ser realizado en forma eficiente, existen distintas funciones a cargo de los trabajadores del área descrita, con el fin de lograr una óptima gestión que impacte en forma positiva el proceso global, entre los que se encuentran:

- **Jefe operaciones:** Personal encargado del manejo global de la logística interna y externa del CD. Siendo responsable del control de todas las actividades internas de Agrosuper S.A, estableciendo contacto directo entre el personal de operaciones y la gerencia.
Entre sus funciones radica el manejo del presupuesto total de las operaciones.
- **Administrador operaciones:** Personal encargado de realizar el movimiento de mercancías según los pedidos designados por la fuerza de venta, es decir, es quien ordena la preparación de la carga según corresponda a los requerimientos.
- **Jefe bodega:** Personal encargado de supervisar el trabajo realizado por los operarios de bodega, realizar control de inventario, registrar productos que ingresan a la bodega, reportar daños en procesos de carga y descarga de productos.
- **Personal operario de bodega:** Personal encargado de realizar el movimiento de productos al interior de la bodega de almacenamiento perteneciente a cada CD. Entre las tareas se encuentran la carga y descarga de productos hacia las camionetas, armado de pallets, distribución de la carga en el interior de la bodega.

1.5.1.4 Departamento de Distribución:

Área encargada de realizar la distribución de los productos, siendo posterior a la fase de ventas. El proceso se lleva a cabo mediante la asignación de vendedores a distintos sectores de cada comuna, con el fin de entregar a los clientes productos adquiridos ya sea a través de call center o preventas en un lapso de 48 horas posterior a la venta.

Esta distribución es realizada mediante camionetas equipadas con una cámara de frío cuya temperatura varía entre 0 a 5 grados Celsius, con un máximo de 1.000 kg establecida por Agrosuper S.A.

En la siguiente figura 6 se puede observar las camionetas utilizadas para la distribución, pertenecientes a la sucursal Huechuraba:

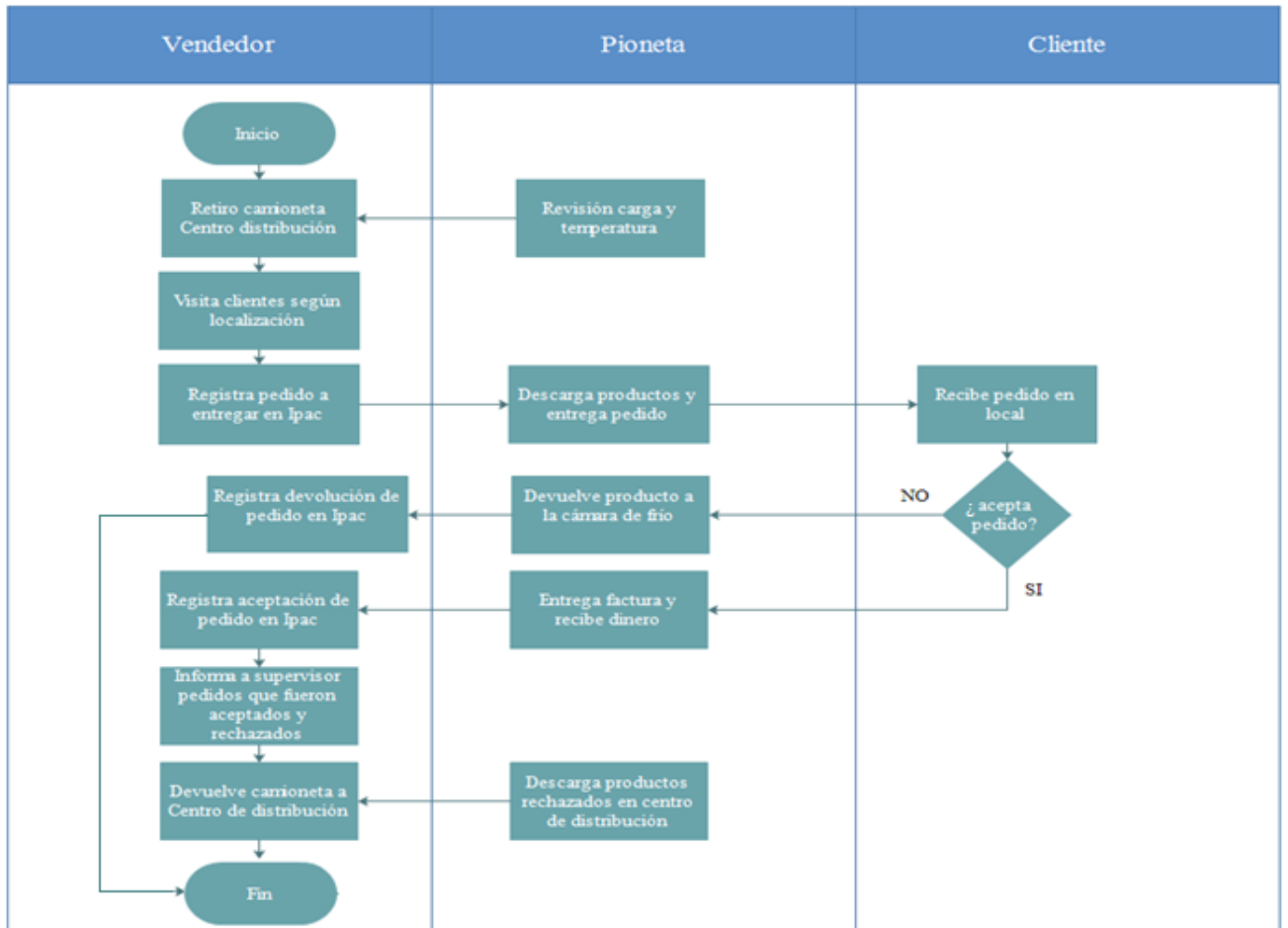
FIGURA 6: IMAGEN CAMIONETAS DE DISTRIBUCIÓN HUECHURABA.



Fuente: Imagen obtenida en terminal de descarga.

El proceso de distribución es un pilar fundamental para la empresa, ya que su responsabilidad recae en entregar al cliente un producto con una temperatura adecuada, en el tiempo propuesto y en óptimas condiciones. Mediante la figura 7 se ilustró el diagrama del proceso de distribución:

FIGURA 7: DIAGRAMA PROCESO DE DISTRIBUCIÓN.



Fuente: Elaboración propia.

Los participantes involucrados directamente en el proceso de distribución son:

- **Operador Logístico:** Personal encargado de asignar los pedidos realizados por los preventas según sea el sector a los vendedores. Su misión es informar a los vendedores la cantidad de clientes a visitar y los kilos que serán cargados en las distintas camionetas.

También es quien consolida los pedidos realizados por la fuerza de venta, realizar las operaciones de recibo y despacho de productos.

- **Vendedor:** Personal encargado de conducir la camioneta asignada para la distribución. Su misión es llevar los productos desde el CD hacia los distintos clientes y reunir el dinero correspondiente al pedido.
En promedio se les asignan 3 zonas de reparto en conjunto con cada preventa, con el fin de establecer una relación directa entre vendedor-preventa por zona de transporte.
- **Pioneta:** Personal encargado de acompañar al vendedor (chofer), quien realiza la labor de retirar los productos de la cámara de frío de las camionetas y entregarlo directamente al cliente. Su misión radica en agilizar el proceso de entrega para que el vendedor solo se preocupe de conducir y recibir el dinero.
Se designa 1 pioneta por camioneta el que es reclutado por el propio vendedor, ya que es de suma importancia el conocimiento del sector a repartir.
- **Preventa:** Personal encargado de ofrecer toda la gama de productos siendo el nexo visible directo entre el cliente y la empresa. Por otro lado, ayuda al proceso de distribución en caso de que el pedido no corresponda a lo solicitado o exista algún problema en particular comunicándose directamente con el cliente.

1.5.1.5 Departamento de Administración:

Área encargada realizar la programación, organización y control de R.R.H.H, financieros y materiales, así como los servicios generales de la Dirección.

Realiza la programación de presupuestos organizacional y los recursos financieros disponibles en Agrosuper S.A.

- **Jefe Administración:** Personal encargado de diseñar, proponer y aplicar las políticas, normas e instrucciones al interior de la organización. Entre sus funciones se encuentra la administración de remuneraciones, reclutamiento,

selección, capacitación, evaluación del personal y desvinculación, velando por la correcta y uniforme aplicación de las normas legales y reglamentarias en materia de derechos, beneficios, obligaciones, deberes e incompatibilidades del personal.

Por último, se encarga de dirigir y controlar el manejo de activo físico y control de inventarios.

- **Personal Administración:** Personal encargado de realizar análisis de cuentas corrientes de los distintos clientes que hacen pedidos a través de los preventas para así verificar si este se encuentra activo y sin deuda. Otra función corresponde a la revisión de facturas realizada por los preventas donde si existiesen problemas deben informar al jefe administrativo. Por último, esta área se encarga de desarrollar análisis de mermas de la sucursal.

Capítulo II: Planteamiento del problema

En este capítulo se describe la situación actual, el problema y sus consecuencias a resolver en el trabajo de memoria.

2. Descripción General

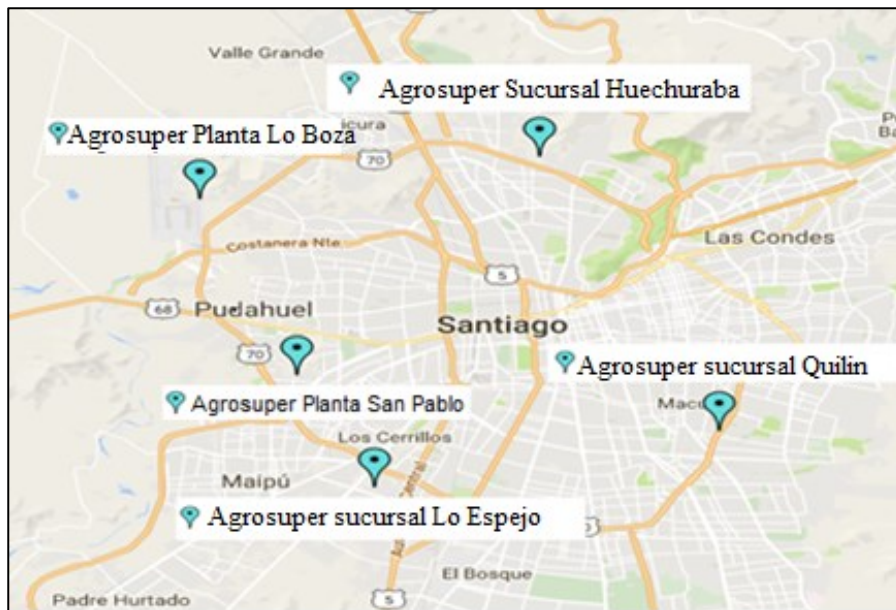
La distribución para los clientes del canal tradicional de Agrosuper S.A en la Región Metropolitana se basaba en el reparto directo desde las Plantas “San Pablo” y “Lo Boza” en conjunto con tres Centros de Distribución ubicados estratégicamente en Santiago, lo cuales estaban disponibles para los más de 9.000 clientes repartidos en las 37 comunas que conforman la ciudad.

Desde mediados del año 2016 la organización realizó un cambio en su sistema de distribución de productos procesados, mediante la eliminación de las entregas que efectuaban las Plantas San Pablo y Lo Boza con el propósito de eliminar las funciones innecesarias que realizaban como centro de distribución y funcionar netamente como planta de procesos.

Los pedidos que eran despachados desde las plantas pasaban directamente a los tres CD existentes que son: Quilín - Huechuraba – Lo Espejo, emplazados estratégicamente permitiendo abarcar todas las comunas y clientes de la Región.

En la figura 8 correspondiente a la Región Metropolitana se aprecia la localización de los tres Centros de Distribución actuales en conjunto a las plantas procesadoras.

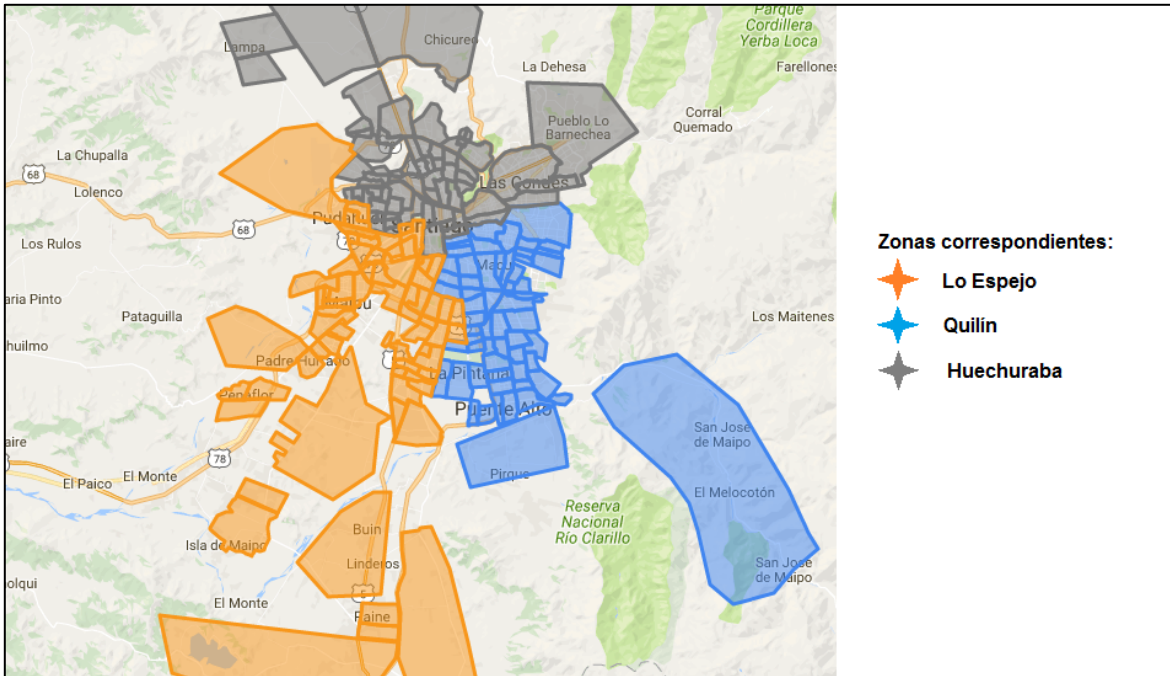
FIGURA 8: MAPA EMPLAZAMIENTO C.D Y PLANTAS PROCESADORAS.



Fuente: mapcity.com/Agrosuper S.A.

Por otro lado, como la Región Metropolitana es extensa, es necesario sectorizar por comunas para que las camionetas de reparto no recorran largas distancias en un día de entrega, esto se hace acorde a su CD correspondiente. Es por esto, que en la figura 9 se detalla la separación que corresponde a cada centro de distribución.

FIGURA 9: MAPA DISTRIBUCIÓN AGROSUPER REGIÓN METROPOLITANA.



Fuente: mapcity.com/Agrosuper S.A.

Para lograr entregas efectivas, Agrosuper S.A asigna a sus CD distintas comunas como se muestra en la Figura 9, de las cuales se subdividen en zonas de reparto con el propósito de poseer un mayor orden al momento de hacer entrega de pedidos. Por consiguiente, en la tabla 1 se muestra el detalle de las comunas correspondientes a cada centro de despacho.

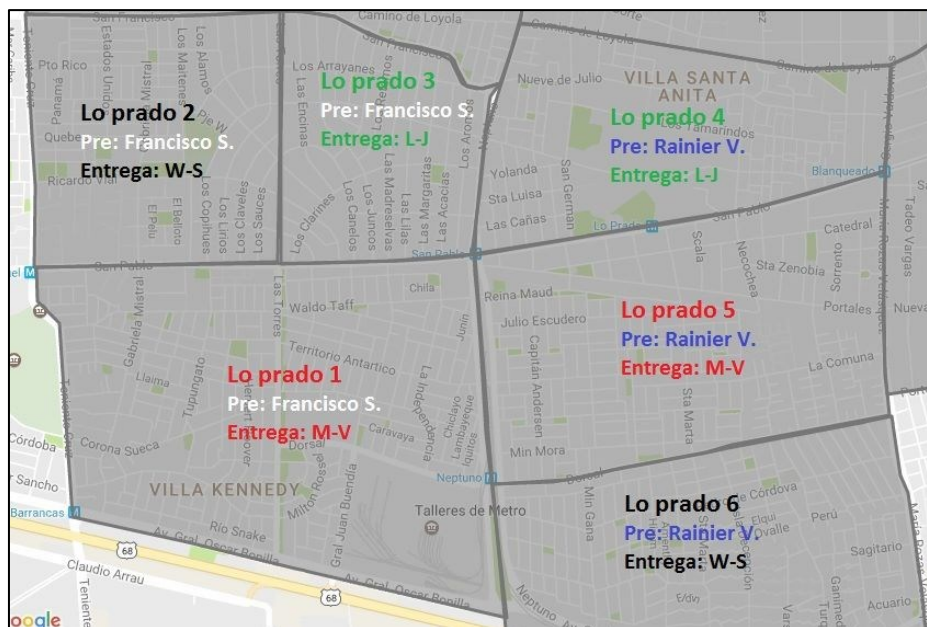
TABLA 1: COMUNAS POR CADA CENTRO DE DISTRIBUCIÓN R.M.

Centro 1	Comuna	Centro 2	Comuna	Centro 3	Comuna
Huechuraba	Cerro Navia	Quilín	La Florida	Lo Espejo	Alto Jahuel
	Colina		La Granja		Buín
	Conchalí		La Pintana		Calera de Tango
	Huechuraba		La Reina		Cerrillos
	Independencia		Macúl		El Bosque
	Lampa		Ñuñoa		Estación Central
	Las Condes		Peñalolén		Isla de Maipo
	Lo Barnechea		Puente Alto		La Cisterna
	Lo Prado		San Joaquín		Lo Espejo
	Providencia		San Miguel		Maipú
	Quilicura		Santiago		Padre Hurtado
	Quinta Normal				Paine
	Recoleta				Pedro Aguirre. C
	Renca				Peñaflor
	Santiago				Pudahuel
					San Bernardo
					San Ramón

Fuente: Base de datos Agrosuper S.A.

Como se mencionó con anterioridad las zonas de reparto corresponden a subdivisiones de cada comuna, permitiendo agrupar de mejor manera a los clientes, asignando por cada zona de reparto dos preventas y un vendedor, quienes realizan labores de ofrecer la gama de productos a los almacenes y coordinar la posterior distribución.

En el siguiente ejemplo referente a la comuna de Lo Prado perteneciente al centro de distribución Huechuraba, se muestra a sus respectivos preventas, vendedor y día de entrega correspondiente a cada zona de reparto.

FIGURA 10: MAPA DISTRIBUCIÓN AGROSUPER S.A RUTA LO PRADO.

Fuente: mapcity.com/ Agrosuper S.A

TABLA 2: EXTRACTO ZONAS DE TRANSPORTE POR VENDEDOR.

CD	Comuna	Zona Transporte	Preventa	Vendedor
Huechuraba	Lo Prado	Lo Prado 1	Francisco Santander	Daniel Santana
Huechuraba	Lo Prado	Lo Prado 2	Francisco Santander	Daniel Santana
Huechuraba	Lo Prado	Lo Prado 3	Francisco Santander	Daniel Santana
Huechuraba	Lo Prado	Lo Prado 4	Rainier Valdivia	Daniel Santana
Huechuraba	Lo Prado	Lo Prado 5	Rainier Valdivia	Daniel Santana
Huechuraba	Lo Prado	Lo Prado 6	Rainier Valdivia	Daniel Santana

Fuente: Elaboración propia

2.1 Descripción del problema

La cartera de productos en la sección “procesados” está constituida por hortalizas, elaborados y congelados, donde la distribución es realizada actualmente por 40 camionetas que soportan un máximo de carga correspondiente a 1.500 kg pero que Agrosuper S.A establece un promedio máximo de 1.000 kg, abarcando diariamente distintas zonas de reparto asignadas por el plan de ruta correspondiente.

Debido a la eliminación del despacho desde las Plantas San Pablo y Lo Boza, se han presentado dos problemas en la logística de distribución los que se nombran a continuación:

1. Bajo número de visitas en rutas de transporte, generan amplia capacidad ociosa en cámaras de frío de las camionetas.
2. Aumento en el costo de distribución por KG.

2.1.1 Bajo número de visitas en rutas de transporte.

La distribución de productos de Agrosuper S.A en la Región Metropolitana busca satisfacer de la mejor manera posible las necesidades de sus clientes, es decir, entregar los productos en la fecha, tiempo y condiciones que se ha prometido. Para ello, el modelo logístico que se lleva a cabo se basa en otorgar a los vendedores una determinada cantidad de clientes pertenecientes a cada zona. Siendo trascendental que el número de clientes diariamente sea alto, ya sea para aprovechar al máximo la capacidad en las cámaras de frío de las camionetas, como también la utilización adecuada en el número de los vehículos mencionados.

Mediante la siguiente tabla se puede observar el número de visitas referente a los 40 vendedores de camionetas en la Región Metropolitana, comprendido entre los meses de agosto y diciembre del año 2016. Detallándose los seis días hábiles que trabaja la empresa, feriados y día de inventario.

TABLA 3: NÚMERO DE VISITAS TOTALES POR SEMANA.

Mes	Semana	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Agosto	32	879	854	1.146	1.009	1.126	896
Agosto	33	Feriado	808	1.129	1.122	1.167	892
Agosto	34	849	785	509	944	1.224	1.075
Agosto	35	874	804	1.162	1.226	1.317	1.094
Septiembre	36	877	784	1.240	1.252	1.292	1.127
Septiembre	37	993	824	1.186	1.113	1.289	1.144
Septiembre	38	Feriado	850	1.297	1.210	1.272	736
Septiembre	39	1.015	576	512	897	1.208	1.221
Octubre	40	1.046	884	1.225	1.291	1.417	849
Octubre	41	938	770	1.292	1.272	1.358	1.023
Octubre	42	Inventario	946	784	1.133	1.270	1.198
Octubre	43	1.060	926	1.290	1.288	1.373	1.197
Noviembre	44	Feriado	Feriado	1.255	1.319	1.393	1.170
Noviembre	45	789	1.051	889	594	1.271	1.384
Noviembre	46	1.132	927	1.271	1.247	1.334	1.236
Noviembre	47	1.020	937	1.174	1.262	1.398	1.200
Diciembre	48	1.165	913	1.324	1.301	1.386	1.259
Diciembre	49	1.134	971	1.301	Feriado	S.N	S.N

Fuente: Extracto base Agrosuper S.A

Mediante la obtención del número de visitas en los meses mencionados se puede establecer el promedio de visitas diario (no se consideran en el promedio los días feriados e inventario), donde esta media aritmética se divide por el número total de vendedores (40). Detalle que se traduce en la tabla 4.

TABLA 4: PROMEDIO TOTAL DE VISITAS POR DÍA.

Visitas	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Promedio total	984	859	1.110	1.146	1.300	1.100
Promedio vendedor	25	21	28	29	32	28

Fuente: Elaboración propia

Agrosuper S.A establece un número promedio diario de 41 visitas, valor que no se ajusta a ningún día de la semana, promediando un máximo de 32 visitas para el día viernes, día con mayor demanda. Es por este motivo que se buscó aumentar el número de visitas para satisfacer de mejor manera la demanda diaria.

Posterior al cálculo del número promedio de visitas diario por vendedor, se obtiene el número de kilos totales entregados por los 40 vendedores detallado en la tabla 5:

TABLA 5: TOTAL KILOS POR SEMANA.

Mes	Semana	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Agosto	32	15.133	15.330	23.291	18.543	23.146	18.429
Agosto	33	Feriado	16.495	20.365	17.504	19.229	17.402
Agosto	34	15.330	15.247	7.392	19.401	22.961	21.585
Agosto	35	13.308	12.864	21.084	22.069	24.211	21.313
Septiembre	36	13.624	15.218	20.634	22.615	24.844	22.662
Septiembre	37	17.958	16.315	23.169	21.961	25.834	23.813
Septiembre	38	Feriado	16.287	26.101	21.301	23.773	12.201
Septiembre	39	19.494	8.413	8.224	16.002	23.483	19.854
Octubre	40	16.363	15.037	22.351	23.238	25.691	13.338
Octubre	41	14.591	14.831	22.905	21.732	26.795	20.091
Octubre	42	Inventario	19.214	12.589	19.179	23.880	25.089
Octubre	43	18.663	16.504	23.932	22.463	26.541	20.510

Noviembre	44	Feriado	Feriado	23.465	25.462	28.230	22.350
Noviembre	45	13.699	21.734	14.935	10.690	26.268	26.661
Noviembre	46	23.268	18.876	23.343	23.598	25.666	22.437
Noviembre	47	16.676	15.736	19.582	21.129	25.100	21.840
Diciembre	48	19.557	16.030	23.259	23.436	24.780	21.310
Diciembre	49	17.850	16.505	26.332	Feriado	S.N	S.N

Fuente: Extracto base Agrosuper S.A

Como se mencionó con anterioridad las camionetas soportan un máximo de 1.500 kg c/u, pero la empresa establece un promedio máximo de carga de 1.000 kg ya que no es posible utilizar al máximo la capacidad de la cámara de frío, valor que se traduce en 40.000 kg que pueden ser transportados por los 40 vendedores si es usado diariamente el máximo establecido en los frigoríficos, condición que no se cumple.

Al obtener el promedio de kg entregados diariamente por las 40 camionetas y el total de kilos que deberían ser transportados, se obtienen la capacidad de la cámara de refrigeración no utilizada, llamada capacidad ociosa.

Mediante la tabla 6 se detalla el escenario descrito:

TABLA 6: KILOS Y CAPACIDAD UTILIZADA.

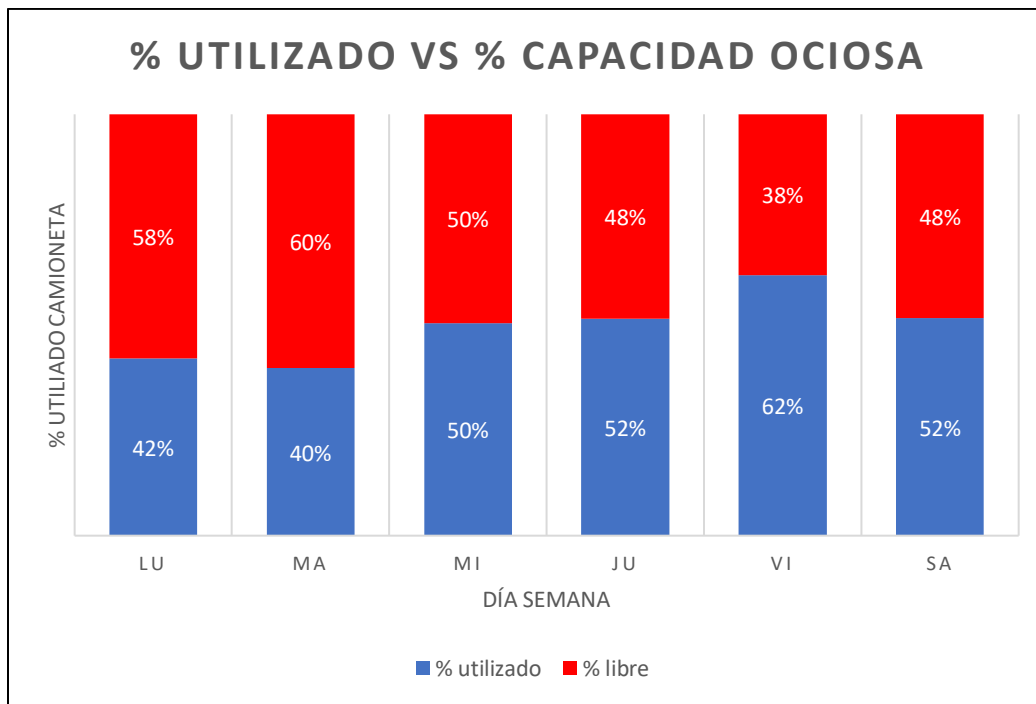
Kilos	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Kilos totales	235.514	270.636	362.953	350.323	420.432	350.885
Promedio kilos	16.822	15.920	20.164	20.607	24.731	20.640
Kilos máximos	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000
Capacidad utilizada	42%	40%	50%	52%	62%	52%
Capacidad ociosa	58%	60%	50%	48%	38%	48%

Fuente: Análisis propio base de datos Agrosuper S.A

En la tabla 6 se puede observar que el mayor promedio de kilos transportados pertenece al día viernes, presentando una menor capacidad ociosa. Por otro lado, el día con menor promedio de kilos transportados corresponde al martes ya que los almacenes aún poseen stock de productos del fin de semana.

Para comprender de mejor manera lo planteado se realizó una gráfica donde se puede observar el % de utilización de las cámaras de frío en contraste al % de capacidad ociosa en las 40 camionetas, correspondiente a los días hábiles de la empresa.

GRÁFICA 1: PORCENTAJE CAPACIDAD OCIOSA VS PORCENTAJE UTILIZADO.



Fuente: Análisis propio base de datos Agrosuper S.A

En la gráfica 1 se puede observar el día con mayor % de utilización en las cámaras de frío, que corresponde al día viernes. Esto se debe principalmente al abastecimiento que realizan los almacenes para abordar las ventas del fin de semana.

Otro punto importante que refleja la gráfica es la alta capacidad ociosa que se sitúa con un promedio total semanal del 50,3%, reflejando un problema en la cantidad de kilos que son transportados en las cámaras de frío.

Como se ha mencionado con anterioridad, Agrosuper S.A establece un plan diario de visitas efectivo cercano a 41 clientes por vendedor. Esto generaría la utilización correcta en las cámaras de frío de las camionetas y la cantidad correcta en el número de camionetas utilizadas para la entrega.

2.1.2 Aumento en el costo de Distribución por KG

Desde la nueva implementación en la distribución de productos, Agrosuper S.A ha detectado un incremento considerable en el costo de transporte por kg. Este costo representa el cociente entre el total pagado por las camionetas y los kilos totales transportados.

$$\frac{\text{Costo camionetas}}{\text{Kilos transportados}} = \text{Costo de distribución por kg}$$

Para la empresa un costo ideal de transporte por cada kg debe ser cercano a \$85 pesos. En las siguientes tablas se puede observar el costo por kg para los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2015 y 2016, obtenidos mediante el análisis de datos históricos.

TABLA 7: COSTO DE DISTRIBUCIÓN POR KG AÑO 2015.

Variable	Septiembre	Octubre	Noviembre
Kilos transportados	428.571	434.783	444.444
Número de camionetas	30	30	30
Costo 1 camioneta	\$2.000.000	\$2.000.000	\$2.000.000
Costo 30 camionetas	\$60.000.000	\$60.000.000	\$60.000.000
Costo de distribución unitario	\$140	\$138	\$135

Fuente: Análisis propio base de datos Agrosuper S.A

Luego de representar los costos para el año 2015 se presenta el costo de distribución para el 2016 en la tabla 8:

TABLA 8: COSTO DE DISTRIBUCIÓN POR KG AÑO 2016.

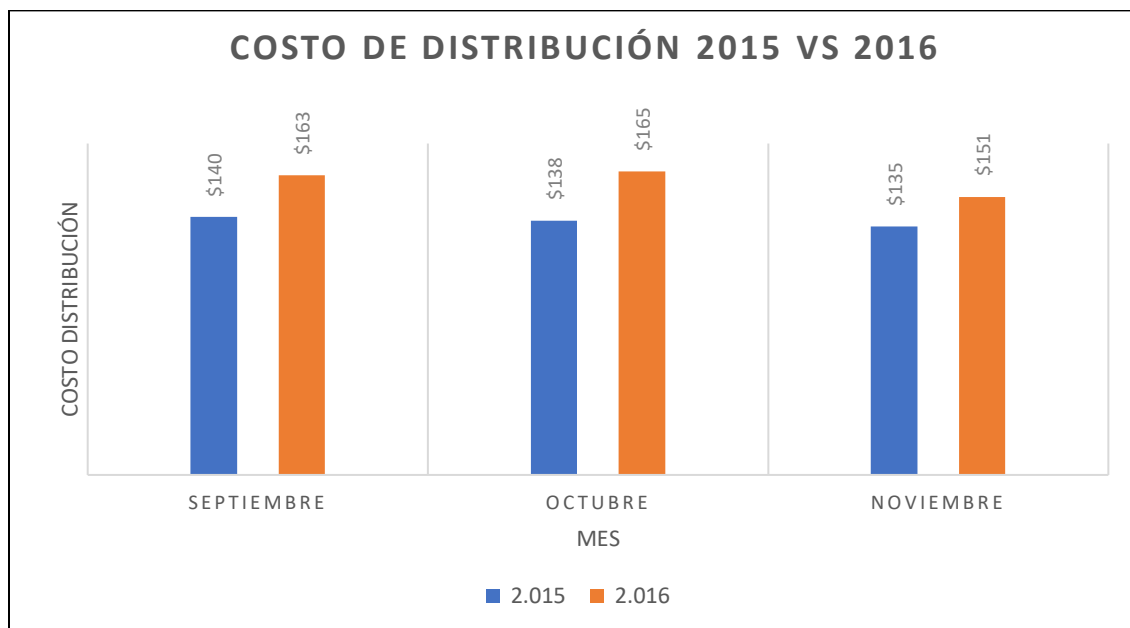
Variable	Septiembre	Octubre	Noviembre
Kilos transportados	491.519	485.381	529.591
Días trabajados	25	24	25
Número de camionetas	40	40	40
Costo 1 camioneta	\$2.000.000	\$2.000.000	\$2.000.000
Costo 40 camionetas	\$80.000.000	\$80.000.000	\$80.000.000
Costo de distribución unitario	\$163	\$165	\$151

Fuente: Análisis propio base de datos Agrosuper S.A

En la tabla 8 se puede observar el costo de distribución promedio por kg, el detalle de los días trabajados y el costo total de arriendo mensual por las 40 camionetas para satisfacer la demanda en la Región Metropolitana en el año 2016.

Posterior a la eliminación de la distribución realizada por las Plantas San Pablo y Lo Boza, el número de camionetas se incrementó de 30 a 40, provocando un aumento en el costo de distribución por kg.

Para comprender de mejor manera lo detallado, se realizó el siguiente gráfico comparativo entre el costo por kg del año 2015 y el año 2016.

GRÁFICA 2: COSTO DISTRIBUCIÓN POR KG 2015 VS 2016.

Fuente: Análisis propio base de datos Agrosuper S.A

En la gráfica 2 se puede observar un incremento en el costo por kg comparado entre el año 2015 y 2016.

El costo mensual de camionetas se obtiene del cálculo en base a las 40 camionetas con un costo promedio de \$2.000.000 c/u. Por otro lado, el costo de transporte se encuentra sobre lo estimado por Agrosuper S.A debido principalmente a un bajo uso de la capacidad de las cámaras de frío.

Los factores que se relacionan directamente con el alto costo de distribución, radican en que los productos dispuestos para despacho final a los clientes no integran una ruta previamente diseñada para su distribución, por ejemplo, continuamente las camionetas deben realizar entregas en zonas de reparto asignadas para otros centros de distribución de la Región Metropolitana, generándose la entrega de los productos mediante las camionetas según los conocimientos del vendedor asignado a la zona, lo que produce grandes conflictos al momento de asignar un vendedor a otra zona de transporte.

Agrosuper S.A. al no tener rutas establecidas para repartir, genera consecuencias que se mencionan a continuación:

- *Costos de combustibles:* El costo de combustible es un factor al momento de establecer rutas, ya que se requiere diariamente de su uso para poder transportar los productos y que estos se mantengan en frío. Por lo tanto, es importante para la empresa mantener estos costos dentro de un margen que no supere un 15% de los costos de distribución.
- *Variabilidad de puntos a visitar:* La empresa al presentar diariamente distintos clientes a repartir se vuelve complejo determinar una ruta correcta a seguir, incluso siendo el propio chofer quien decide en ruta a que cliente visitará primero.
- *Nivel de servicio y fidelización del cliente:* Es de suma importancia hacer entrega de los productos el día correspondiente para así tener a un cliente satisfecho y que no piense en la competencia. Es por esta razón que es fundamental la optimización de las rutas de distribución para poder cumplir con las entregas solicitadas, el cual en la actualidad los niveles de servicio no alcanzan el 80%, debiendo posicionarse sobre el 85 %.

Estableciendo un recuento de la información, se desprende que los problemas a resolver dados por el bajo número de visitas y el alto costo de distribución están relacionados con:

Determinar el problema de ruteo de vehículos, para una flota homogénea, con centros de despacho definidos para todo vehículo, cada cliente debe ser atendido por un solo vehículo y cada pedido debe ser entregado el día correspondiente.

Las decisiones en cuanto a la optimización del ordenamiento de las rutas para cada vehículo no son sencillas y menos aún si se toma en cuenta las restricciones anteriormente descritas.

Para establecer un plan de ruteo operacionalmente se presentan exponenciales combinaciones posibles debido a la gran cantidad de clientes que presentan. De este modo, las decisiones manuales basadas en buenos criterios y experiencia han demostrado que no pueden explorar una amplia gama de combinaciones, y generalmente no se consiguen soluciones confiables y llevaderas por este medio.

A continuación, se presenta una tabla con las diferentes causas de los problemas de la empresa y el por qué se originan:

TABLA 9: EFECTOS Y CAUSAS QUE JUSTIFICAN PROBLEMA DE PLANIFICACIÓN DE RUTAS.

Efecto	Subcausas	Causa principal	¿Porqué?
Alto costo de combustible.	Planificación de rutas.	Planificación de rutas.	Sistema de ruteo no presenta orden a seguir.
	Aumento número de clientes.		Vendedor según su conocimiento del sector realiza entregas de pedidos.
	Estacionalidad del año.		Desconocimiento de herramientas informáticas que se han desarrollado en los últimos años para ruteo de vehículos.
	Desconocimiento de la zona.		
Retraso o no entrega de productos.	Planificación de rutas.	Planificación de rutas.	Sistema de ruteo no presenta orden a seguir.
	Cliente no abre local.		Desconocimiento de herramientas informáticas que se han desarrollado en los últimos años para ruteo de vehículos.
	Cliente no tiene dinero para efectuar el pago.		
	Desconocimiento de la zona.		
Vehículos pasan más de una vez por el mismo cliente.	Cliente no abre local.	Planificación de rutas.	Sistema de ruteo no presenta orden a seguir.
	Cliente no tiene dinero para efectuar el pago.		Desconocimiento de herramientas informáticas que se han desarrollado en los últimos años para ruteo de vehículos.
	Planificación de rutas.		
Aumento en los tiempos de recorridos de ruta.	Aumento número de clientes.	Planificación de rutas.	Aumento en el número de clientes
	Desconocimiento de la zona.		Desconocimiento de herramientas informáticas que se han desarrollado en los últimos años para ruteo de vehículos.
	Planificación de rutas.		Sistema de ruteo no presenta orden a seguir.

Fuente: Análisis propio.

A continuación, se presenta una tabla con las diferentes causas de los problemas de la empresa y el por qué se originan:

TABLA 9: EFECTOS Y CAUSAS QUE JUSTIFICAN PROBLEMA DE PLANIFICACIÓN DE RUTAS.

Efecto	Subcausas	Causa principal	¿Porqué?
Alto costo de combustible.	Planificación de rutas.	Planificación de rutas.	Sistema de ruteo no presenta orden a seguir.
	Aumento número de clientes.		Vendedor según su conocimiento del sector realiza entregas de pedidos.
	Estacionalidad del año.		Desconocimiento de herramientas informáticas que se han desarrollado en los últimos años para ruteo de vehículos.
	Desconocimiento de la zona.		
Retraso o no entrega de productos.	Planificación de rutas.	Planificación de rutas.	Sistema de ruteo no presenta orden a seguir.
	Cliente no abre local.		Desconocimiento de herramientas informáticas que se han desarrollado en los últimos años para ruteo de vehículos.
	Cliente no tiene dinero para efectuar el pago.		
	Desconocimiento de la zona.		
Vehículos pasan más de una vez por el mismo cliente.	Cliente no abre local.	Planificación de rutas.	Sistema de ruteo no presenta orden a seguir.
	Cliente no tiene dinero para efectuar el pago.		Desconocimiento de herramientas informáticas que se han desarrollado en los últimos años para ruteo de vehículos.
	Planificación de rutas.		
Aumento en los tiempos de recorridos de ruta.	Aumento número de clientes.	Planificación de rutas.	Aumento en el número de clientes
	Desconocimiento de la zona.		Desconocimiento de herramientas informáticas que se han desarrollado en los últimos años para ruteo de vehículos.
	Planificación de rutas.		Sistema de ruteo no presenta orden a seguir.

Fuente: Análisis propio.

Con base a la tabla 9 se puede llegar a la conclusión que los efectos indeseables son generados por el actual sistema de ruteo, siendo este, limitado para la gran cantidad de clientes a visitar. Por lo anterior, es necesario realizar una mejora al actual sistema de reparto en la organización con el fin de reducir los efectos indeseados encontrados.

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo General

Rediseñar el modelo logístico de distribución de productos procesados, pertenecientes a los clientes del canal Tradicional, de Agrosuper S.A. en la Región Metropolitana.

2.2.2 Objetivos específicos

- Analizar y diagnosticar la información histórica de la empresa referente al sistema de distribución utilizado en la actualidad.
- Identificar factores claves que permitan contrastar la situación actual con la situación deseada del sistema de distribución.
- Diseñar un sistema de ruteo mediante la utilización de un software que permita realizar una modelación matemática con generación de rutas de transporte para las zonas previamente determinadas.
- Evaluar los costos de distribución de la empresa asociados a la propuesta de rediseño, mediante una comparación entre los datos históricos y los resultados obtenidos.

Capítulo III: Marco Teórico

El siguiente capítulo describe conceptos teóricos que sirvieron como base para construir el modelo de solución al problema expuesto. Además, se incluye la metodología general de trabajo.

3. Supply Chain Management

La cadena de suministro, conocida comúnmente por su traducción del inglés “*Supply Chain*” es una cadena de proveedores, fábricas, almacenes, centros de distribución y detallistas a través de los cuales se adquieren las materias primas, se transforman y se envían al cliente [Ganeshan y Harrison, 97] An introduction to Supply Chain Management. Penn state: University Park, 1997.

Ahora bien, como término más global la administración de la cadena de suministro, en inglés *Supply Chain Management* es una filosofía administrativa continua y evolutiva que se acomoda mediante distintos escenarios que tiene como objetivo unificar los recursos productivos totales de las actividades de un negocio junto a sus proveedores y socios aliados, el cual busca un sistema altamente competitivo enfocado a crear y desarrollar soluciones óptimas e innovadoras a través de una eficiente sincronización de los flujos del proceso. Este concepto engloba la logística la cual tiene un alcance más limitado, ya que, esta última se concentra en el flujo físico de mercancías, procesos de abastecimiento, manejo de materiales en producción y distribución de una organización en particular.

Por lo tanto, dicho concepto se puede definir como: “*La logística implica un cierto orden en los procesos que involucran a la producción y comercialización de mercancías. Por lo tanto, se dice que la logística es el puente o nexo entre la producción y el mercado que incluye la distancia física y el tiempo de traslado. En las empresas implica tareas de planificación y gestión de recursos teniendo como función principal implementar y controlar con eficiencia los materiales y productos, desde su punto de origen hasta el consumo*”. [Rushton, Oxley and Croucher 00]. *The Handbook of logistic and distribution management, 2nd ed. 2000.*

Además, la cadena de suministro se puede clasificar en dos tipos, como *pull* o *push*. Se dice que una cadena de suministro es un sistema *pull* cuando la producción se hace contra pedido del cliente y se denomina *push* cuando se produce para almacenar y luego vender basado en pronósticos de demanda. La elección de cual elegir se basa en consideraciones como el tamaño y costos de los productos, volumen y variabilidad de la demanda, capacidad de almacenamiento, entre otros.

Por otro lado, no hay que pensar en términos lineales, aunque la expresión “cadena” así lo sugiera. La cadena de suministro debe entenderse más como una red productiva o de servicios basada en la demanda de los clientes. Por consiguiente, el nivel de planificación estratégica incluye decisiones a largo plazo que son tomadas por la alta dirección de la organización. Debiendo resolver que estructura tendrá el sistema en el futuro, requerimientos que necesitará la organización, cobertura a la cual estará destinada y calidad de servicio que quiera proporcionar.

Presentando como una configuración logística cualquiera en la figura 11.

FIGURA 11: CONFIGURACIÓN LOGÍSTICA.



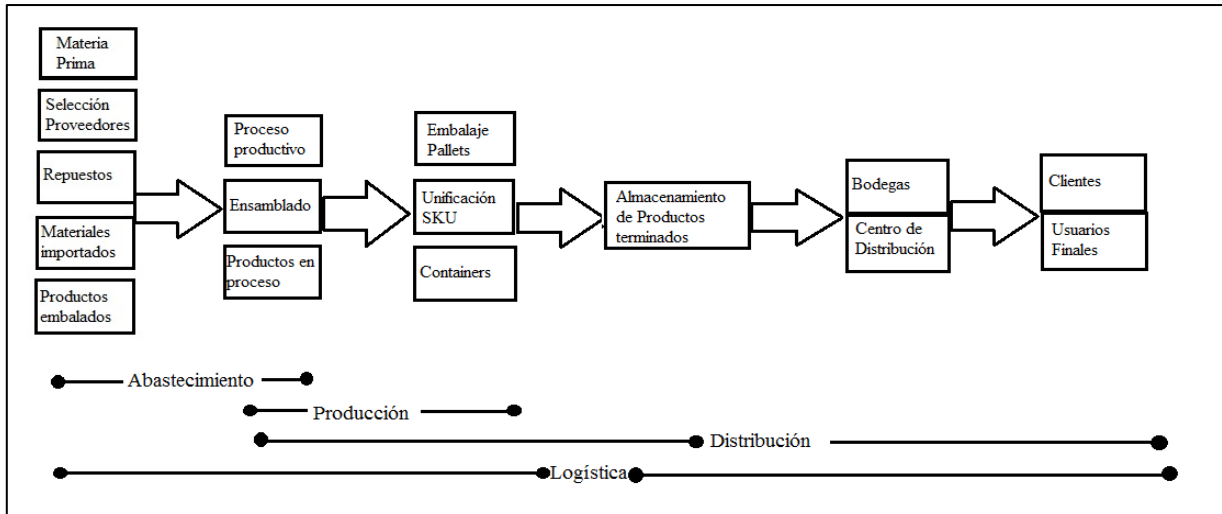
Fuente: [Gómez, 10] María Angelica Gómez, Canales de distribución (Colombia), zona Cali. Universidad ICESI, 2010.

3.1 Sistemas logísticos

Un sistema logístico se refiere a un conjunto de recursos, procedimientos y métodos que permiten el sostén logístico, teniendo como principal misión interactuar de manera ordenada los recursos para alcanzar de manera efectiva los objetivos previstos. Con la ausencia de este sistema la forma de actuar puede provocar un gran caos en los procesos.

En la figura 12 se muestra la cadena logística para una organización cualquiera, ilustrando de forma general el concepto.

FIGURA 12: SISTEMA LOGÍSTICO TRADICIONAL.



Fuente: Elaboración Propia

Luego una serie de decisiones deben tomarse desde el momento en que se planifica un sistema logístico. Estas se clasifican usualmente por diversos autores como: “horizonte de tiempo de impacto de las decisiones consideradas, requerimiento de los recursos involucrados, y el nivel de responsabilidad administrativa” [Daskin, M. S., L. V. Snyder and R. T. Berger, 2005] “Facility Location in Supply Chain Design,” chapter 2, Logistics Systems: Design and Optimization, (A. Langevin and D. Riopel editors), Kluwer, pp. 39-65. Decisiones típicas son, por ejemplo: Cantidad de facilidades a instalar, su ubicación y su capacidad. Entendiendo por facilidades como las instalaciones, planta, bodega, punto de transbordo o depósitos para riles, rises o gases. También se debe considerar los canales de distribución a emplear, si se hace envío directo o se recurre a otro servicio. Así como también la forma de almacenamiento, el *Layout*¹ de las bodegas o centros de distribución y actividades

¹ Corresponde a la disposición de los elementos dentro de un espacio físico.

que realizaran tales como recepción, almacenamiento, *picking*², o reparto. Si se hace *crossdocking*³ y tecnologías a utilizar.

Es a nivel estratégico donde se decide cual tipo de canal de distribución se ocupará, se podrá elegir externalizar la distribución o prescindir del uso de bodegas, usualmente se utiliza lo último por las siguientes razones:

- Disminuir tiempos de *set-up*⁴ de la producción
- Nivelar la demanda con la producción
- Enfrentar estacionalidades de la demanda
- Mejorar calidad de servicio
- Facilitar armado de pedidos

3.2 Distribución

La distribución o distribución física se refiere al sistema, medios y métodos que se encargan de los flujos físicos y de información, desde la salida del proceso productivo de una organización hasta la entrega de su cliente, es decir, tiene relación con lo que sucede a un producto desde que sale de bodega hasta que llega a manos del consumidor. Por otro lado, también se le asocia el concepto de logística inversa, que se refiere al flujo de retorno de envases, contenedores, pallets, entre otros. Lo que ha tomado bastante importancia en los últimos años en relación con normativas y estándares de preservación del medio ambiente.

El diseño de sistemas de distribución depende de las estrategias y políticas de la organización donde usualmente la bibliografía recurre a métodos cuantitativos de optimización para resolver decisiones relativas al diseño de sistemas de distribución, y, por ende, de la configuración de redes logísticas en las cadenas de suministro.

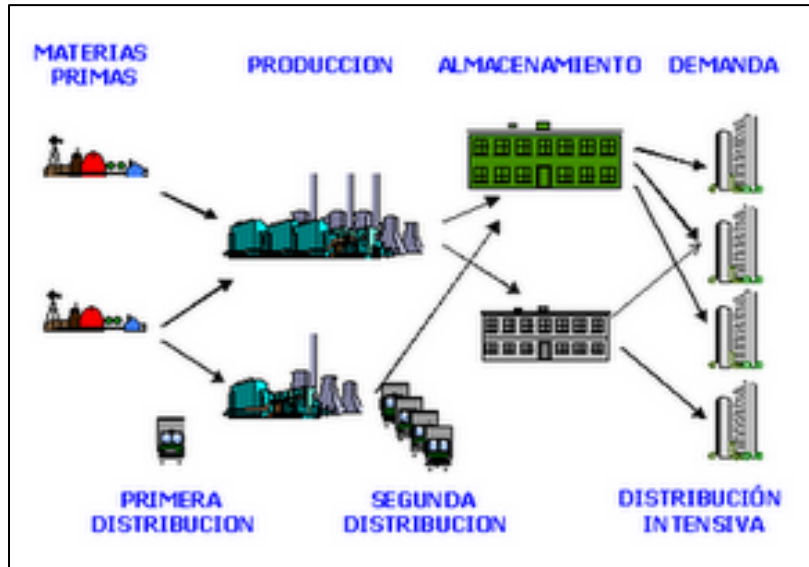
² Es la preparación de pedidos por unidad automatizado.

³ Es un sistema de distribución donde las unidades logísticas son recibidas en una plataforma de alistamiento y no son almacenadas sino preparadas para ser enviadas de la manera más inmediata.

⁴ Es el tiempo de preparación o ajustes de una máquina o línea de producción antes de empezar una corrida de esta.

En términos macro un sistema de distribución es una red compleja, donde entra en juego diversos actores, elementos, flujos y actividades. En la figura 13 se aprecia esquemáticamente una red de distribución cualquiera de varios niveles.

FIGURA 13: ESQUEMA RED DE DISTRIBUCIÓN.



Fuente: [Lorenzo, 14] Germán Lorenzo, *Importancia de la logística y transporte multimodal*, Trabajo para optar a licenciatura en logística y transporte multimodal, Universidad tecnológica de Panamá, 2014.

3.2.1 Actores, Elementos, Flujos y Actividades

Una red de logística se compone de varios actores, de los cuales se pueden mencionar fabricantes, mayoristas, minoristas, clientes, usuarios finales. Y varios elementos como plantas, bodegas, centros de distribución, puntos de transbordo, terminales, plantas de recuperación, centro de recolección e inclusive vertederos o rellenos sanitarios para los residuos.

Dichos elementos son nodos dentro de los flujos del sistema de distribución que se interconectan mediante medios de transporte, como flotas de vehículos, trenes, barcos o

aviones los cuales dependen de cada negocio proporcionando el correcto flujo de mercancías entre ellos. Todo lo anterior soportado además por el personal que administra y coordina las actividades con ayuda de tecnologías de información apropiados (TIC's).

3.2.2 Centro de Distribución

Un centro de distribución es un área física e independiente utilizada exclusivamente para la administración integral de productos en una organización, focalizándose en la optimización de un flujo rápido de materiales y mano de obra sobre todo en las labores de *Picking* agilizando la recepción y el movimiento interno de todo tipo de mercancías.

Es importante entender el nuevo papel de los centros de distribución, ya que no se trata de las antiguas bodegas donde reposaba la mercancía, ahora apunta a centros de flujo dinámico de productos donde se realizan funciones complejas con el fin de darle velocidad al inventario, teniendo mayor responsabilidad sobre la calidad del producto y donde se genera la mayor cantidad de información para los proveedores, empresa y clientes.

Por otro lado, la implementación de estos centros surge de la necesidad de lograr una distribución más eficiente, flexible y dinámica, es decir, asegurar una capacidad de respuesta ágil al cliente ofreciendo una reducción de costos en las empresas y evitando cuellos de botella.

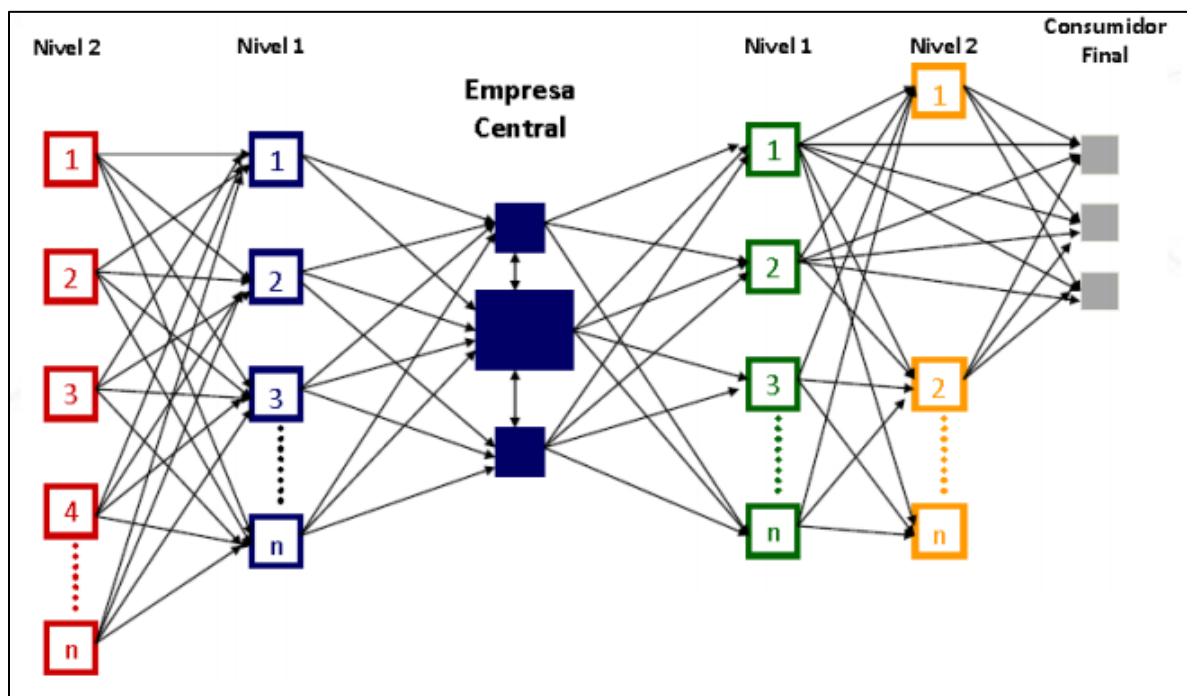
Como ventajas ofrecen una variada gama de mejoras como las que se apuntan a continuación:

- Capacidad de respuesta
- Optimización de recursos
- Justo a tiempo
- Mejoramiento continuo
- Auditoria permanente

3.2.3 Canales de Distribución.

Para realizar una correcta distribución se requiere de canales de distribución, la cual es una estructura de negocios y de organizaciones interdependientes que va desde el punto de origen del producto hasta el consumidor. Lo anterior está conformado por personas y compañías que intervienen en la transferencia de la propiedad de un producto, a medida que este pasa del fabricante al consumidor final o al usuario industrial. Cabe destacar que existen intermediarios que son empresas de distribución situadas entre el productor y el consumidor final, en la mayoría de los casos son organizaciones independientes del fabricante. En la figura 14 se muestra lo mencionado anteriormente.

FIGURA 14: ESQUEMA CANALES DE DISTRIBUCIÓN.



Fuente: [Gómez, 10] María Angélica Gómez, Canales de distribución (Colombia), zona Cali. Universidad ICESI, 2010.

Dentro de los canales de distribución intermediarios se encuentran tipos de intermediarios de los cuales se encuentran los siguientes:

1.- **Comerciantes intermediarios:** Corresponde a aquellos que obtienen la propiedad de los productos que van a comercializar, separándose en:

- **Detallistas:** Compran volúmenes altos de mercancía para venderlos de uno en uno. Las mercancías son vendidas para uso familiar o personal.
- **Mayoristas:** Compran y venden grandes cantidades de mercancías para venderlas a tiendas de menudeo y otros comercios.

2.- **Agentes intermediarios:** Nunca obtienen la propiedad de los productos, pero arreglan la transferencia de la misma como lo son corredores de bienes raíces, agentes de viajes, entre otros. Facilitando y simplificando los intercambios comerciales, comprando grandes cantidades de los productos, proporcionan financiación a diferentes figuras del canal de distribución y almacenan productos para reducir el tiempo de entrega “*lead time*”, (Fuente: [Gómez, 10] María Angelica Gómez, Canales de distribución (Colombia), zona Cali. Universidad ICESI, 2010.)

3.2.4 Tipos de canales de distribución

Los tipos de canales de distribución se organizan según la longitud del canal, es decir, dependiendo del número de agentes que intervengan desde la empresa productora del producto o servicio hasta que llega al consumidor final podremos definir un canal como corto o largo determinando la longitud de este. En la figura 15 se ilustra lo anterior.

FIGURA 15: ESQUEMA LONGITUD CANAL.



Fuente: Elaboración Propia

Además, se puede diferenciar como se elige el tipo de distribución según la comercialización de los productos.

- **Distribución Intensa:** Por medio de la cual se exponen los productos en todos los lugares posibles de comercialización.
- **Distribución Exclusiva:** Se caracteriza por la concesión de exclusividad de distribución del producto a unos pocos distribuidores, con delimitaciones geográficas, pero con la condición expresa de que tales concesionarios se abstengan de vender productos de la competencia.
- **Distribución Selectiva o Múltiple:** Proporciona un debilitamiento relativo de los controles que aspira todo productor reduciendo los costos de mercadotecnia de los productos y permitiendo la penetración más controlada de los mercados o segmentos de mercado, que en particular interesen a los productores.

Fuente: [Gómez, 10] María Angelica Gómez, Canales de distribución (Colombia), zona Cali. Universidad ICESI, 2010.

3.2.5 Selección de Canales de Distribución

Otras de las decisiones a considerar es seleccionar los canales de distribución. En términos generales los criterios para elegir un tipo de canal de distribución u otro, no solo dependen de aspectos ligados a la logística, sino también a otras funciones de la organización como marketing o ventas, pudiendo ser los siguientes:

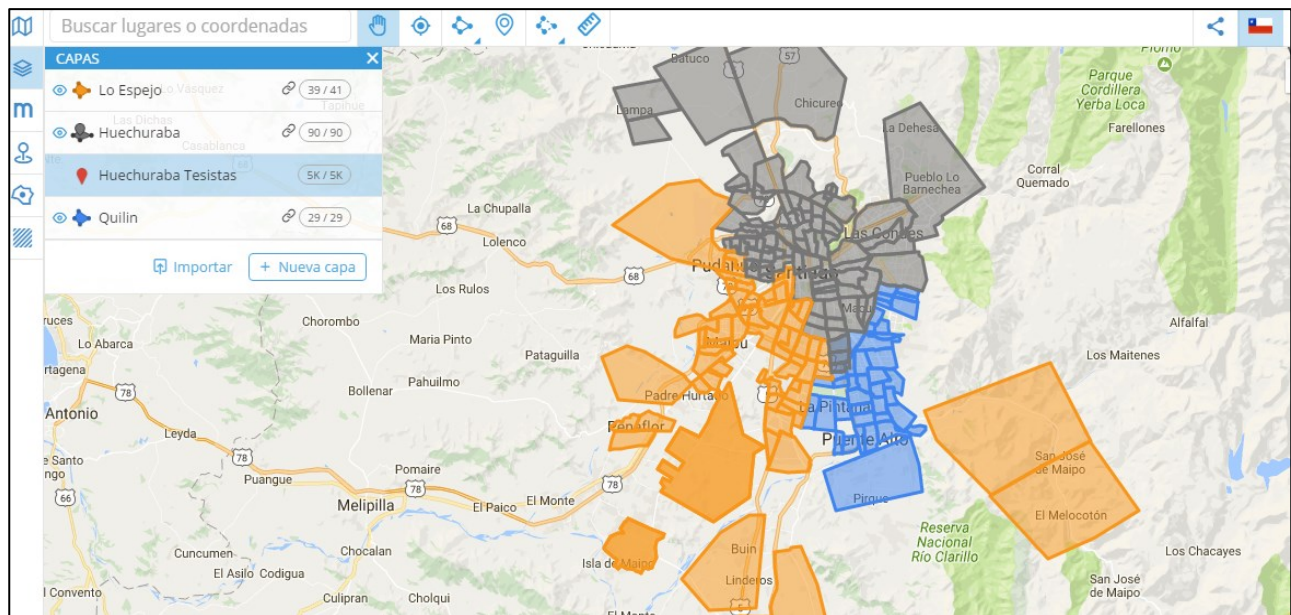
- Identificar el mercado correcto para el producto.
- Ubicación del producto en las tiendas.
- Lograr cooperación e integración en la cadena.
- Lograr cierto nivel de servicio.
- Minimizar los costos totales de distribución.
- Capacidad rápida de respuesta ante escenarios adversos.

3.3 Herramienta informática de apoyo

Lo expuesto hasta el momento sugiere que la complejidad del problema necesita o requiere de apoyo de herramienta(s) informática(s) para su mejor y detallada resolución, ya sea, exacta u aproximada. Existe una gran variedad de herramientas disponibles pertinentes para desarrollar el tema de este trabajo, por lo tanto, se mencionarán las que se utilizarán para llevar a cabo la metodología que se expondrá.

- **Map City:** Es una aplicación *web* con licencia que se encuentra disponible en el sitio <http://wm20.mapcity.com/>. Proporciona diversas herramientas con las cuales el usuario puede interactuar directamente vía *browser* y además cuenta con la documentación y el API “*Application Programming Interface*” para desarrollarse. En general esta aplicación facilita georreferenciación, codificación geográfica en latitud de longitud, sectorización de comunas, cantidad de clientes por sector, distancias entre cada ruta, área cobertura por sector, entre otros.

FIGURA 16: MAPA ZONAS DE TRANSPORTE SANTIAGO.



Fuente: Sitio Web mapcity.com

3.4 Tipos de herramientas para resolver problemas de ruteo de vehículos

Al ser extensa la resolución de un problema de ruteo es necesario utilizar herramientas informáticas que permitan resolver los modelos matemáticos propuestos cuales quiera sea el caso. Para este caso en particular, es necesario buscar y utilizar el que mejor se acomode a nuestros datos y disponibilidad de uso de software (licencias). Las detalladas son las que en general más se utilizan y de las cuales se dispone de mayor información.

- **IBM ILOG CPLEX**

IBM ILOG CPLEX es un kit de herramientas de soporte para la toma de decisiones analíticas con el fin de acelerar el desarrollo y el despliegue de modelos de optimización utilizando programación matemática y de restricciones. Combina un entorno de desarrollo integrado con el potente lenguaje de programación de optimización (OPL, Optimization Programming Language) y solucionadores de optimizador ILOG CPLEX de alto rendimiento.

Esta herramienta dispone de poca información para realizar una programación además de poseer un lenguaje no estudiado como es el OPL, ya que presenta una construcción propiamente del modelo muy abstracto, la cual es muy diferente a la de otros lenguajes de programación comunes, tales como JAVA por lo que la única manera de modelar sería recurriendo a algún programador experto.

Otro punto importante a considerar es que este software no ofrece versiones extendidas para académicos o estudiantes, lo cual es necesario para por la licencia alrededor de US175. Solamente se puede acceder a una versión gratuita por 3 meses, siendo poco plazo para aprender a utilizarlo.

La visualización de la plataforma se podrá ver en el anexo.

- **AMPL CPLEX**

AMPL es un programa dirigido a la construcción y resolución de modelos de optimización, fundamentalmente modelos de Programación Lineal, Programación Entera y Programación No Lineal.

A diferencia de otros programas parecidos, una vez definido un modelo en AMPL puede especificarse el cómo queremos resolverlo, lo que permite el diseño de muchos tipos de algoritmos. Simultáneamente, existe una variedad de *solvers* que pueden ser llamados desde AMPL (algunos de dominio público), lo que da una gran potencia y versatilidad al programa. Otro hecho a destacar es la continua incorporación de mejoras y procedimientos recientes. Esta aplicación posee una versión para estudiantes descargable en su sitio WEB, sin embargo, para esta opción solo está disponible por 30 días a partir de la fecha de emisión y para un computador en específico. Para disponer de una licencia completa es necesario pagar \$4.000 (pesos Chilenos) mensuales por usuario.

La visualización de la plataforma se podrá ver en el anexo.

- **OPTIMAP**

Esta herramienta corresponde a una aplicación web que hace el cálculo de rutas de manera gratuita considerando un algoritmo que calcula la ruta más corta para un vehículo de capacidad ilimitada que visite exactamente una vez cada dirección ingresada, sin embargo, está limitada hasta 100 direcciones y utiliza además una cartografía antigua, provocando que ciertas direcciones no sean posibles de encontrar.

Al ser una plataforma WEB que trabaja con el uso de internet puede no haber conexión de manera óptima lo que pone en riesgo su uso para calcular una ruta.

La visualización de la plataforma se podrá ver en el anexo.

- **WHAT'S BEST**

Este software pertenece a LINDO System, teniendo capacidad para 300 variables y 150 restricciones. Permite elaborar los modelos sobre la hoja de cálculo y luego resolverlos con los algoritmos que presenta. Puede dejar que el programa seleccione el algoritmo de solución o puede dejarlo para su elección. What's Best funciona como un complemento de Excel, el que permite construir modelos lineales, cuadráticos y enteros de optimización con gran cantidad de datos. La gran desventaja es que requiere de un formato fijo en las planillas de cálculo para la programación del modelo, lo cual finalmente termina en una representación del modelo muy alejado de la realidad, ya que, en la práctica los nodos que atiende la empresa diariamente van cambiando constantemente por lo que ocupar esta herramienta implicaría cambiar la programación del modelo (función objetivo, variables, restricciones), ante cada modificación en los datos.

Al ser una extensión de Excel se puede encontrar de manera gratuita en www.lindo.com para múltiples usuarios por tiempo indeterminado.

La visualización de la plataforma se podrá ver en el anexo.

- **LINGO**

Herramienta diseñada para programar y resolver modelos de programación lineal, no lineal, cuadrática, y entera. Esta incorpora un lenguaje de programación para expresar los modelos de optimización, un entorno gráfico para insertar y editar los modelos, y un conjunto incorporado de variados *solvers*, ya sea que el modelo a resolver sea, lineal, cuadrático, entero o binario. De los mismos realizadores del complemento *What Best's*, LINGO es comercializado por Lindo Systems, siendo una aplicación similar a cualquier aplicación entorno a Windows, como *Microsoft office*.

Unas de las principales ventajas del software es su lenguaje de modelación matemática. Permitiendo expresar el problema de manera natural muy similar a la notación matemática estándar, lo que hace fácil e intuitivo la formulación directamente a la aplicación. Por otro lado, permite importar y exportar plantillas “.xlsx” Permitiendo ahorrar tiempos de edición para adecuar el problema a nuevos parámetros.

Para una licencia gratuita de 6 meses el *software* presenta límites en el número total de variables, número de restricciones, etc. Es por esto que este programa permite adquirirlo gratuitamente por 6 meses adicionales (licencia educacional *Extended*) a partir de la fecha de emisión bajo la condición que sea para fines académicos y no utilizado para fines comerciales vía registro en el sitio WEB de Lindo.

- **Elección herramienta a utilizar**

La elección se regirá bajo ciertos parámetros que se presentan en la tabla 10.

TABLA 10: ELECCIÓN SOFTWARE A UTILIZAR

Nombre Software	Requerimientos de uso	¿Se pueden importar datos?	Dificultad de programación	Licencia
IBM ILOG CPLEX	Acceso a un ordenador con el software instalado.	Si	Muy compleja	Pagado
AMPL CPLEX	Acceso a un ordenador con el software instalado.	Si	Compleja	Pagado
OptiMap	Sujeto a la disponibilidad de internet y funcionamiento de la página WEB.	No	No hay necesidad de programar	Gratuito
What's Best	Acceso a un ordenador e instalación de Microsoft office y extensión.	No	Comprensible	Gratuito
LINGO	Acceso a un ordenador con el software instalado.	SI	Comprensible	Gratuitos fines educativos

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 10 la herramienta que mejor responde a los criterios de elección acorde a nuestra necesidad en esta oportunidad es LINGO, por lo tanto, esta será la herramienta que se utilizará.

3.5 Introducción al problema del diseño de rutas

Traveling Salesman Problem (*TSP*)

[Dantzig et al, 54] describe el problema del vendedor viajero como un juego planteado por el matemático irlandés W.R. Hamilton. Este consistía en visitar un lugar sólo una vez utilizando la ruta más corta los puntos de un grafo en un circuito cerrado, en lo que ahora se llama ciclo hamiltoniano. Esto es la base del problema que se puede describir como: elegir el circuito para un único vehículo, que a partir de un único origen tiene que visitar n ciudades y volver, minimizando la distancia total recorrida. Es decir, se busca la ruta de mínima distancia que incluya todos los $v_i \in V, V = \{1, \dots, n\}$ (ubicación de clientes), enlazados a través de un conjunto de arcos $A(i, j)$ (calles, caminos, carreteras), donde $i, j \in V, i \neq j$. La formulación clásica del modelo es la propuesta a continuación:

Sean

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Si el vendedor viaja de la ciudad } i \text{ a la ciudad } j, \text{ donde } i, j = \{1, \dots, n\} \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases}$$

$$c_{ij} = \text{costo asociado a utilizar el arco } (i, j)$$

Función Objetivo:

$$\min z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (4.1)$$

Restricciones:

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j \quad (4.2)$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (4.3)$$

$$\sum_{\substack{i,j \in S \\ i \neq j}} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset V | (\{1\} \in S) \wedge (|S| > 1) \quad (4.4)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \quad (4.5)$$

La función objetivo (4.1) minimiza la distancia total recorrida por el vendedor de los lugares que debe visitar. Las ecuaciones (4.2) y (4.3) son las restricciones *indegree* y *outdegree* que indican que el vendedor visita y sale una sola vez de cada ciudad. Como se ve en las tres primeras ecuaciones conforman el típico problema de asignación que se mantiene en la mayoría de las formulaciones de los modelos para este problema. La inecuación (4.4) son las restricciones Subtour Elimination Constrains o SEC. Estas aseguran que cualquier conjunto de valores x_{ij} que conformen un subtour no sean soluciones factibles y, además, aseguran que cualquier conjunto de valores de x_{ij} que conformen un tour sean solución factible. Además, la expresión (4.5) expresa la naturaleza binaria de la variable de decisión x_{ij} . Esta formulación es de carácter exponencial, ya que tiene $(2^n + 2n - 2)$ restricciones y $n(n - 1)$ variables binarias.

No se puede olvidar que el modelo TSP es una simplificación de la realidad. Por lo tanto, en su formulación se hacen los siguientes supuestos: la distancia total recorrida es directamente (y linealmente) proporcional al costo, no existen ventanas de tiempo o requerimientos de horario para que el vehículo visite las ciudades, no se consideran demandas de los clientes, el vendedor tiene capacidad limitada y puede cargar infinitas mercancías, en el modelo simétrico el arco es igual de ida y vuelta con distancias euclidianas usuales, el vendedor puede trabajar ilimitadamente o recorrer distancias ilimitadas, entre otros.

Variaciones del TSP

Existen multitud de variantes al problema de viajante general, tal cual se ha explicado anteriormente. Seguidamente se enumeran algunas de ellas:

- **MAX-TSP:** Consiste en encontrar un circuito hamiltoniano de coste máximo.
- **TSP con cuello de botella:** Consiste en encontrar un circuito hamiltoniano tal que minimice el mayor coste de entre todas las aristas del mismo, en vez de minimizar el coste total.
- **TSP gráfico:** Consiste en encontrar un circuito de coste mínimo tal que se visiten las ciudades al menos una vez.
- **TSP agrupado:** Los nodos o ciudades están divididos en “cluster” o grupos, de manera que lo que se busca es un circuito hamiltoniano de coste mínimo en el que se visiten los nodos de cada grupo de manera consecutiva.
- **TSP generalizado:** Los nodos o ciudades también están divididos en grupos, pero lo que se busca es un circuito de coste mínimo que visite exactamente un nodo de cada grupo.
- **TSP con múltiples viajantes:** Existen un número m de viajantes, cada uno de los cuales debe visitar algunas de las ciudades. El problema se transforma, por tanto, en la búsqueda de una partición de los nodos a visitar X_1, \dots, X_m y de m ciclos, uno para cada X_i , de manera que la suma de las distancias recorridas por los m viajantes sea mínima. Esta variante del TSP puede ser vista también como una simplificación de los problemas de rutas de vehículos, que serán estudiados en la siguiente sección.

TSP en teoría de grafos

[Gómez, M. R., Zuluaga, M. A., Espinosa, O. J. 15] consideran que un grafo se representa gráficamente como un conjunto de puntos (nodos), unidos por líneas (aristas). Los grafos permiten estudiar las interrelaciones entre unidades que se encuentran en interacción.

Dentro de la “Teoría de Grafos”, existe un término importante, que es necesario definir para la correcta comprensión de la teoría, y para entender la relación de esta con los modelos de investigación de operaciones. Este término es “ciclo hamiltoniano”, el cual corresponde a una sucesión de aristas adyacentes, donde no se recorre dos veces la misma arista y se debe regresar al punto inicial y, además, se tiene que recorrer todos los vértices exactamente una vez (excepto el vértice del que parte y al cual llega).

El problema del TSP, puede ser descrito según la teoría de grafos como un ciclo hamiltoniano de la siguiente manera: Sea $G = \{V, A\}$, un grafo completo, donde $V = 1, \dots, n$ es el conjunto de vértices y A es el conjunto de arcos. Los vértices $i=2, \dots, n$ se corresponden con los clientes a visitar y el vértice 1 es la ciudad de origen y destino. A cada arco (i, j) se le asocia un valor no negativo C_{ij} , que representa el coste de viajar del vértice “i” al “j”. El uso de los arcos (i, i) , no está permitido, por lo que impone $C_{ij} = \infty$ para todo $i \in V$. El TSP consiste en determinar el ordenamiento de la ruta con costo total mínimo, comenzando y terminado en el vértice 1, tal que cada vértice $V_i \ j \in V'$ se visite exactamente una vez por el vehículo.

Multi travelling Salesman Problem (m-TSP)

Este problema es una extensión al problema TSP mencionado con anterioridad. Consiste en que m vendedores visitan un conjunto de n ciudades, repartiéndose exclusivamente cada una de las ciudades que cada uno visitaran. Además, se requiere que cada uno de los m tours termine siendo un problema para el TSP, ya que, el m-TSP debe resolver la asignación de vendedores a ciudades, y además para cada vendedor, encontrar el tour óptimo para visitarlas.

Vehicle Routing Problem (VRP)

[Ochoa, Chira, Hernández-Aguirre, Basurto, 12] se describe que el problema de enrutamiento de vehículos (*Vehicle Routing Problem*, VRP) se ha ido desarrollando con el paso del tiempo e implementando en diferentes sectores económicos, ya que es considerado como un problema de optimización combinatorial que contribuye al desarrollo de una organización cual quiera sea su rubro, ya que contar con una buena red de transporte y/o comunicación facilita las relaciones comerciales entre diferentes organizaciones. El objetivo es determinar un conjunto de rutas para una flota de vehículos que parten de uno o más depósitos y/o almacenes para satisfacer la demanda de varios clientes dispersos geográficamente. Las variables más recurrentes que se deben considerar se detallan a continuación.

- **Clientes**

Cada cliente posee cierta demanda que deberá ser satisfecha por algún vehículo de entrega. En la mayoría de los casos, la demanda es un bien que ocupa espacio en los vehículos y es

recurrente que un solo transporte no pueda satisfacer la demanda de todos los clientes en una misma ruta o zona geográfica.

Por otro lado, es usual que cada cliente deba ser visitado exactamente una vez. Sin embargo, en ciertos casos se acepta que la demanda de un cliente sea satisfecha en momentos diferentes y por vehículos diferentes.

Otro punto a considerar es que los clientes podrían tener restricciones relativas en su horario de servicio, dichas restricciones usualmente se expresan en forma de intervalos de tiempo (llamados *ventanas de tiempo*) en los que se debe llegar al cliente. En problemas con varios vehículos diferentes podrían existir restricciones de compatibilidad entre éstos y los clientes. En estos casos, cada cliente sólo puede ser visitado por algunos de los vehículos como, por ejemplo, que algunos vehículos son de dimensiones muy extensas no pudiendo ingresar a ciertas calles.

- **Depósitos**

Tanto vehículos de despacho como los bienes a entregar suelen estar en un lugar estratégico llamado(s) depósito(s). Donde generalmente se exige que cada ruta inicie y finalice sus funciones en un mismo lugar, aunque en algunos casos ocurren excepciones como que el viaje debe terminar en el domicilio del conductor del vehículo.

En los problemas con múltiples depósitos cada uno de éstos tiene diferentes características, por ejemplo, su ubicación y capacidad máxima de almacenaje. Podría ocurrir también que cada depósito posea una flota de vehículos asignada.

Los depósitos, al igual que los clientes podrían tener ventanas de tiempo asociadas. En algunos casos debe considerarse el tiempo necesario para cargar o preparar un vehículo antes de que comience su ruta, o el tiempo invertido en su limpieza al regresar. Incluso, por limitaciones de los propios depósitos, podría querer evitarse que demasiados vehículos estén operando en un mismo depósito a la vez.

- **Vehículos**

La capacidad de un vehículo podría tener varias restricciones, como por ejemplo peso, volumen, si dispone de cámara de frío, entre otras. Cuando en un mismo problema existen diferentes tipos de productos, los vehículos podrían tener compartimientos, de modo que la capacidad del vehículo dependa del tipo de producto de que se trate. En algunos casos, cada vehículo tiene asociado un costo fijo en el que se incurre al utilizarlo y un costo variable proporcional a la distancia recorrida.

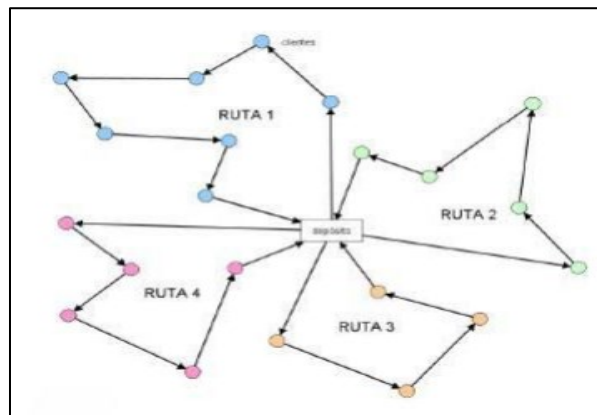
Los problemas en que los atributos (capacidad, costo, etc.) son los mismos para todos los vehículos se denominan como flota homogénea, y si hay diferencias de flota es llamada heterogénea. La cantidad de vehículos disponibles podría ser un dato de entrada o una variable de decisión donde el objetivo más usual suele ser utilizar la menor cantidad de vehículos y minimizar la distancia recorrida para cumplir las rutas de reparto. Por otro lado, regulaciones legales podrían imponer restricciones sobre el tiempo máximo que un vehículo puede estar en circulación e incluso prohibir el pasaje de ciertos vehículos por ciertas zonas. En algunos casos se desea que la cantidad de trabajo realizado por los vehículos (usualmente el tiempo de viaje) no sea muy dispar. En general se asume que cada vehículo recorre una sola ruta en el período de planificación, pero últimamente se han estudiado modelos en los que un mismo vehículo puede recorrer más de una ruta.

Otras variables que se consideran son las localizaciones geográficas que involucran: tiempo, distancia, origen y destino. Las capacidades que se observan en el vehículo como son: carga total, volumen total, número de las plataformas y los pesos que especifican el costo de recorrido entre las localizaciones geográficas.

El objetivo primordial de un VRP es entregar la demanda a dichos clientes minimizando el costo total que se incurre en las rutas. El VRP es un problema muy conocido que cae dentro de la denominada clase de problemas NP-Completa. Esto significa que el esfuerzo de computación que se ha de realizar para encontrar una solución óptima crece de forma exponencial con el tamaño del problema. Por este motivo se recurre al empleo de métodos aproximados de manera que se pueda encontrar soluciones suficientemente buenas en un tiempo de computación razonable. El VRP aparece de forma natural en áreas como

transporte, distribución y logística donde en muchos sectores del mercado, el transporte implica un gran costo que se imputa a los productos que se distribuyen y, además, el mismo transporte del producto puede suponer un valor añadido. En la siguiente figura 17 se puede apreciar una distribución común de VRP.

FIGURA 17: DISTRIBUCIÓN PARA CLIENTES CON DEPOSITO EN COMÚN.



Fuente: [Gómez, 10] María Angelica Gómez, Canales de distribución (Colombia), zona Cali. Universidad ICESI, 2010.

Por otro lado, dependiendo del tipo de formulación, típicos objetivos son la minimización del costo global de distribución, la minimización de la cantidad de vehículos o conductores necesarios para cumplir los requerimientos de los clientes, el equilibrio de las rutas en tiempos de viaje o carga de los vehículos, la minimización de pedidos pendientes para la mejora en la calidad de servicio, sólo por mencionar algunos. Según las restricciones operacionales que se plantean surgen distintas variantes de VRP, que se explican a continuación.

VRP con capacidad limitada (CVRP)

De acuerdo a [Ochoa, Chira, Hernández-Aguirre, Basurto, 12] el CVRP es un caso particular del VRP en el cual existe una flota instalada m de vehículos donde cada vehículo tiene una capacidad limitada que deben ser despachados desde un depósito central, visitar una

secuencia de clientes una sola vez dentro de una ruta dada, satisfaciendo la demanda de los mismos y no sobrepasar la capacidad del vehículo el cual regresa al depósito.

VRP con múltiples depósitos (MDVRP)

[Ochoa, Chira, Hernández-Aguirre, Basurto, 12] se plantea que una empresa puede disponer de varios depósitos o centros desde los que suministra los pedidos a sus clientes. Si los clientes están agrupados alrededor de los depósitos/centros, entonces el problema puede verse como un conjunto de problemas independientes VRP, pero si por el contrario los clientes y los depósitos están mezclados, entonces se ha de resolver un problema MDVRP. Para resolver este tipo de problema se necesita asignar cada cliente a los distintos depósitos existentes, donde para cada depósito se tiene una flota de vehículos para realizar los despachos correspondientes. Cada vehículo que parte de un depósito, sirve a los clientes asignados a ese depósito y después regresa a dicho centro, teniendo como objetivo principal servir a todos los clientes minimizando el número de vehículos y la distancia total viajada.

VRP periódico (PVRP)

[Desrochers, M., Desrosiers, J. and M. Solomon, 92] se describe que el problema VRP clásico, el periodo de planificación es un sólo día. En el caso del problema PVRP, el periodo de planificación se extiende a m días teniendo como objetivo minimizar la flota de vehículos y el tiempo total empleado de viaje. Adicionalmente una restricción que se utiliza es que un vehículo puede o no regresar al depósito el mismo día de su partida durante el periodo de m días de trabajo, teniendo en consideración que cada cliente debe ser visitado al menos una vez.

VRP de entrega dividida (SDVRP)

[Ochoa, Chira, Hernández-Aguirre, Basurto, 12] trata de un problema VRP en el que se permite que un cliente pueda ser atendido por varios vehículos si el coste total se reduce. Esto es importante si el tamaño de los pedidos de un cliente excede la capacidad de un vehículo. El objetivo es minimizar la flota de vehículos y el tiempo total de viaje.

VRP con recogidas y entregas (VRPPD)

[Ochoa, Chira, Hernández-Aguirre, Basurto, 12] se plantea que es un VRP en que cabe la posibilidad de que los clientes pueden devolver determinados bienes. Por tanto, se debe tener presente que los bienes devueltos por los clientes han de caber en el vehículo. Esta restricción hace más difícil el problema de planificación y puede obligar a una mala utilización de las capacidades de los vehículos, un aumento de las distancias recorridas o a un mayor número de vehículos. Por todo lo dicho, se suelen considerar situaciones tales como que las entregas comienzan en un depósito y las recogidas se traen a la vuelta al depósito, de manera que no hay intercambio de bienes entre clientes. Otra alternativa es relajar la restricción de que todos los clientes deben ser visitados exactamente una vez. El objetivo es minimizar la flota de vehículos y el tiempo total de recorrido con la restricción de que el vehículo debe tener suficiente capacidad para transportar los bienes a entregar, así como los recogidos para devolverlos al depósito.

VRP con backhauls (VRPB)

[Casco, D. O., B. L. Golden, and E. A. Wasil, 88] Plantean que el VRPB es un caso particular del VRPPD en que los clientes pueden demandar o devolver artículos, donde además se debe cumplir que todas las entregas se realicen antes de las recogidas. Esto se debe al hecho de que los vehículos se cargan por la parte trasera y que la recolocación de la carga en los vehículos se considera antieconómica o no factible. Las cantidades demandadas y las recogidas se conocen de antemano. El objetivo es encontrar un conjunto de rutas que minimice la distancia total recorrida.

VRP con ventanas de tiempo (VRPTW)

[Desrochers, M., Desrosiers, J. and M. Solomon, 92] Se describe como un VRP con la restricción adicional de que se asocia una ventana de tiempo a cada cliente (Figura). Al cliente i , se le asocia la ventana de tiempo $[e_i, l_i]$. Si un vehículo llega al cliente antes del instante e_i el vehículo espera hasta ese instante para atender al cliente. Si llega en el intervalo de la ventana de tiempo, el vehículo suministra la demanda en el momento de la llegada; y,

finalmente, si el vehículo llega con posterioridad a l_i entonces el cliente queda sin atender. El objetivo general es minimizar la flota de vehículos, el tiempo total de viaje, así como el tiempo total de espera al suministro de los clientes.

3.6 Metodologías de resolución

Las empresas en la actualidad se han visto afectadas por crisis económicas, mercados cambiantes, viéndose en la necesidad de mantener los costos lo más bajo posible, mantener los niveles de inventarios bajos, con una demanda impredecible. VRP se ha convertido en una herramienta útil para resolver las problemáticas actuales, obteniendo soluciones óptimas, ayudando a las empresas a cumplir sus objetivos y adaptarse a los distintos escenarios.

La herramienta VRP ha sido utilizada con éxito en variadas investigaciones, entregando soluciones óptimas mediante la aplicación de diferentes técnicas que van de acuerdo a la complejidad del VRP, considerado un problema del tipo NP (nondeterministic polynomial time).

Se ha definido que para los casos en que el número de clientes es bajo al igual que el nivel de complejidad se recomienda usar las técnicas exactas, si al contrario el problema está constituido por variados clientes y el modelo se vuelve complejo, es recomendable utilizar técnicas no exactas como son las heurísticas y meta-heurísticas.

3.6.4 Métodos exactos.

Los métodos exactos son algoritmos que proporcionan una solución óptima en instancias que los problemas no son complejos y están constituidos por pocos clientes (hasta 50) ya que su modelamiento computacional se vuelve complejo al tener gran cantidad de clientes.

El método exacto requiere de un procedimiento conciso y preestablecido, independiente del problema abordado.

Existen dos técnicas dentro de los métodos exactos que se destacan, las que se detallan a continuación:

- 1) **Método de ramificación y acotamiento (Branch y Bound):** Método que aborda la resolución de modelos de programación entera a través de la resolución de una secuencia de modelos de programación lineal que constituirán los nodos o subproblemas del problema entero.
- 2) **Método de ramificación y corte (Branch y cut):** Método encargado de detectar en que ramificación las soluciones dadas no están siendo óptimas, podando aquella rama del árbol para así no malgastar recursos.

3.6.5 Métodos aproximados

Los métodos aproximados proporcionan una solución óptima a problemas considerados difíciles de resolver, es decir, problemas compuestos por algoritmos exponenciales complejos de modelar computacionalmente. Para su desarrollo es ideal eliminar la restricción de encontrar siempre la solución precisa.

- **Método heurístico**

Son procedimientos para resolver problemas de optimización simples que realizan una aproximación limitada del espacio de búsqueda y dan soluciones de calidad aceptable en tiempos moderados. Las soluciones obtenidas por esta clase de métodos suelen ser perfeccionadas con otras herramientas más sofisticadas.

Este método depende en gran medida del problema que se quiere abordar a diferencia del método exacto ya que los procedimientos son específicos para cada problema.

Razones para utilizar un método heurístico:

- El problema en cuestión no puede ser resuelto por un método exacto ya sea por limitante de tiempo, costo, modelamiento computacional.
- Método más flexible que el método exacto ya que permite la incorporación de condiciones de difícil modelización computacional.
- Es utilizado como parte de un procedimiento global proporcionando una buena solución de partida.

Los algoritmos heurísticos clásicos para el VPR pueden dividirse en 3 categorías principales:

- 1) **Métodos de dos fases:** Permite entregar soluciones factibles que normalmente no resultan óptimas, por ende, el problema se divide en dos fases. Primera se agrupa los clientes (nodos). Segunda etapa se asignan las rutas a los vehículos. Para el desarrollo de este método se desprenden dos formas:
 - i. Rutear primero y asignar después
 - ii. Asignar primero y Rutear después.
- 2) **Métodos constructivos:** Método determinista que construye paso a paso una solución factible para el problema intentando optimizar la función objetivo, pero no incluyen ninguna fase de mejora de la solución encontrada.
- 3) **Métodos de mejora:** Parten de una solución factible inicial, buscando mejorarla realizando intercambios de arcos o vértices dentro de cada ruta o entre varias rutas.

- **Método meta-heurístico**

Método situado conceptualmente sobre el heurístico encargado de guiar el diseño. Permite generar soluciones más elaboradas y de mejor calidad que la heurística clásica, pero requieren mayor tiempo de ejecución.

Tipo de metodología que pueden ser aplicada a cualquier tipo de problemas, iniciándose con una solución vacía que posteriormente asigna nodos a las rutas evaluándolas de acuerdo a las restricciones y las funciones objetivos. Se trata de estrategias para diseñar procedimientos heurísticos, estableciéndose en función de tipo de procedimiento a los que hace referencia, donde podemos mencionar los siguientes:

- 1) **Métodos constructivos:** Procedimiento que parte de una solución vacía, introduciendo posteriormente nodos a las rutas, para así evaluarlas posteriormente según sus restricciones y función objetivo. El algoritmo más utilizado en este método es GRASP.
- 2) **Métodos Evolutivos:** Procesamiento basado en otorgar soluciones optimas en primera instancia, para posteriormente combinarla con elementos y así generar soluciones realmente factibles para el problema. El algoritmo más utilizado en este método es GENÉTICO.

- 3) **Métodos de búsqueda:** Procedimiento que se basa en la existencia previa de una solución, la que posteriormente realizan modificaciones hasta acercarse a una solución óptima. El algoritmo más utilizado en este método es TABÚ.

En ocasiones algunas metodologías meta heurísticas surgen de la unión de dos métodos meta heurísticas. Otras se centran en el uso de algún tipo de recurso, computacional o formal.

3.7 LINGO: Software para el modelamiento

El modelo TSP propuesto debe ser programado en la herramienta LINGO por lo ya mencionado en el capítulo 3. Esta programación tiene como resultado un código fuente, que es simplemente una secuencia de instrucciones que serán utilizadas por la aplicación cada vez que el programa sea ejecutado. Dependiendo del tamaño del problema y de la complejidad de la estructura de datos cargada, el tiempo que tarda la aplicación hasta encontrar un resultado puede ir desde segundos hasta días, debido a que al ingresar un nuevo dato al modelo el tiempo que tarda en encontrar una solución es exponencial.

En el Anexo se presenta una imagen que representa la licencia obtenida de manera gratuita por parte de LINGO por el periodo de 6 meses, esta versión corresponde a la “*Extended*”, la cual no tiene límites en el número de restricciones, ni de variables.

- **Estructura modelo LINGO**

Un modelo programado en LINGO es una secuencia de instrucciones en un lenguaje de programación dado por la aplicación que será interpretado por sus solvers hasta llegar a un resultado⁵.

LINGO está diseñado para usos con modelos de optimización donde la estructura del programa se asemeja a una formulación matemática. Esta herramienta consiste en analizar conjuntos de datos, variables y funciones que son creadas en las ecuaciones, en conjunto con la función objetivo y restricciones a las cuales están sujetas los modelos.

⁵ [Thompson, 13] Propuesta de mejora al sistema de distribución operacional de Melón Supercentro

Cualquier modelo programado en LINGO puede construirse dentro del conjunto de instrucciones MODEL y END, o bien, como línea de comandos DOS. En este trabajo se optó por utilizar el lenguaje de programación (MODEL-END) en vez de la línea de comandos por conveniencia en el manejo de archivos, aunque su estructura de comandos y funciones son similares.

Como preámbulo a este *software* existen diversas secciones en un modelo matemático tales como SET, DATA, INIT, CALC, como también los comentarios de programación⁶, donde cada grupo de instrucciones como funciones, expresiones y operadores dentro de ellas se separan por un punto y coma “;”.

En detalle se mencionan las secciones las cuales representan algo en específico.

- La sección SET-ENDSETS representa los conjuntos de datos y sus atributos, declarados explícita o implícitamente, que utilizará posteriormente el modelo. Conjuntos de datos son, por ejemplo, clientes a visitar, ciudades a visitar, nodos, la demandas que presentan estos, listas de productos, inventarios, entre otros. Cada conjunto de datos en particular permite definir variables de decisión, variables auxiliares e índices.
- La sección DATA-ENDDDATA del modelo representa los datos de entrada o valores constantes definidos, que se utilizarán para crear la instancia del modelo una vez que el código fuente sea interpretado por el *solver*⁷. Los datos se pueden declarar explícitamente en el código, o bien, referenciarlos a través de vínculos a archivos de texto, planillas *Excel* o bases de datos.
- La sección INIT opcionalmente puede definir los valores iniciales, para las variables que se indiquen, que debería tomar el *solver* al comenzar a resolver.
- La sección CALC opcionalmente proporciona el espacio para que se trabajen los datos ingresados. Por ejemplo, para calcular promedios u obtener distribuciones de frecuencia de datos, se utiliza cuando las bases de datos no pueden modificarse.

⁶ Los comentarios se ingresan entre los operadores! y ;

⁷ Solver: Conjunto de solucionadores que trae incorporado el software Lingo, con el fin de resolver diferentes tipos de ecuaciones.

Fuera de estas secciones está el modelo propiamente tal, en que existen diversas funciones y operadores que son las instrucciones para crear la instancia del modelo donde cada conjunto de ecuaciones se puede etiquetar utilizando los operadores []. Por otro lado, un modelo de optimización que desee maximizar una función objetivo incluirá (MAX) [*función_objetivo*]; así mismo también existen las funciones (MIN) [*función_objetivo*] para minimizar.

Con respecto a las restricciones se incorporan utilizando las funciones @SUM para crear sumatorias, @FOR para fijar un índice dentro de las ecuaciones, junto con un conjunto de operadores lógicos como:

- #EQ#, (equal), para igual.
- #NE#, (not equal), para distinto.
- #GE#, (greater than or equal to), para mayor o igual.
- #GT#, (greater than), para mayor estricto que.
- #LT#, (less than), para menor estricto que.
- #LE#, (less than or equal to), para menor o igual que.

Por último, para definir la naturaleza de las variables existen ciertas funciones de dominio. La función @BIN crea variables binarias (0 ó 1), la @GND crea variables enteras, la función @FREE permite que la variable tome cualquier valor real (sean positivos o negativos), la función @BND limita la variable para que se ajuste a un rango finito, entre otras.

Cabe mencionar que LINGO para hacer la resolución de los modelos, incorpora varios métodos de solución a través de los *solvers* que esta herramienta trae incorporada. Los modelos TSP son clasificados por el software como problemas de programación lineal entera mixta (MILP), y para resolverlos utiliza el *solver* “Branch and Bound” (B and B).

- **Características modelo LINGO**

La sintaxis o fórmula para escribir los modelos en LINGO es fundamental, teniendo sus principales características que se describen a continuación:

- Los nombres de las variables deben comenzar con un carácter alfabético, los siguientes caracteres pueden ser alfabéticos, numéricos o subrayados. Los nombres pueden ser de hasta 32 caracteres de longitud.
- Cada línea en LINGO finaliza con un punto y coma, el punto y la coma son requeridos, el modelo no resolverá si estos faltan.
- Se pueden introducir comentarios, que serán ignorados por LINGO, comenzando con un signo de exclamación (!) y terminando con un punto y coma (;). Los comentarios pueden ocupar más de una línea, donde generalmente explican sobre la acción a realizar a continuación.

Dado que la mayor parte de los computadores no tienen una tecla de menor o igual, LINGO ha adoptado como convención utilizar el símbolo \leq o $<$ para representar esta restricción. Lo mismo se usa \geq o $>$ para expresar mayor igual o mayor.

- **Carga de datos**

En LINGO se pueden cargar los datos directamente introduciendo la matriz dentro del código fuente donde generalmente dicha matriz posee reducidos campos de datos, sin embargo, este software ofrece importarlos desde otras herramientas al presentar una amplia cantidad de cifras, presentando compatibilidad con *softwares* como Excel, Access, Oracle, SQL Server, Word, etc. La afinidad de LINGO con estos formatos permite separar la expresión del problema desde los datos, brindando una mayor flexibilidad al modelo de manera que hace fácil realizar cualquier modificación al problema.

Por otro lado, el *solver* de LINGO se encarga de interpretar y resolver el modelo programado, para lo que requiere que se carguen los parámetros de entrada. Como se mencionó la sección DATA indica que las instrucciones a continuación refieren a los datos que se ocuparán. Mediante la función @OLE se pueden cargar datos desde planillas Excel con rangos etiquetados. Esto quiere decir que: el conjunto de celdas que contienen los datos que se ingresan al programa, deben tener una etiqueta con el nombre de ellos. Para realizar una carga exitosa desde una planilla Excel se debe formular en LINGO de la siguiente forma:

@OLE ('\nombre_del_archivo.xlsx');

Además de leer la información de una hoja de cálculo, LINGO permite escribir y así visualizar la información de la solución en una hoja de cálculo. De esta manera se pueden crear informes de Excel y se puede analizar la información de manera mucho más sencilla. El proceso se puede hacer automáticamente cuando se soluciona el modelo, o manualmente después de solucionarlo. Para exportar los resultados a una planilla, se utiliza el mismo comando como se muestra a continuación:

@OLE ('nombre_del_archivo_xlsx')= U, funcion_objetivo;

- **Ejecución del programa**

Para ordenar a LINGO que resuelva el problema, se debe seleccionar el comando *solve* del menú LINGO, o presionar el botón solve de la barra de herramientas. Si no hay errores en la formulación del problema durante la etapa de compilación, LINGO mostrará el módulo de resolución adecuado para buscar la solución óptima. El tiempo de resolución dependerá de la cantidad de datos que LINGO debe manipular, pudiendo tardar desde 1 segundo hasta días.

3.8 Metodología General de Trabajo

Las etapas y actividades a realizar en el desarrollo de este trabajo de memoria se describirán en los siguientes puntos:

a) Visualizar operaciones de la empresa

Al comienzo de este trabajo de título se efectuó una etapa exploratoria del problema, donde se establecieron conversaciones y reuniones con gerentes, subgerentes, jefe de zona y supervisores de ventas de Santiago, en la cual se fue definiendo el alcance del problema.

Dichas reuniones nos entregaron los conocimientos ligados a las operaciones de los centros de distribución y plantas de la región Metropolitana donde en conjunto a lo anterior permitió encontrar instancias para descubrir la problemática de nuestro trabajo de título.

b) Recopilar información

La información obtenida para el correcto desarrollo de esta memoria de título fue:

- Información general sobre el CD de Lo Espejo, Quilín y Huechuraba además de las plantas Lo Boza y San Pablo.
- Información sobre las opiniones de los trabajadores, para conocer su visión acerca de los mayores problemas en los CD.
- Información del proceso en el CD - datos de los viajes - costos y volúmenes transportados. (Base de datos) Toda esta información obtenida fue entregada por personal de la empresa bajo las políticas de privacidad de la organización.

Una vez recopilada la información necesaria se dictaron objetivos (general y específicos) y así mismo se estableció un análisis financiero estimado considerando los costos actuales en que incurre la organización para contrastarlos con el capital que se ahorrará en el corto/mediano plazo, una vez eliminado las causas que provocan el problema.

Ya definido el problema y su alcance, se debió establecer que características determinan el comportamiento del proceso actual, como el hecho de medir tiempos y volúmenes actuales de entrega, recopilar información detallada del sistema de distribución, investigar el proceso desde que el cliente requiere un pedido hasta que la empresa realiza la entrega, la cual es información necesaria para realizar las respectivas estratificaciones.

c) Evaluar modelos y softwares

En esta etapa se seleccionó y se aplicó herramientas de análisis a los datos recolectados en la etapa anterior estableciendo un plan de mejora. Además, se realizó una investigación bibliográfica relativa al problema, considerando temas como la administración de la cadena de suministro, redes logísticas, sistemas de distribución y PRV para determinar la selección del modelo de solución a utilizar.

Posteriormente se trabajó con la elección del modelo y software a utilizar.

d) Selección modelo y software a utilizar

Mediante una revisión del estado del arte se buscó el modelo adecuado considerando:

- Una flota heterogénea.
- Gran cantidad de clientes.
- 3 centros de distribución.
- Demanda conocida.
- Que no existan sub-tours (pasar dos veces por un mismo punto).

Según estas características necesarias para resolver el problema se procede a utilizar un modelo TSP para las particularidades de este caso.

e) Establecer los parámetros de entrada del modelo

- Se georreferenció los puntos de despacho mediante Google Earth y Map City en conjunto para tener la localización exacta de cada cliente.
- Distribución de los pedidos y rutas realizadas a los clientes en días típicos de funcionamiento.
- Se midió el funcionamiento del sistema para seleccionar un día típico en el que se tenga una mayor cantidad de demanda en las rutas designadas.
- Todo esto se puede lograr por la base de datos entregada por el área de logística de la empresa.

f) Rediseñar modelo

- Se definieron variables, conjuntos y parámetros respectivos del problema.
- Se rediseño modelo en la plataforma MapCity.
- Se construyó la función objetivo que minimice la cantidad de kilómetros recorridos para las rutas diarias junto con las restricciones a las que estará sujeto el modelo.

Para cumplir con estos requisitos se realizó una revisión bibliográfica de los modelos que tienen características necesarias para intervenir en el que se diseñará para esta ocasión, con el fin de posteriormente plantear el modelo final acorde a la problemática.

g) Programar el modelo y validar

- Se programó el modelo de solución.
- Se validó el modelo programando en comparación con la situación actual de la organización.

Luego de haber recopilado toda la información anterior y de confeccionar el modelo en conjunto con el uso del software proporcionado por la empresa “Mapcity” se determinó una mejor reasignación de rutas de reparto mejorando directamente los costos y cantidad de kilómetros recorridos.

h) Evaluar y analizar los resultados

Se evaluó el reordenamiento de las rutas de reparto para analizar las mejoras en las distancias recorridas y en forma global los costos en la distribución. Analizando los resultados en comparación con la situación actual de la empresa y verificar las mejoras que se obtuvieron.

i) Generar conclusiones

- Se generaron conclusiones adecuadas considerando los elementos que se deben continuar mejorando o modificando en relación al funcionamiento de la herramienta utilizada.
- Se generaron recomendaciones para la aplicación de la propuesta en la empresa.

Capítulo IV: Construcción modelo y solución

En este capítulo se presentan las distintas etapas que se realizaron en la presente memoria de título, desde la visualización de las operaciones logísticas de la empresa hasta la resolución del problema.

4. Formulación modelo distribución Agrosuper

El gran número de clientes que posee Agrosuper requiere de un arduo análisis para lograr establecer un modelo que pueda beneficiar a la empresa y que a su vez pueda incluir la totalidad de las variables que participan activamente en el proceso. Para lograr esto es necesario comprender cada actividad desarrollada, conocer el personal involucrado y tener contacto directo con los clientes.

Es necesario establecer un escenario temporal para el análisis, el que limitará la información necesaria. Los meses seleccionados fueron agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2016, ya que estos albergan la mayor demanda de productos por parte de los clientes debido a la época del año (estacionalidades).

Como se mencionó con anterioridad Agrosuper S.A. está integrado por distintos canales de ventas como es el sector Food-Service, Supermercados, Tradicional e Industrial. El análisis se enfoca en el *canal tradicional* de la Región Metropolitana presentando éste la mayor cantidad de problemas a nivel nacional los que afectan directamente a la empresa, traduciéndose en un mal servicio y generando considerables pérdidas monetarias.

La demanda de pedidos se centra en productos *Procesados* que alberga a Hortalizas, Elaborados y Congelados siendo distribuidos a los clientes mediante *camionetas*.

Variables:

Al existir un gran número de clientes para ser abastecidos, es necesario tener en cuenta cuales son las variables más importantes a considerar para abordar el problema, de las cuales hemos identificado las siguientes:

- Clientes.
- Vehículos.
- Zonas de transporte.

4.1 Clientes:

La cartera de clientes de Agrosuper en el canal tradicional comprende aproximadamente a 14.000, donde 9.000 son clientes que demandan productos procesados y 5.000 clientes demandan productos crudos.

Para iniciar el estudio Agrosuper S.A facilitó la información de 9.000 clientes de productos procesados, correspondiente a los meses mencionados con anterioridad en donde se detalla la información relacionada a su dirección, órdenes de compra realizadas, entre otras.

Para la obtención de la información Agrosuper S.A utiliza el software “BW” que posee una detallada base de datos que proporciona información sobre cada uno de sus clientes. En los informes de esta base de datos, se pueden encontrar detalles tales como, dirección del cliente, comuna, zona de reparto, día de despacho, histórico de demanda, frecuencia de compra y toda la información de identificación del personal responsable de la venta y reparto de productos.

4.1.1 Dirección Clientes:

Obtenida esta base de datos es necesario verificar en primera instancia si la dirección particular del cliente se encuentra correcta, para ello cada cliente fue georreferenciado mediante el software *Mapcity*. Este paso se realizó a través de las direcciones de cada local que fue demarcado en color rojo, presentando por otro lado en color verde el nombre del propietario como se presenta en la figura 19. Figura que representa un extracto de 5 clientes del listado total de 9.000 clientes georreferenciados.

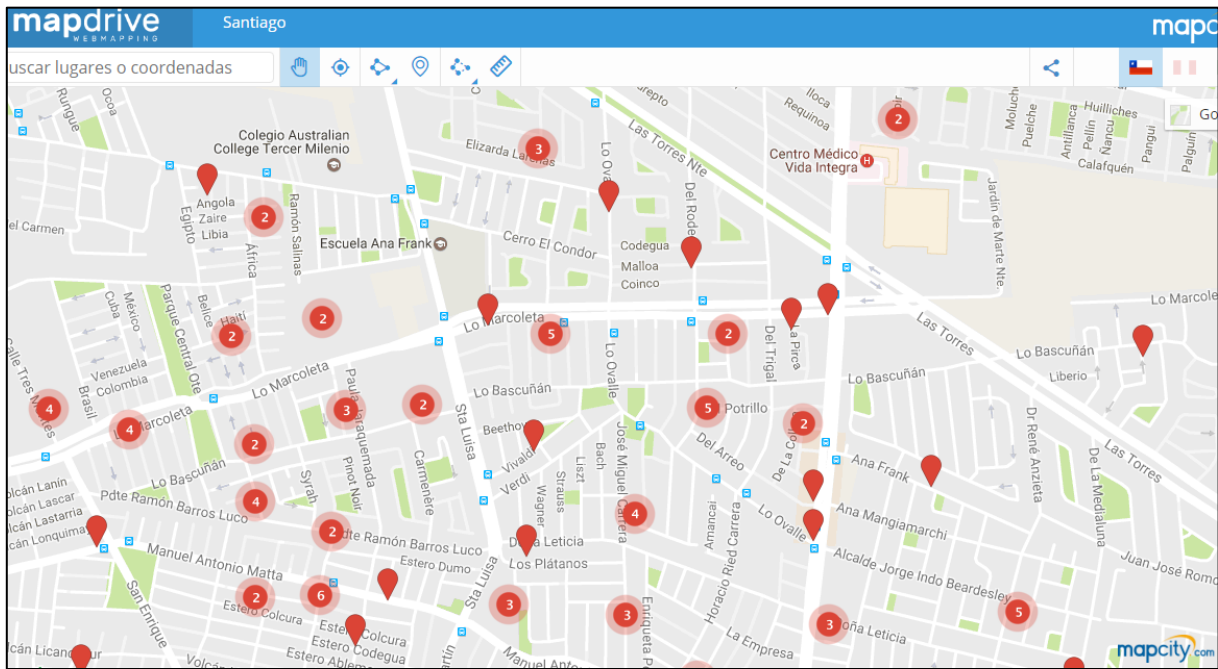
FIGURA 18: EXTRACTO BASE DE DATOS.

1	Tipo de cli	cod_local	Local	Dirección	cod_zona	zona_Reparto	comuna	Fecha	dia_Sema	cod_vend	Vendedor
53	Tradicional	719	Muñoz Arriaga	Domingo Ca	113301005	Colina 2	Colina	02-11-2016	MI	V2369	Valenzuela A
54	Tradicional	719	Muñoz Arriaga	Domingo Ca	113301005	Colina 2	Colina	04-11-2016	VI	V2369	Valenzuela A
55	Tradicional	719	Muñoz Arriaga	Domingo Ca	113301005	Colina 2	Colina	05-11-2016	SA	V2369	Valenzuela A
56	Tradicional	719	Muñoz Arriaga	Domingo Ca	113301005	Colina 2	Colina	08-11-2016	MA	V2369	Valenzuela A
57	Tradicional	719	Muñoz Arriaga	Domingo Ca	113301005	Colina 2	Colina	10-11-2016	JU	V2369	Valenzuela A
58	Tradicional	1174	Díaz Zuñiga	Gran Av Jos	1513130001	San Miguel Norte	San Miguel	11-08-2016	JU	V2391	Arellano Fue
59	Tradicional	1174	Díaz Zuñiga	Gran Av Jos	1513130001	San Miguel Norte	San Miguel	26-09-2016	LU	V2402	Soto Gallard
60	Tradicional	1174	Díaz Zuñiga	Gran Av Jos	1513130001	San Miguel Norte	San Miguel	21-10-2016	VI	V2402	Soto Gallard
61	Tradicional	1174	Díaz Zuñiga	Gran Av Jos	1513130001	San Miguel Norte	San Miguel	14-11-2016	LU	V2402	Soto Gallard
62	Tradicional	1535	Polanco Henrí	Las Perdices	113125004	Quilicura 4	Quilicura	16-11-2016	MI	V2451	Acuña Ceba
63	Tradicional	1610	Godoy Perez	Padre Artea	113115001	Lo Barnechea	Lo Barnechea	16-09-2016	VI	V2385	Ruiz Burgos
64	Tradicional	1610	Godoy Perez	Padre Artea	113115001	Lo Barnechea	Lo Barnechea	14-10-2016	VI	V2385	Ruiz Burgos
65	Tradicional	1610	Godoy Perez	Padre Artea	113115001	Lo Barnechea	Lo Barnechea	28-10-2016	VI	V2385	Ruiz Burgos
66	Tradicional	1610	Godoy Perez	Padre Artea	113115001	Lo Barnechea	Lo Barnechea	04-11-2016	VI	V2385	Ruiz Burgos
67	Tradicional	1610	Godoy Perez	Padre Artea	113115001	Lo Barnechea	Lo Barnechea	11-11-2016	VI	V2385	Ruiz Burgos
68	Tradicional	1735	Hidalgo Asto	Santa Ines S	113302004	Lampa 2	Lampa	31-08-2016	MI	V2409	Quiroz Perez
69	Tradicional	1735	Hidalgo Asto	Santa Ines S	113302004	Lampa 2	Lampa	03-09-2016	SA	V2409	Quiroz Perez
70	Tradicional	1735	Hidalgo Asto	Santa Ines S	113302004	Lampa 2	Lampa	28-09-2016	MI	V2409	Quiroz Perez
71	Tradicional	1735	Hidalgo Asto	Santa Ines S	113302004	Lampa 2	Lampa	22-10-2016	SA	V2409	Quiroz Perez
72	Tradicional	1735	Hidalgo Asto	Santa Ines S	113302004	Lampa 2	Lampa	29-10-2016	SA	V2409	Quiroz Perez

Fuente: Elaboración Propia

Esto permitió verificar con exactitud sus direcciones en el mapa, como se muestra en la siguiente figura 20:

FIGURA 19: GEORREFERENCIACIÓN CLIENTES.

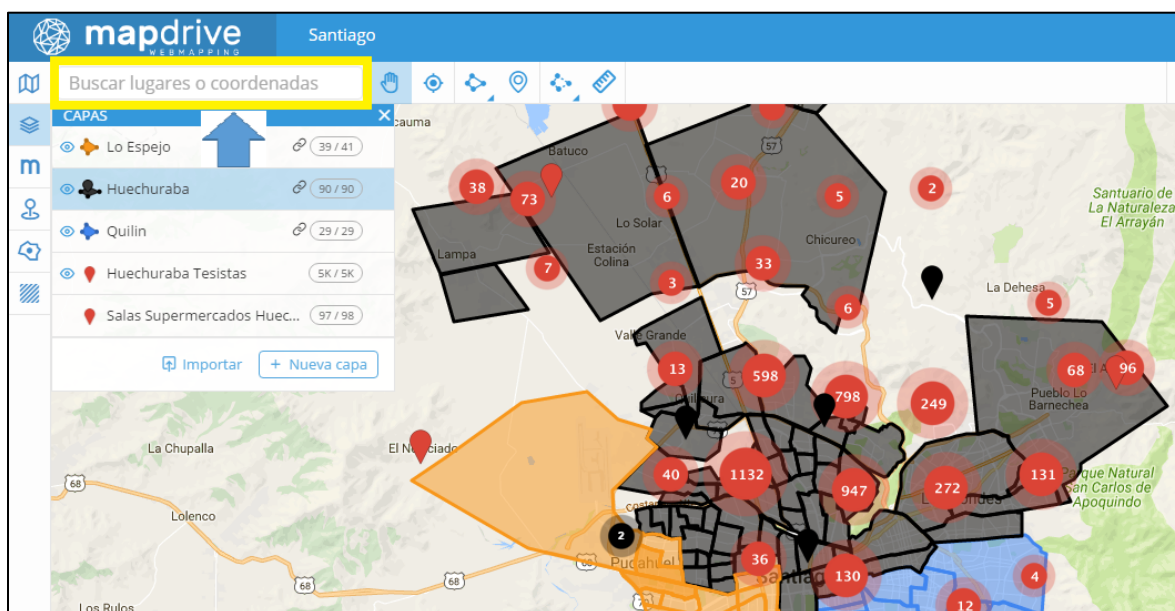


Fuente: Sitio Web Map city.

Con la totalidad de zonas realizadas en el mapa se ingresa la dirección de los más de 9.000 locales para su posterior georreferenciación. Los puntos en color rojo muestran los clústeres de clientes por cada zona de reparto.

En determinadas situaciones el cliente registraba en la base de datos una dirección incorrecta, donde las coordenadas se alejaban de la comuna asignada, para ello fue necesario mediante la ayuda del departamento de ventas y supervisores, corroborar la dirección consultando directamente al preventa asignado para el cliente en cuestión.

FIGURA 20: GEORREFERENCIACIÓN CLIENTES POR COMUNA.



Fuente: Sitio Web Map city

4.1.2 Actividad Clientes:

Posterior a la georreferenciación de cada cliente, se verificó si éste se encuentra actualmente activo o inactivo en el sistema, esto quiere decir, si presenta facturas en los últimos 3 meses. Para ello es necesario recurrir al historial de pedidos.

- **Cliente Activo:** Cliente registrado en la base de datos que presenta facturas en los últimos 3 a 4 meses.

- **Cliente Inactivo:** Cliente registrado en la base de datos no presenta facturas en el último tiempo.

De los 9.000 clientes analizados en el canal tradicional, 8.616 registran compras en los meses seleccionados, agrupados según la comuna que integran en la tabla 11:

TABLA 11: TOTAL CLIENTES R. M.

Comuna	Clientes	Comuna	Clientes
Buín	76	Maipú	579
Calera de Tango	21	Ñuñoa	173
Cerrillos	74	Padre Hurtado	102
Cerro Navia	228	Paine	139
Colina	125	Pedro Aguirre Cerda	100
Conchalí	192	Peñaflor	125
El Bosque	181	Peñalolén	413
Estación Central	226	Providencia	81
Huechuraba	225	Pudahuel	296
Independencia	121	Puente Alto	850
Isla de Maipo	62	Quilicura	238
La Cisterna	143	Quinta Normal	219
La Florida	483	Recoleta	233
La Granja	210	Renca	240
La Pintana	328	San Bernardo	416
La Reina	62	San Joaquín	190
Lampa	106	San Miguel	79
Las Condes	115	San Ramón	114
Lo Barnechea	71	Santiago	431
Lo Espejo	191	Talagante	5
Lo Prado	203	Vitacura	8
Macúl	142	Total general	8.616

Fuente: Análisis propio

En el caso de los clientes que fueron georreferenciados en el mapa de la R.M y se encuentran inactivos, se procedió a no considerarlos como base de análisis.

4.1.3 Frecuencia de compra.

Identificar la frecuencia de compra de los clientes pertenecientes a Agrosuper S.A juega un rol trascendental ya que permite orientar las estrategias y recursos necesarios para establecer una relación directa con el cliente, entregando un servicio de calidad a quienes ya forman parte y quienes lo harán en un futuro.

Este cálculo permite clasificar los clientes mediante su comportamiento de compra para así proponer alternativas adaptando la oferta según sus necesidades.

La siguiente clasificación se realizó en base a los clientes activos detallados en el capítulo anterior.

- **Cientes de Compra Frecuente**

Son los clientes que realizan compras en forma repetitiva y cuyo intervalo de tiempo entre una compra y otra es breve. Este tipo de clientes confía en la calidad de los productos y servicios entregados por Agrosuper S.A y no poseen interés en adquirir compromiso con la competencia. El abanico de productos entregados a estos clientes es grande, abarcando cecinas, congelados, hortalizas, etc.

Para la empresa es fundamental establecer una relación directa con estos clientes, entregándoles un servicio personalizado según sus necesidades y haciéndolos sentir importantes, como también ellos esperan precios especiales, la mejor calidad en los productos, tratos preferenciales, etc.

Para la organización un cliente es considerado de compra frecuente si realiza pedidos 3 a 4 veces por semana, esto se traduce en visitas diarias hechas por los vendedores y los preventas.

- **Cientes de Compra Habitual**

Son los clientes que realizan compras en forma regular, es decir, compran los días que establece la empresa según su zona de reparto. Cliente que respeta los días en que el preventa realiza el pedido y se organiza en forma eficiente.

Este tipo de cliente se encuentra satisfecho por el servicio y productos entregados por la empresa, pero por lo general posee relación con distintas empresas, demandando los productos que el establece como necesario según la oferta existente.

Es primordial brindarles una atención esmerada para incrementar su nivel de satisfacción, y de esa manera, tratar de incrementar su frecuencia de compra y abanico de productos adquiridos.

Para Agrosuper S.A un cliente es considerado de compra habitual si realiza pedidos 1 a 2 veces por semana.

- **Cientes de Compra Ocasional**

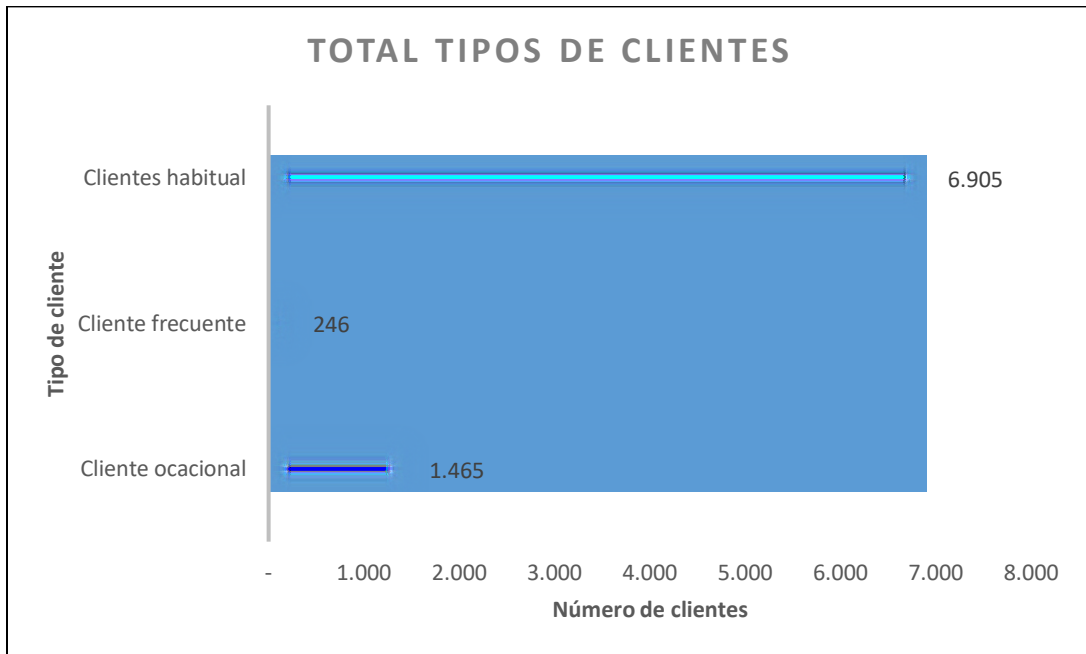
Son los clientes que realizan compras en forma ocasional, es decir, aquellos que realizan compras de vez en cuando o por única vez.

Este tipo de clientes posee un volumen de compra por lo general bajo, generando costos de transportes en ocasiones mayor a lo demandado, por lo general el equipo de ventas realiza visitas sin un resultado favorable.

Su baja frecuencia de compra se debe en ocasiones a un mal servicio percibido por ellos y otorga una oportunidad de mejora por parte de la empresa.

Para Agrosuper S.A un cliente es considerado de compra ocasional si realiza pedidos 1 o menos veces al mes.

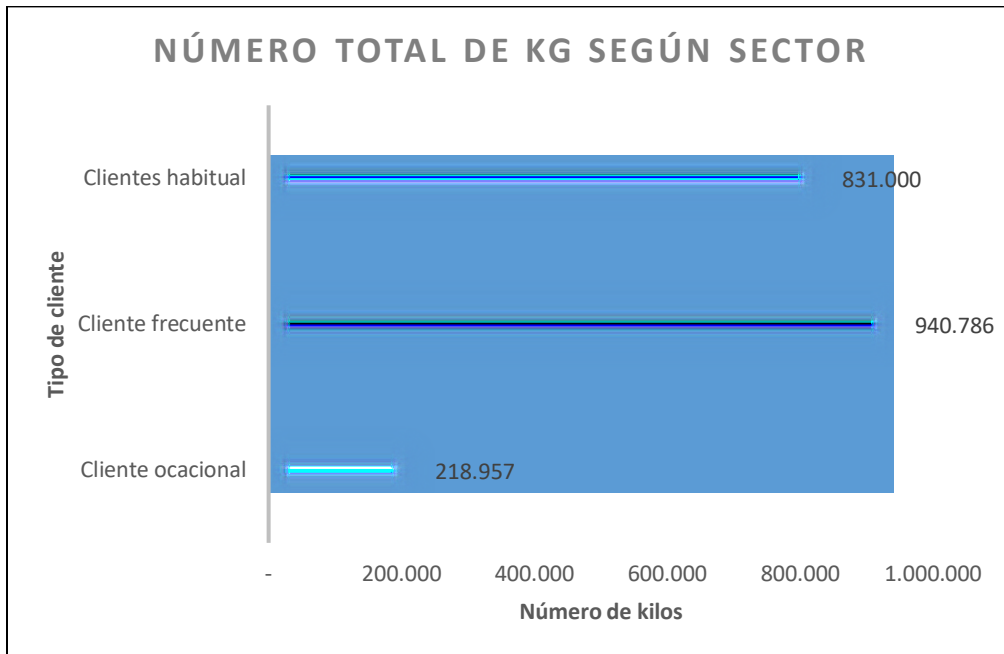
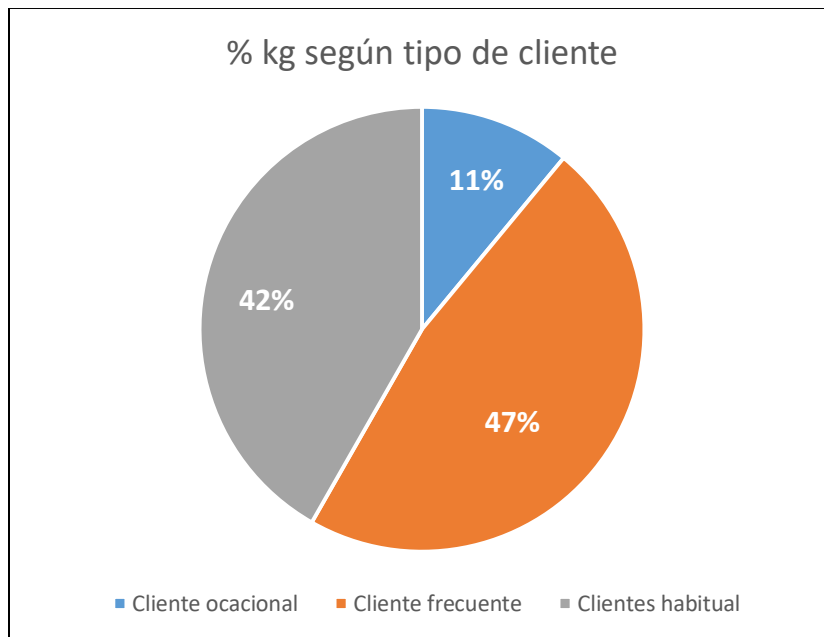
Mediante las siguientes gráficas se detalló la composición de los clientes según la clasificación anteriormente descrita.

GRÁFICA 3: COMPOSICIÓN CLIENTES SEGÚN SECTOR.

Fuente: Análisis base de datos

En el gráfico 3 se puede observar que el mayor número de clientes está compuesto por los de compra habitual, esto quiere decir, clientes que requieren visita semanal, seguido por los clientes de compra ocasional.

Posterior a la identificación del número de clientes por sector, se obtuvo el total de kilos demandados por los sectores, el que se detalla a continuación:

GRÁFICA 4: NÚMERO DE KILOS SEGÚN SECTOR.**Fuente: Análisis base de datos****GRÁFICA 5: COMPOSICIÓN KILOS SEGÚN SECTOR.****Fuente: Análisis propio**

De las gráficas se puede concluir que los clientes de compra frecuente son los que ocupan el menor porcentaje en número de clientes, pero demandan la mayor cantidad de kilos dispuestos para la distribución. Por otro lado, el cliente de compra ocasional está constituido por un alto número de clientes, pero solo demandan el 11 % de los productos dispuestos para la distribución.

4.1.4 Volumen de compra:

Mediante el cálculo en el volumen (kg) de compra perteneciente a la Región Metropolitana, es posible establecer una relación directa entre la cantidad de clientes y el total de compras realizadas. Para los meses seleccionados se realizó la tabla 12 referente a la composición de cada comuna:

TABLA 12: TOTAL KG CLIENTES R. M.

Comuna	Total clientes	Total KG	% del total
Buin	76	19.572	0,98%
Calera de Tango	21	1.585	0,08%
Cerrillos	74	10.215	0,51%
Cerro Navia	228	43.330	2,17%
Colina	125	29.574	1,48%
Conchalí	192	39.665	1,99%
El Bosque	181	33.083	1,66%
Estación Central	226	67.327	3,38%
Huechuraba	225	58.366	2,93%
Independencia	121	26.315	1,32%
Isla de Maipo	62	8.099	0,41%
La Cisterna	143	47.599	2,39%
La Florida	483	122.962	6,17%
La Granja	210	37.442	1,88%
La Pintana	328	113.484	5,69%
La Reina	62	12.736	0,64%
Lampa	106	20.229	1,01%
Las Condes	115	24.231	1,22%
Lo Barnechea	71	10.406	0,52%
Lo Espejo	191	50.630	2,54%
Lo Prado	203	42.175	2,12%

Macúl	142	29.999	1,50%
Maipú	579	116.992	5,87%
Ñuñoa	173	38.912	1,95%
Padre Hurtado	102	19.273	0,97%
Paine	139	38.386	1,93%
Pedro Aguirre Cerda	100	10.472	0,53%
Peñaflor	125	31.286	1,57%
Peñalolén	413	86.413	4,33%
Providencia	81	16.622	0,83%
Pudahuel	296	57.547	2,89%
Puente Alto	850	240.172	12,05%
Quilicura	238	39.783	2,00%
Quinta Normal	219	40.546	2,03%
Recoleta	233	52.292	2,62%
Renca	240	60.052	3,01%
San Bernardo	416	77.502	3,89%
San Joaquín	190	29.161	1,46%
San Miguel	79	14.077	0,71%
San Ramon	114	29.969	1,50%
Santiago	431	143.837	7,21%
Talagante	5	810	0,04%
Vitacura	8	731	0,04%
Total	8.616	1.990.743	100%

Fuente: Análisis propio

Mediante la tabla 12 se puede observar un total de 1.990.743 kg de productos procesados que son distribuidos en 8.616 clientes, presentando Puente Alto la mayor cantidad de clientes con un volumen en kg de (240.172) y una participación total del 12%, sobrepasando a todas las comunas.

En cada Comuna de la Región Metropolitana existen clientes con distintos volúmenes de pedidos, ya sea almacenes de barrio, distribuidores a locales, entre otros. Destacándose los clientes con grandes volúmenes de compras, estos son llamados por Agrosuper como “Grandes Clientes”.

Para que un cliente sea considerado como “Grande” es necesario que su volumen de compra fluctúe sobre los 900 kilos mensuales, facilitando por parte de la empresa una atención preferencial y descuentos.

En la tabla 13 se identificó los grandes clientes, detallando el día de entrega y el total de kilos demandados en los meses seleccionados:

TABLA 13: GRANDES CLIENTES R. M.

Comuna	Cliente	Día entrega	Total kg
Buín	Com y Transp Juan C Jorquera Alegría	L-J	3.482
Cerrillos	Pulgar Fuentes Raúl Leonardo	L-J	5.265
Cerro Navia	Gajardo Fernández Manuel Alejandro	W-S	3.754
	Utreras Garrido María del Carmen	M-V	6.082
Colina	Sociedad Comercial Diaz Limitada	M-V	3.563
Estación Central	Comer y Distrib German Garín Godo	L-J	3.961
	Panificadora San Agustín	M-V	6.749
Huechuraba	Diaz Rojas Giovanna Andrea	L-J	4.687
La Cisterna	Armijo Abdo Juan Rafael	L-J	4.278
	Muñoz Bascur Jaime Antonio	W-S	9.325
	Ogas Guzmán Eugenia del Carmen	M-V	4.563
La Florida	Astorga Abarca Cristian Marcelo	L-J	3.729
	Lo Rico del Campo SPA	L-J	3.402
	Néstor A Carrasco Sepúlveda Distrib	M-V	11.630
	Supermercado Dacarla Ltda	W-S	5.536
La Pintana	Comercializadora Natural Fresh SPA	L-J	18.419
	Carrera Valdebenito Diana K	L-J	9.977
	Comer e Invers Daniela Ester Castib	L-J	4.723
	Distribuidora Aros Angulo Limitada	W-S	3.008
	Silva Alvarado Carola Pamela	M-V	13.773
La Reina	Com y Dist Luisfe Hijos SPA	W-S	3.359
Lo Espejo	Leal Ávila María Etelvina	W-S	7.921
Lo Prado	Comercial Fondos de Llanquihue Ltda	W-S	5.834
	Quijada Luengo Sergio Antonio	W-S	3.684
Macúl	Veliz Sandoval Silvia	L-J	3.175
Maipú	Concha Rojas Rosa Aurora	W-S	3.986
	Distribuidora Troncoso Ltda	M-V	4.962
	Soc Com Monumento Limitada	M-V	7.200
	Soc Com y Distrib Cosio Ltda	L-J	3.468
Peñaflor	Andrade Azocar Cristian Manuel	L-J	5.119
	Binimelis Alegría Natalie Ingrid	L-J	3.419
	Núñez Fuentes Cecilia del Carmen	L-J	3.399
Peñalolén	Comer y Distr Los Viñedos del Con	M-V	3.637
Pudahuel	Marco Antonio Muñoz Flores EIRL	M-V	4.301
Puente Alto	Carnes Miro Ltda	M-V	15.461

	Chacón Cabrera Solange del Carmen	M-V	3.870
	Comercial BCZ Limitada	L-J	6.422
	Cristian Aguilar Hernández Com EIR	W-S	5.240
	Martínez Hernández Carlos Ventura	L-J	3.987
	Soc Com Y Dist Pardo E Hijos Ltda	W-S	4.654
	Toro Valenzuela Jose	M-V	4.913
	Urrea Muaiad Jorge Claudio	M-V	6.864
	Valenzuela Caroca Víctor Manuel	M-V	3.229
	Villagra Palma Alexis Belén	L-J	5.611
Quilicura	Morales Diaz Sara Loreto	L-J	3.075
Quinta Normal	Muñoz Roco María Teresa	M-V	3.497
Recoleta	Repartos Mario F Morales Rivera El	W-S	3.115
San Bernardo	Avícola Real S A	W-S	7.710
	Comercializadora Maldonado Vargas L	M-V	6.759
Santiago	Com de Carnes Paquin Limitada	W-S	7.476
	Fiambrería La Preferida Ltda.	W-S	6.192
	Inv Diaz y Navarro Ltda	L-J	10.917
	Neira Huala Sara de Las Nieves	W-S	7.683
	Pérez Parra Juan Eduardo	W-S	6.191
	Ravera y Cia Ltda	W-S	4.917
	Sociedad Avícola Rio Maipo	L-J	8.348
	Tapia Azocar Carlos Santiago	W-S	4.851
Total			334.352

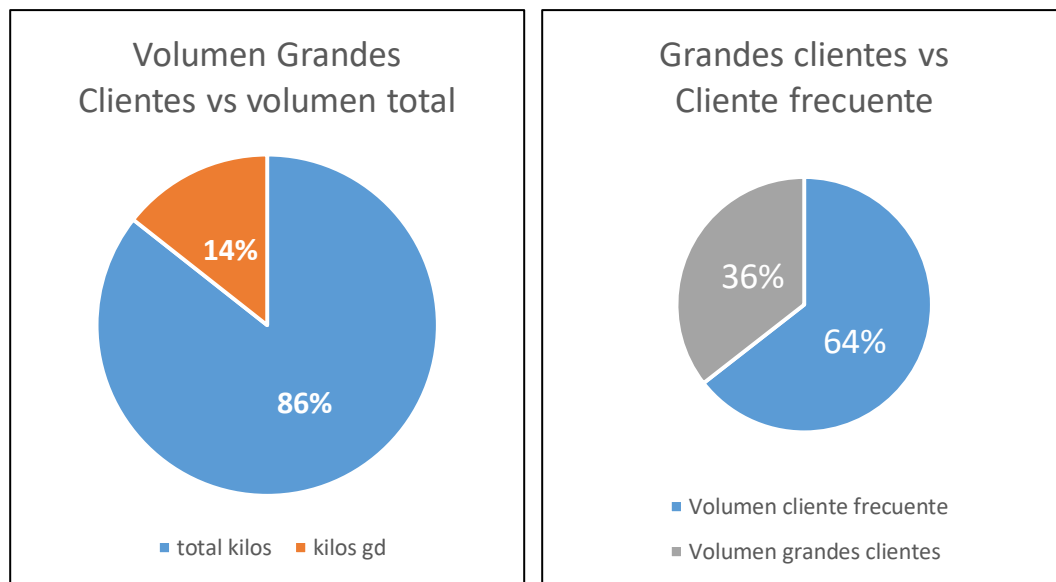
Fuente: Base Departamento logístico Agrosuper S.A.

El total de grandes clientes identificados en la Región Metropolitana es integrado por 57, siendo Puente Alto la comuna que presenta el mayor número de estos con un total de 9.

4.1.4.1 Propuesta

Mediante la identificación de los grandes clientes y su volumen de compras en los meses seleccionados, se puede establecer el siguiente escenario:

GRÁFICA 6: VOLUMEN TOTAL DE VENTAS ÁGROSUPER S.A.



Fuente: Análisis propio

De las gráficas anteriores se puede observar que un 14% del volumen total de productos demandados en procesados es distribuido a grandes clientes, esto demuestra su gran participación e importancia que se debe prestar a ellos. Por otro lado, el volumen que ocupan los grandes clientes integrados al cliente frecuente corresponde a un 36 % con 334.352 kilos.

La distribución de productos procesados como se mencionó con anterioridad es realizada por camionetas que se localizan en las distintas comunas de la Región Metropolitana, por tal motivo la distribución hacia los “grandes clientes” es realizada siguiendo este patrón.

Mediante el análisis e información proporcionada por los vendedores se han identificado los siguientes problemas referentes a la distribución hacia los grandes clientes:

- Amplia utilización en el espacio interior de las cámaras de frío en las camionetas por parte de los grandes clientes.
- Excesiva demora en la descarga de productos a grandes clientes ya que el vendedor debe ingresar manualmente cada producto a su IPAC.
- Demora en la descarga de productos hacia los grandes clientes genera un retraso en la entrega de los siguientes clientes asignados a la ruta.

Tras evaluar los problemas generados en la distribución de los grandes clientes se propone la derivación de estos a los camiones encargados de realizar la distribución de productos del sector de los crudos por los siguientes motivos:

- Gran capacidad de almacenamiento en las cámaras de frío de los camiones (15.000 kg).
- Realizan entregas en las comunas de la Región Metropolitana.
- Disminuiría considerablemente la carga proporcionada a las camionetas en sus cámaras de frío.
- Agilizaría el proceso de distribución de las camionetas, permitiendo la atención de una mayor cantidad de clientes.

Por último, la mayor ventaja que generaría esta propuesta corresponde a potenciar la compra de productos crudos por parte de los grandes clientes de procesados, ya que el camión tiene la capacidad de albergar ambos productos para su distribución.

En el siguiente ejemplo se puede observar un caso referente a la atención de “Carnes Miro Ltda”, información proporcionado por Agrosuper S.A.

- Hoja de ruta Sucursal Huechuraba:
- Semana: 48
- Comuna: Puente Alto
- Día de semana: viernes.

TABLA 14: HOJA DE RUTA VENDEDOR HEINZ IBARRA.

Vendedor Camioneta	Cliente	Total Kg
Heinz Ibarra Fuentes	Alarcón Millapan Rodrigo Azor	6
Heinz Ibarra Fuentes	Alarcón Pieriz Sebastián Mauricio	14
Heinz Ibarra Fuentes	Aldana Herrera Jose Reinaldo	16
Heinz Ibarra Fuentes	Álvarez Etcheverry Angela Mariluz	20
Heinz Ibarra Fuentes	Aylla Mellado Ramon Manuel	48
Heinz Ibarra Fuentes	Barrera Espinoza Norma Elisa	23
Heinz Ibarra Fuentes	Bravo Molina Rosa del Carmen	16
Heinz Ibarra Fuentes	Briones Ramos Jose Miguel	21
Heinz Ibarra Fuentes	Cáceres Jara Paola Andrea	14
Heinz Ibarra Fuentes	Calderón Quilodrán Carlos Alejandro	11
Heinz Ibarra Fuentes	Cancino Verdejo Juan Esteban	9
Heinz Ibarra Fuentes	Carnes Miro Ltda	700
Heinz Ibarra Fuentes	Cartes Figueroa María Angelica	6
Heinz Ibarra Fuentes	Castro Ramírez Darío Alejandro	5
Heinz Ibarra Fuentes	Céspedes Cuevas María	11
Heinz Ibarra Fuentes	Chávez Coli José Arsenio	17
Heinz Ibarra Fuentes	Cid Rivera Braulio	6
Heinz Ibarra Fuentes	Cortes Valdés Cristian	26
Heinz Ibarra Fuentes	Devia Leal María	8
	Total	977

Fuente: Departamento logística Agrosuper S.A.

La hoja de ruta está constituida por 19 clientes que requieren ser visitados en un sector de la comuna de Puente Alto con un volumen total de 977 kg. Para este caso Carnes Miro Ltda utiliza el 80,4% de la cámara de frío, la que puede transportar un máximo de 1.000 kg, generando un mínimo espacio para abastecer a los demás clientes.

4.2 Vehículos.

La flota de vehículos dispuesta para la distribución de productos procesados en la Región Metropolitana busca satisfacer las necesidades de los clientes, mediante una entrega oportuna y productos en óptimas condiciones. Esta distribución se basa en integrar la mayor cantidad de clientes y abarcar todas las comunas que integran la red de ventas.

4.2.1 Escenario Actual

La distribución actual es realizada por 40 camionetas que se localizan en distintas zonas de la Región Metropolitana, las que deben satisfacer una determinada cantidad de pedidos diarios mediante su hoja de ruta facilitada por el departamento de distribución.

Posterior al análisis realizado a los clientes en la etapa anterior, el procedimiento a seguir es elaborar una tabla resumen del histórico de pedidos de las 18 últimas semanas del año 2016, la que muestra a continuación:

TABLA 15: INFORMACIÓN HISTÓRICA DE PEDIDOS.

Mes	Semana	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Agosto	32	879	854	1.146	1.009	1.126	896
Agosto	33	Feriado	808	1.129	1.122	1.167	892
Agosto	34	849	785	509	944	1.224	1.075
Agosto	35	874	804	1.162	1.226	1.317	1.094
Septiembre	36	877	784	1.240	1.252	1.292	1.127
Septiembre	37	993	824	1.186	1.113	1.289	1.144
Septiembre	38	Feriado	850	1.297	1.210	1.272	736
Septiembre	39	1.015	576	512	897	1.208	1.221
Octubre	40	1.046	884	1.225	1.291	1.417	849
Octubre	41	938	770	1.292	1.272	1.358	1.023
Octubre	42	Inventario	946	784	1.133	1.270	1.198

Octubre	43	1.060	926	1.290	1.288	1.373	1.197
Noviembre	44	Feriado	Feriado	1.255	1.319	1.393	1.170
Noviembre	45	789	1.051	889	594	1.271	1.384
Noviembre	46	1.132	927	1.271	1.247	1.334	1.236
Noviembre	47	1.020	937	1.174	1.262	1.398	1.200
Diciembre	48	1.165	913	1.324	1.301	1.386	1.259
Diciembre	49	1.134	971	1.301	Feriado	S.N	S.N

Fuente: Elaboración Propia

Cabe señalar que la empresa no realiza distribución los días domingos, por tanto, se visualiza hasta el sexto día de la semana.

Una vez realizada la identificación, estructuración y clasificación de pedidos históricos de los clientes, se obtienen parámetros para vislumbrar ciertos análisis y establecer posibles escenarios. Dichos parámetros se concentran en obtener el promedio de pedidos y la desviación estándar de las 18 semanas, como se muestra a continuación.

TABLA 16: PROMEDIO Y DESVIACIÓN DE PEDIDOS.

Parámetros	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Promedio	984	859	1.110	1.146	1.300	1.100
Desv. estándar	118	107	260	191	85	170

Fuente: Elaboración propia

Obtenido el promedio de visitas perteneciente a los 40 vendedores, se determinó el promedio de visitas por vendedor como se visualiza en la siguiente tabla:

TABLA 17: PROMEDIO TOTAL E INDIVIDUAL.

Parámetros	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Promedio total	984	859	1.110	1.146	1.300	1.100
Promedio individual	25	21	28	29	32	28

Fuente: Elaboración propia

El propósito de obtener el promedio es visualizar el día que más demanda presenta la empresa con la información histórica, correspondiente al día viernes. Esto debido a que los locales se abastecen para afrontar el alza de ventas que presenta el fin de semana. Por otro lado, se calcula la desviación estándar para observar la variabilidad diaria de los pedidos, demostrando que los primeros días de la semana la demanda es muy variable y los días viernes no suele haber una alteración en la cantidad de pedidos ya que siempre presenta alza.

4.2.2 Escenario futuro.

Mediante el análisis y la obtención del escenario actual de distribución, se establecieron tres posibles escenarios, teniendo un escenario bajo, medio y alto que se detalla en la tabla 18.

TABLA 18: ESCENARIOS POSIBLES.

Escenarios	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Bajo	865	753	850	955	1.215	930
Medio	984	859	1.110	1.146	1.300	1.100
Alto	1.102	966	1.370	1.337	1.384	1.270

Fuente: Elaboración propia

Los números que se muestran en la tabla 18 se obtienen al sumar y restar la desviación estándar a cada promedio diario mostrado en la tabla 16, es decir, para el caso del día lunes

que presenta un promedio de 984 pedidos se le adiciona 118 para obtener el mejor escenario (alto) y se reduce en la misma cifra para obtener el peor escenario (bajo), ocurriendo lo mismo descrito con los días restantes de la semana.

El objetivo de lo anterior es calcular posibles escenarios de distribución, proponiendo tres patrones de visitas para cada escenario. Frente a esto la primera propuesta se hizo en base a 40 visitas por camioneta, la segunda con 42 visitas y la tercera con 45 visitas. Obteniendo la siguiente tabla 19:

TABLA 19: EVOLUCIÓN NÚMERO DE PEDIDOS.

Cantidad de pedidos deseados	Escenarios	LU	MA	MI	JU	VI	SA
	Peor	22	19	21	24	30	23
40	Promedio	25	21	28	29	32	28
	Mejor	28	24	34	33	35	32
	Peor	21	18	20	23	29	22
42	Promedio	23	20	26	27	31	26
	Mejor	26	23	33	32	33	30
	Peor	19	17	19	21	27	21
45	Promedio	22	19	25	25	29	24
	Mejor	24	21	30	30	31	28

Fuente: Elaboración propia

Para obtener los resultados presentados en la tabla 19 se divide cada escenario presente en la tabla 16 por la cantidad de pedidos deseados correspondientes, es decir, para el primer dato del día lunes se obtiene del cociente entre (865, 40); (984, 40) y (1.102, 40) para obtener 22 pedidos en un peor escenario, 25 pedidos en un escenario promedio y 28 pedidos en un mejor escenario. Lo anteriormente detallado se aplica a los demás días y cantidad de pedidos.

El objetivo reside en obtener un nuevo número total de camionetas para realizar la distribución en la Región Metropolitana. Lo anterior se obtiene considerando 45 pedidos por

cada camioneta donde en un mejor escenario refleja que se requiere de 31 camionetas para la distribución. El mejor escenario se aplica ya que es donde está la mayor cantidad de pedidos con la información histórica.

4.2.3 Selección Vendedores.

La modificación en el número total de camionetas significó reducir el número de vendedores, seleccionando los más destacados de la Región Metropolitana. Para lograrlo fue indispensable utilizar una herramienta que permitiera comparar el rendimiento de los vendedores, es por esto que se utilizó el nivel de servicio de entrega (NS), indicador que evalúa el cumplimiento en las entregas hechas por los vendedores diariamente.

Junto con el nivel de servicio (NS) se utilizó el número de visitas hechas por los vendedores, evaluando directamente a quienes poseían el menor número de visitas.

Herramientas utilizadas para la selección de vendedores:

- 1) **Nivel de servicio:** Indicador porcentual que detalla el nivel de cumplimiento en las entregas de los productos a los clientes.

Cada ruta de distribución diaria parte con un 100 % de NS, bajando gradualmente a medida que los productos no son entregados a los clientes, ya sea por devolución o productos que no quieren ser recibidos por el cliente.

- 2) **Número de visitas:** Corresponde al número de clientes que el vendedor debe satisfacer diariamente.

Una ruta de distribución puede tener un número alto o medio de clientes provocando que el vendedor realice la distribución en un tiempo acorde a la jornada.

Por otro lado, una ruta puede tener un número bajo de clientes provocando que el vendedor regrese tempranamente al centro de distribución terminando su jornada.

Para Agrosuper S.A el nivel de servicio es un parámetro indispensable ya que mide el cumplimiento en la entrega de los productos a los clientes, existiendo un nivel por cada vendedor, sucursal y global. Un nivel de servicio por sobre el 85% es considerado ideal, esto significa que sobre este valor del total de pedidos se entregaron satisfactoriamente. Para este

caso fue utilizado el nivel de servicio promedio por vendedor, comprendido para los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2016, extracto de 13 vendedores de un total de 40 se detalla en la tabla 20:

TABLA 20: EXTRACTO NIVEL DE SERVICIO POR VENDEDOR.

Año	Vendedor	NS
2016	Acuña Ceballo José Ignacio	87%
2016	Allar Ávila Jorge Adrián	76%
2016	Cortes Silva Osvaldo Enrique	85%
2016	Fuentealba Rivera Marco Antonio	77%
2016	Gutiérrez Pizarro Carlos Patricio	85%
2016	Moreno Reyes Jonathan Alexis	93%
2016	Ramírez Hernández Joaquín Gabriel	79%
2016	Ruiz Burgos Pablo Cesar	82%
2016	Santana Valdés Daniel James	88%
2016	Soto Canales Cristian	89%
2016	Valenzuela Acevedo Javier Mauricio	76%
2016	Villarroel Pérez Carlos Alberto	80%
2016	Villegas Medina Kevin Alex	76%

Fuente: Elaboración propia

Los vendedores con mayor nivel de servicio fueron prioridad al momento de priorizar su continuidad en el modelo.

En la tabla 21 se puede observar un extracto de los vendedores que poseían los niveles de servicio más bajos, quienes no fueron contabilizados para integrar el modelo final:

TABLA 21: VENDEDORES CON BAJO NIVEL DE SERVICIO.

Año	Vendedor	NS
2016	Quiroz Pérez Juan Pablo	65%
2016	Riveros Godoy Jorge Alejandro	70%
2016	Torres Muñoz Marcelo Alejandro	68%

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar la selección por medio del nivel de servicio, se realizó la selección mediante el criterio referente al número de visitas. Mediante este análisis se obtuvo quienes poseían el menor número de entregas referente al sector asignado, comparando directamente los vendedores para la zona en cuestión.

En la tabla 22 se detalla la elección de los vendedores para la zona de transporte Centro y Maipú:

TABLA 22: PROMEDIO DE ENTREGAS.

Zona transporte	Vendedor	LU	MA	MI	JU	VI	SA	Promedio Entregas
Centro	Carlos Gutiérrez	17	17	20	24	25	15	20
Centro	Carlos Villarroel	18	8	24	19	13	24	18
Maipú	Eduardo Jara	9	8	24	12	13	29	16
Maipú	Elías Moncada	20	27	30	29	39	25	28

Fuente: Elaboración Propia

Mediante la tabla se puede observar que Carlos Gutiérrez junto con Elías Moncada presentan un mayor número de visitas que sus pares, esto influye directamente para su elección como

vendedor oficial para la zona de transporte del modelo. Para el Caso de Villarroel y Jara poseían un nivel de servicio mayor a otros vendedores, asignándolos finalmente a otras rutas.

Tras evaluar los indicadores y realizar las comparaciones de cada vendedor, se decidió integrar el modelo con los siguientes vendedores:

TABLA 23: VENDEDORES SELECCIONADOS PARA EL MODELO.

Número	Vendedor	CD
1	Acuña Ceballo Jose Ignacio	Huechuraba
2	Allar Ávila Jorge Adrián	Huechuraba
3	Cortes Silva Osvaldo Enrique	Huechuraba
4	Fuentealba Rivera Marco Antonio	Huechuraba
5	Gutiérrez Pizarro Carlos Patricio	Huechuraba
6	Moreno Reyes Jonathan Alexis	Huechuraba
7	Ramírez Hernández Joaquín Gabriel	Huechuraba
8	Ruiz Burgos Pablo Cesar	Huechuraba
9	Santana Valdés Daniel James	Huechuraba
10	Villarroel Pérez Carlos Alberto	Huechuraba
11	Villegas Medina Kevin Alex	Huechuraba
12	Arellano Fuentes Jesús Andrés	Quilín
13	Baeza Vejar José Ignacio	Quilín
14	Bello Caticura Pedro Alejandro	Quilín
15	González Delgado Luis Sebastián	Quilín
16	Ibarra Fuentes Heinz Edson	Quilín
17	Jara Rivera Cristian Eduardo	Quilín
18	Espinoza Besoain Ariel Andrés	Quilín
19	Molina Vilches Daniel Segundo	Quilín
20	Salazar Oyaneder Juan Marcos	Quilín
21	Valencia Diaz Miguel Ángel	Quilín

22	Alarcón Rojas Gonzalo Aquiles	Lo espejo
23	Silva Aravena Danilo Abel	Lo espejo
24	Feliu Hernández Maikol	Lo espejo
25	Vera Ríos Jonathan Alfredo	Lo espejo
26	Leal Chávez Vladimir Andrés	Lo espejo
27	Moncada Salazar Elías Sebastián	Lo espejo
28	Ortiz Bello Cristian Max Jose	Lo espejo
29	Osses Hinojosa Héctor Leonel	Lo espejo
30	Saavedra Ahumada Héctor Fabián	Lo espejo
31	Sanhueza Hernández Yeremi Patricio	Lo espejo
32	Vargas Vera Héctor Manuel	Lo espejo

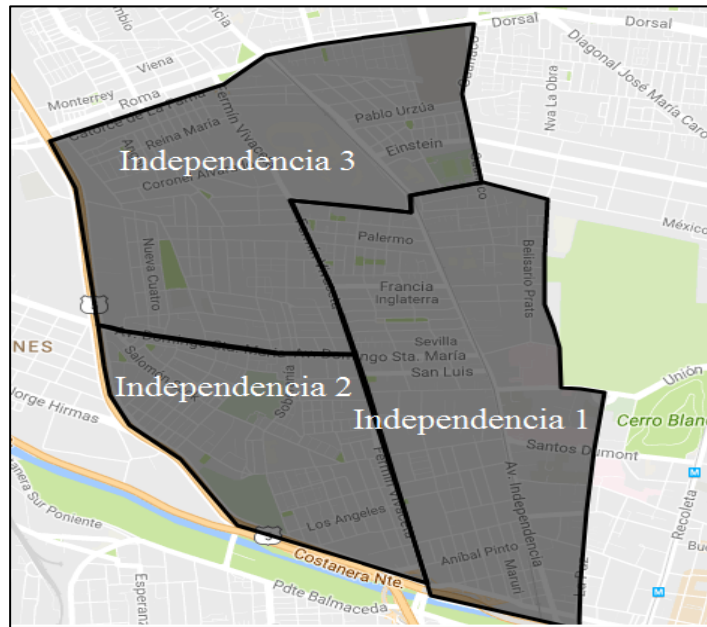
Fuente: creación propia

4.3 Zona de Transporte

Para Agrosuper S.A cada comuna de la Región Metropolitana es dividida en zonas de transporte, dirigiendo el cuerpo de ventas y distribución dependiendo la cantidad de clientes a satisfacer.

En la actualidad hay vendedores que presentan 3, 4 ó 5 zonas a repartir, provocando alta capacidad ociosa, rutas con pocos pedidos, breve jornada de trabajo, entre otros sucesos.

Para entender más este punto, en la figura 22 se observa como el vendedor Jorge Allar presenta solo 3 zonas de reparto en las zonas de independencia.

FIGURA 21: ZONAS DE REPARTO JORGE ALLAR.

Fuente: Software Mapcity

El vendedor Allar presenta una baja cantidad de pedidos, y un desorden al momento de distribuir ya que debe visitar clientes en zonas de transporte asignadas a otros vendedores, como se muestra en la tabla 24.

TABLA 24: CLIENTES A VISITAR JORGE ALLAR.

Vendedor	Zona Reparto	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Jorge Allar	Independencia 1	11			33	6	1
	Independencia 2	3		26		3	30
	Independencia 3	4	7			21	1
Total general		18	7	26	33	30	32

Fuente: Elaboración propia

4.3.1 Selección zonas Transporte.

En la actualidad Agrosuper S.A cuenta con un total de 190 zonas de transporte cuya distribución es realizada por 40 camionetas.

Para que existiera un orden en la reestructuración propuesta fue necesario determinar la cantidad promedio de zonas de transporte para cada vendedor. En este caso se tomó el total de 190 zonas y se dividió por 32 camionetas, número que corresponde al número obtenido. Esto entregó como resultado 5,96 zonas de transporte por camioneta.

$$\frac{190 \text{ Zonas de transporte}}{32 \text{ camionetas}} = 5,96 \text{ zonas de transporte por camioneta}$$

Siguiendo este parámetro, a cada vendedor seleccionado se le asignó en promedio 6 zonas de transporte, como se puede ver en el siguiente extracto de la base de datos:

TABLA 25: EXTRACTO DE DISTRIBUCIÓN VENEDORES.

Vendedor Modelo	Vendedor Actual	Zona Transporte	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Marco Fuentealba	Marco Fuentealba	Recoleta 1	18			3		
	Marco Fuentealba	Recoleta 2	18			23		
	Marco Fuentealba	Recoleta 3			11			4
	Marco Fuentealba	Recoleta 4		5			4	
	Marco Fuentealba	Recoleta 5		6			8	
	Marco Fuentealba	Recoleta 6			18			16
Promedio visitas			36	11	29	26	12	20
Luis González	Luis González	Ñuñoa 1	14			28		
	Luis González	Ñuñoa 2			27			24
	Luis González	Ñuñoa 3	22			26		
	Jorge Riveros	Centro 2		11			10	
	Jorge Riveros	Centro 3		15			31	
	Javier Valenzuela	La Reina			27			26
Promedio visitas			36	26	54	54	41	50

Carlos Gutiérrez	Carlos Gutiérrez	Centro 4	13			15		
	Carlos Gutiérrez	Centro 6		15			22	
	Carlos Gutiérrez	Centro 7			34			18
	Carlos Villarroel	Centro 5	18			20		
	Carlos Villarroel	Centro 8		7			14	
	Carlos Villarroel	Centro 9			38			19
Promedio visitas			31	22	72	35	36	37

Fuente: Elaboración propia

En algunos casos el número de visitas por vendedor no fue posible ajustar a 6 zonas de transporte ya que el número de clientes a satisfacer era muy elevado, aspecto que generaría problemas en la distribución.

4.3.2 Visitas zonas de transporte.

Para comprender de mejor manera el proceso de distribución, fue necesario realizar visitas en terreno, la experiencia permitió conocer la opinión directa de los clientes respecto al servicio entregado por Agrosuper S.A, conocer la opinión de los vendedores y relacionarlo directamente con la visión que tiene la empresa.

En primera instancia la experiencia fue en el centro de distribución Lo Espejo con visitas a las siguientes comunas:

- Maipú
- El Bosque
- San Bernardo
- Buin
- Renca
- San Miguel

La segunda experiencia se desarrolló en el centro de distribución Huechuraba, donde se visitaron las siguientes comunas:

- Colina
- Lampa
- Cerro Navia
- Recoleta
- Quilicura
- Providencia

Fueron variados los factores que se logró identificar, los que influyen en forma directa el proceso de distribución, logrando seleccionar los de mayor importancia:

- **Horario:** Camionetas cargadas abandonan el centro de distribución en promedio a las 10 AM, horario que perjudica directamente la jornada de entrega.
- **Distancias:** En variadas ocasiones la distancia entre clientes es excesiva, sobrepasando los 20 km, cuestión que dificulta en forma directa la entrega del total de la carga.
- **Carga:** Las camionetas tienen un promedio máximo de 1.000 kg establecido por Agrosuper, cuestión que dificulta considerablemente la entrega de productos a los grandes clientes ya que utilizan un gran porcentaje de esta, disminuyendo la capacidad para los pedidos de los otros clientes.
- **Ruta de reparto:** No existe un orden de los clientes en la ruta de distribución, actuando solo por conocimiento del sector por parte del vendedor.
- **Pedidos:** Sectores con baja cantidad de clientes, genera una breve jornada de despacho.

Por otro lado, después de realizar este análisis fueron consultados los vendedores si es factible la distribución propuesta de 45 pedidos diarios (ver tabla 19). Todos llegaron a la conclusión que, si es posible, siempre que las zonas a repartir sean colindantes y las distancias no sean extensas como presenta el actual modelo.

En la figura 23 se puede observar la descarga de productos a los clientes:

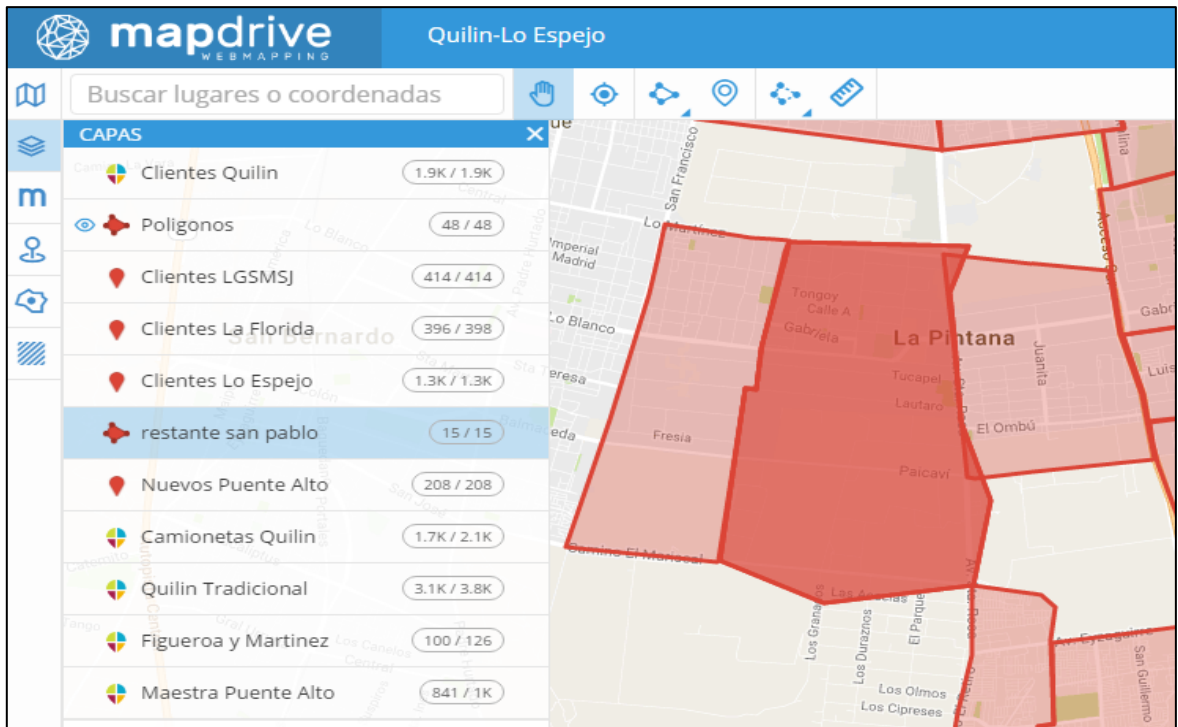
FIGURA 22: IMÁGENES DESCARGA DE PEDIDOS.

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Modificación Zonas de transporte:

Una vez realizado el trabajo con los clientes, se continuó con el procedimiento de visualizar y ordenar los mapas en la plataforma “*Map City*” con licencia “*mapdrive*” que posee Agrosuper S.A. Para iniciar con la utilización de este programa se debe redibujar las capas de cada mapa, entendiéndose capa como cada zona de reparto, con el fin de que cada cliente a georreferenciar más adelante quede exactamente en su zona de reparto correspondiente y no en otra, con el fin de evitar entregas fuera de las zonas asignadas.

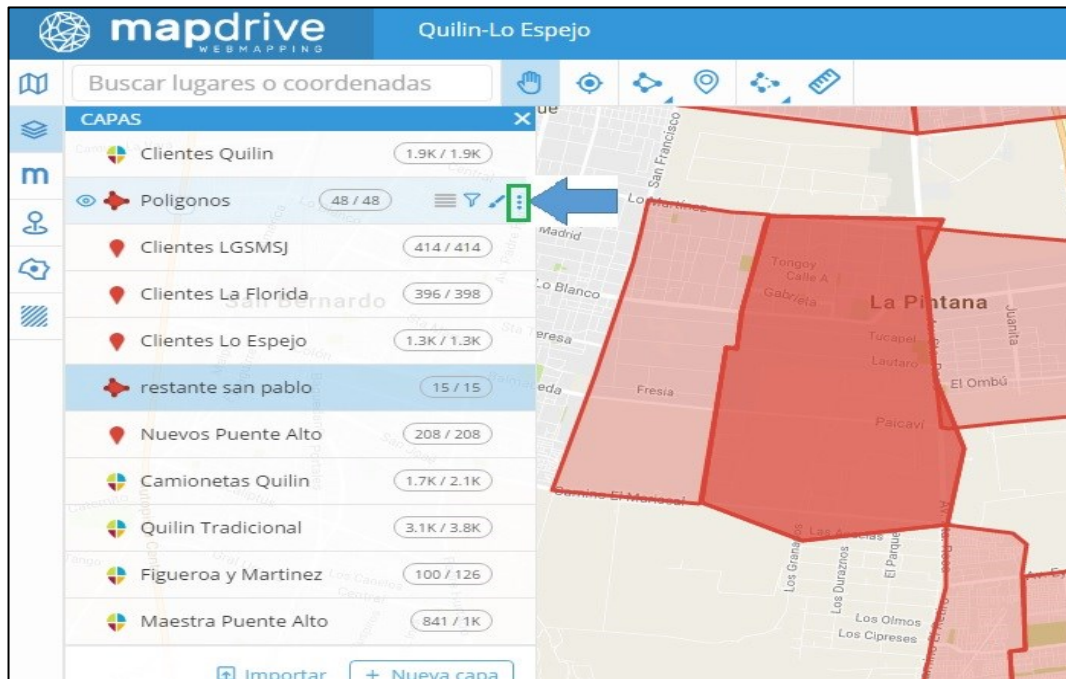
Los pasos a seguir para realizar una nueva reestructuración en el sitio web *Mapcity* se presentan a continuación:

FIGURA 23: ILUSTRACIÓN CAPA LA PINTANA.

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 24 se aprecia como el cuadrante seleccionado en color rojo muestra una irregularidad en su perímetro de zona, por lo anterior se debe redelinear el contorno del polígono para que no exista un solapar ni confusión al georreferenciar clientes más adelante. A continuación, se mostrarán los pasos a seguir para redibujar.

Se selecciona la opción de editar grilla y capa de datos mostrado en color verde.

FIGURA 24: ETAPAS MODIFICACIÓN MAPAS 1.

Fuente: Elaboración Propia

Se selecciona la capa que se desea editar, en este caso corresponde a la zona La Pintana 2.

FIGURA 25: ETAPAS MODIFICACIÓN MAPAS 2.

DATOS DE LA CAPA

Poligonos (60 / 60) Georeferenciados

	Martinez Correa Luis Hernan	M-V	Castillo Andrade Juan Ignacio	Puente Alto 13	Osses Hinojosa Jose Adolfo
	Martinez Correa Luis Hernan	W-S	Castillo Andrade Juan Ignacio	Puente Alto 12	Osses Hinojosa Jose Adolfo
	Martinez Correa Luis Hernan	L-J	Castillo Andrade Juan Ignacio	Puente Alto 7	Ibarra Fuentes Heinz Edson
	Pezo Montecinos Raul Alberto	L-J	Garrido Arellano Mario Alejandro	La Pintana 1	Bello Catricura Pedro Alejanx
	Barbazzo Cuadra Sergio Bruno	M-V	Garrido Arellano Mario Alejandro	La Pintana 3	Bello Catricura Pedro Alejanx
	Salamanca Reyes Jorge Antonio	L-J	Soto Riquelme Felipe Andres	La Pintana 4	Bello Catricura Pedro Alejanx
	Huencho Olivares Jorge Patricio	M-V	Soto Riquelme Felipe Andres	La Pintana 5	Bello Catricura Pedro Alejanx
	Pezo Montecinos Raul Alberto	W-S	Garrido Arellano Mario Alejandro	La Pintana 2	Bello Catricura Pedro Alejanx
	Nuñez Fuentes Patricio Reinan	L-J	Figueroa Soto Miguel Angel	La Florida 1	Baeza Vejar José Ignacio
	Huencho Olivares Jorge Patricio	M-V	Figueroa Soto Miguel Angel	La Florida 3	Baeza Vejar José Ignacio

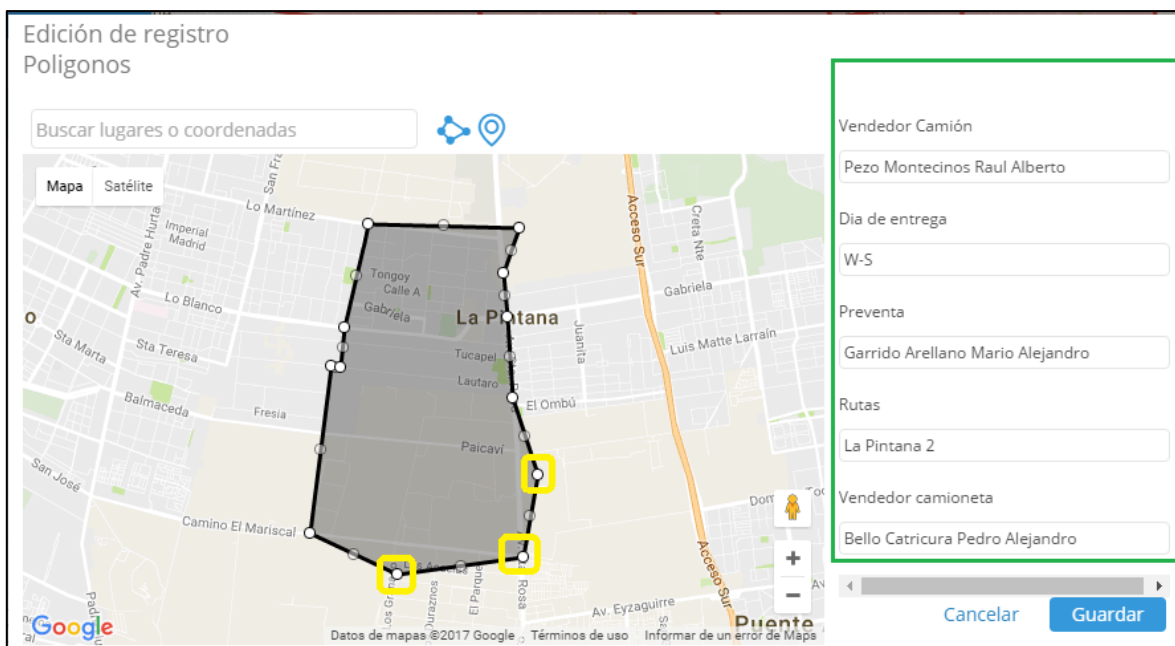
Analizar Datos Descargar Mostrar: 50 1 2 >

Fuente: Elaboración propia

Una vez ingresado al editor de polígonos, se procede a mover los puntos blancos (mostrados en color amarillo) con el fin de desplazar hasta las avenidas, calles y pasajes que corresponde cada zona. Adicionalmente, en conjunto con la base de datos obtenida, se actualiza la información de cada ruta presentada en el recuadro de color verde.

Posterior a esto, una vez realizado todos los cambios se selecciona guardar.

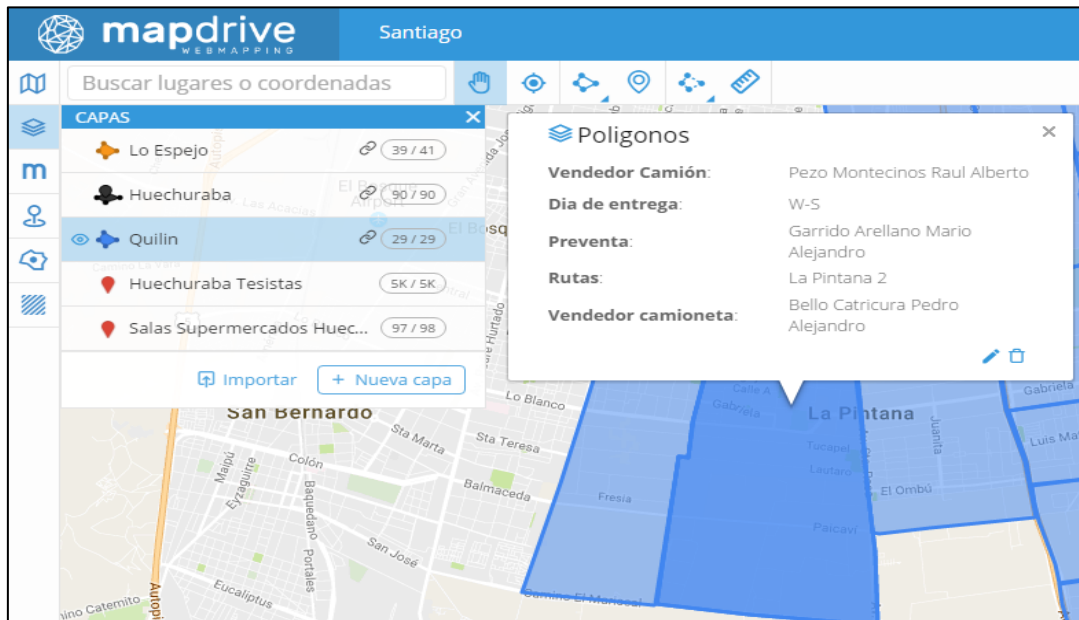
FIGURA 26: ETAPAS MODIFICACIÓN MAPAS 3.



Fuente: Elaboración Propia

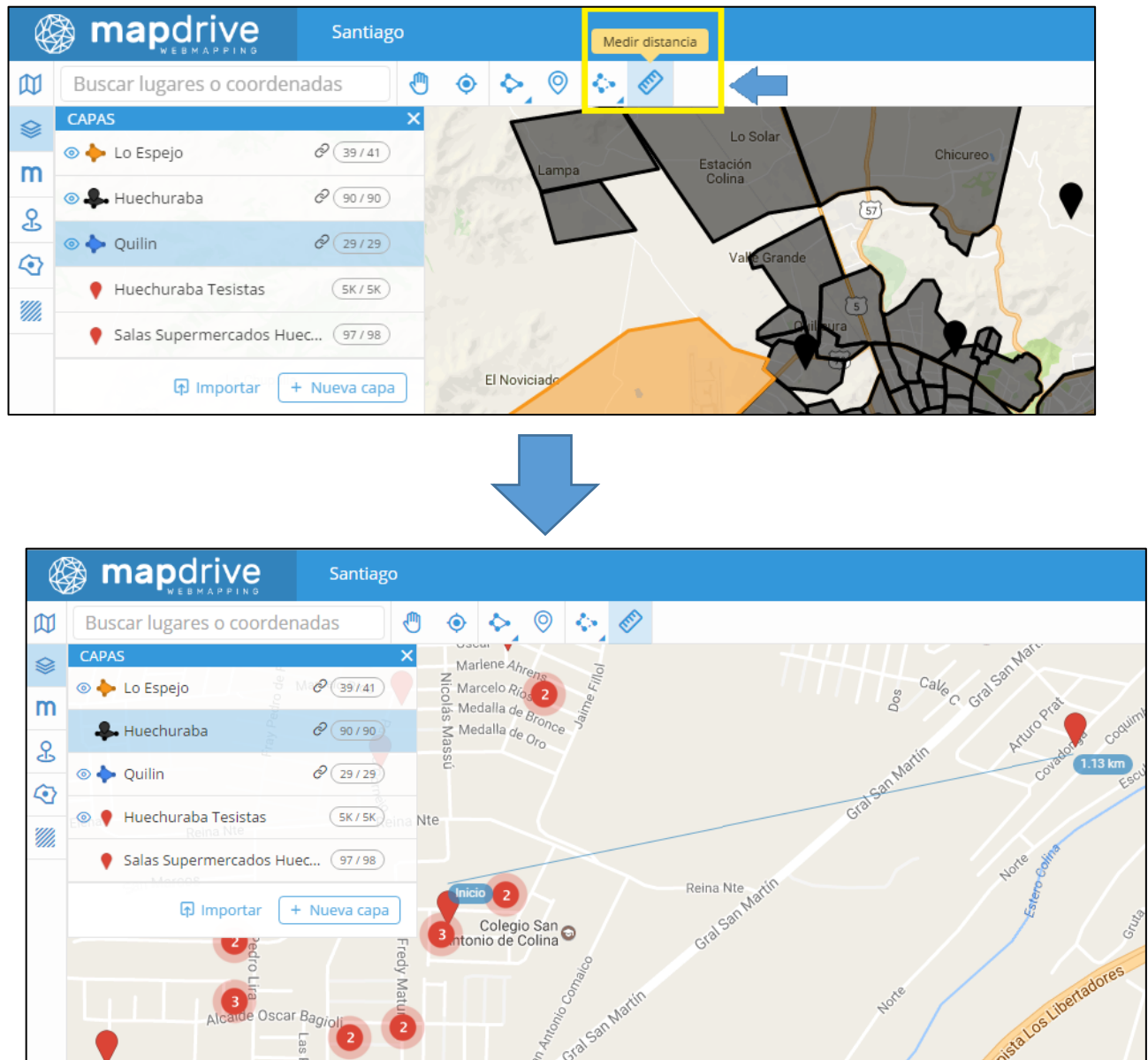
Finalmente se observa cómo queda la etapa de edición, donde al seleccionar un polígono mostrará la información guardada en cada zona indicando día de entrega, vendedor camión y camioneta, preventa y el nombre de la ruta. Cabe mencionar que estos pasos descritos con anterioridad se deben realizar con todas las zonas que presentan irregularidades en su dibujo, como lo es en los CD de Huechuraba, Quilín y Lo Espejo. Este procedimiento se realizó en conjunto con cada supervisor para conocer los límites correspondientes de cada zona. Por otro lado, se decide cambiar la tonalidad del mapa y dejarlo en color azul, plomo y naranja acorde a los colores corporativos de la empresa.

FIGURA 27: ETAPAS MODIFICACIÓN MAPAS 4.



Fuente: Elaboración Propia

Teniendo todo lo anterior realizado, se debe continuar con medir las distancias de los locales en zonas correspondientes para un mismo vendedor con el fin de disminuir las distancias de reparto. Para obtener la separación entre los clientes, se utiliza una herramienta incorporada en “Map City” como muestra la siguiente imagen.

FIGURA 28: ETAPAS MODIFICACIÓN MAPAS 5.

Fuente: Elaboración propia

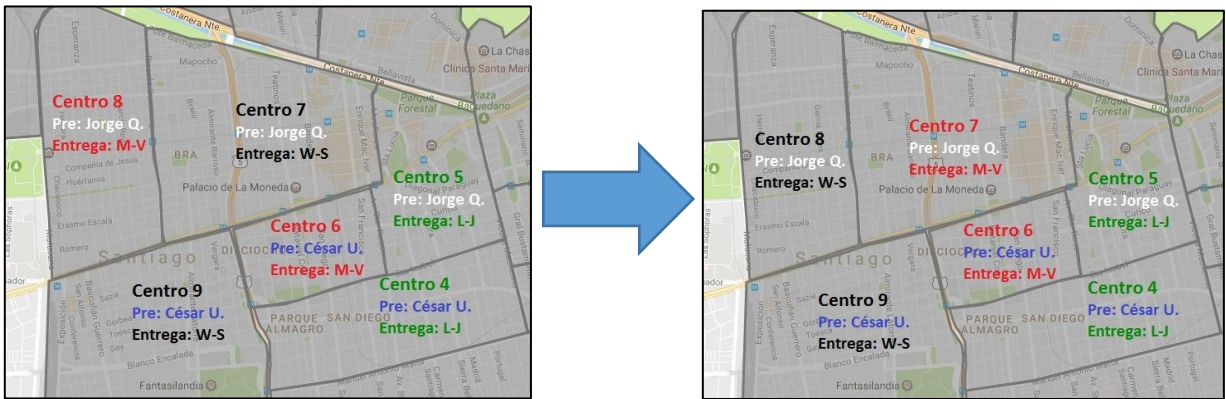
Como se dijo con anterioridad, lo que se busca es disminuir la distancia recorrida para cada camioneta en la cual nos encontramos con dos casos específicos. En el primero de ellos no es necesario realizar cambios ya que las zonas de distribución son colindantes y el vehículo a repartir no debe recorrer grandes zonas de reparto, como se muestra en la figura 30.

FIGURA 29: MAPA DISTRIBUCIÓN RECOLETA.

Fuente: Elaboración Propia

Al observar los días de reparto, estos se subdividen en dos, es decir, se reparte a Recoleta 1 en conjunto con Recoleta 2 los días lunes-jueves, Recoleta 4 con Recoleta 5 martes-viernes y finalmente Recoleta 3 con Recoleta 6 miércoles y sábado, por tanto, para entender el modelo para este caso el día lunes deben realizar entregas tanto a la figura Recoleta 1 y Recoleta 2 las cuales son contiguas, ocurriendo lo mismo en las otras zonas de reparto. Sin embargo, en el otro caso si se deben realizar cambios. Ya que las zonas a distribuir no son colindantes y las distancias a recorrer en un día de entrega son extensas. Por este motivo, es necesario cambiar los días de reparto a ciertas zonas con base en la distancia de separación entre sus clientes.

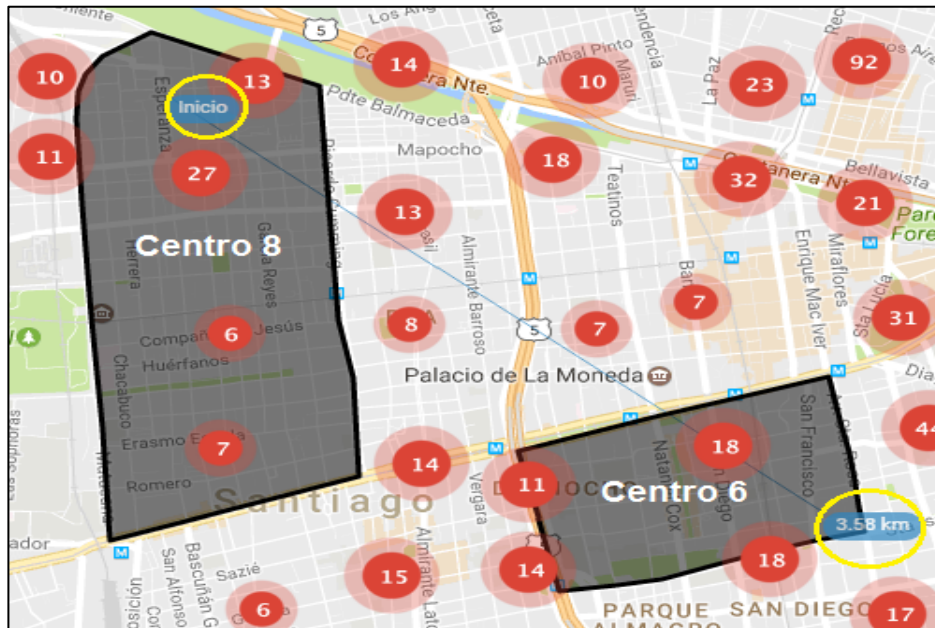
FIGURA 30 : MAPAS MODIFICACIÓN SANTIAGO CENTRO.



Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la figura 31, específicamente para los días martes y viernes queda lejano el reparto de los pedidos debido a las distancias entre cada cuadrante. Por ese motivo es necesario realizar una reestructuración para Santiago centro, cambiando el día de reparto a las zonas “Centro 7” y “Centro 8” con el fin de que todas las zonas queden contiguas. Cabe mencionar que además de cambiar los días en el mapa se deben realizar conversaciones con el departamento de administración y logística ya que se deben realizar cambios en la designación de preventas y cambio de rutas.

Para entender de mejor manera el problema expuesto en Santiago centro, se muestra la siguiente tabla con clientes a repartir el día martes de la semana 43 (elegido aleatoriamente). Se seleccionaron los clientes más lejanos a repartir en cada zona, con el fin de conocer la distancia máxima que debe desplazarse la camioneta entre cada zona de reparto a través del modelo actual y el propuesto. En la siguiente tabla y figura se muestra la situación actual.

FIGURA 31: DISTANCIA ENTRE CLIENTES RUTA CENTRO.

Fuente: Sitio Web MapCity

TABLA 26: CLIENTES SC.

Nº	Cliente	Dirección	Zona
1	Patricio Lara	Esperanza 1394	Centro 8
2	Carlos Leva	Libertad 1399	Centro 8
3	Aliro Bravo	Esperanza 1318	Centro 8
4	Pedro Melgarejo	Santa Rosa 398	Centro 6
5	Wilder Valerio	San Francisco 317	Centro 6
6	Soc. Las Cumbres Ltda.	San francisco 335	Centro 6

Fuente: Elaboración Propia

Para profundizar, se realizó la tabla 27 que detalla las distancias actuales entre cada cliente en estudio.

TABLA 27: DISTANCIA ENTRE CLIENTES SC EN METROS.

N°	Cliente	Dirección	1	2	3	4	5	6
1	Lara Patricio	Esperanza 1394	-	134.1	74.72	3.600	3.540	3.470
2	Leva Carlos	Libertad 1399	134.1	-	156.2	3.590	3.400	3.350
3	Bravo Antonio	Esperanza 1318	74.72	156.2	-	3.630	3.420	3.500
4	Melgarejo Teófilo	Santa Rosa 398	3.600	3.590	3.630	-	469	4.503
5	Valerio Arte	San Francisco 317	3.540	3.400	3.420	469	-	60.29
6	Cumbres Ltda.	San francisco 335	3.470	3.350	3.500	450.3	60.29	-

Fuente: Elaboración Propia

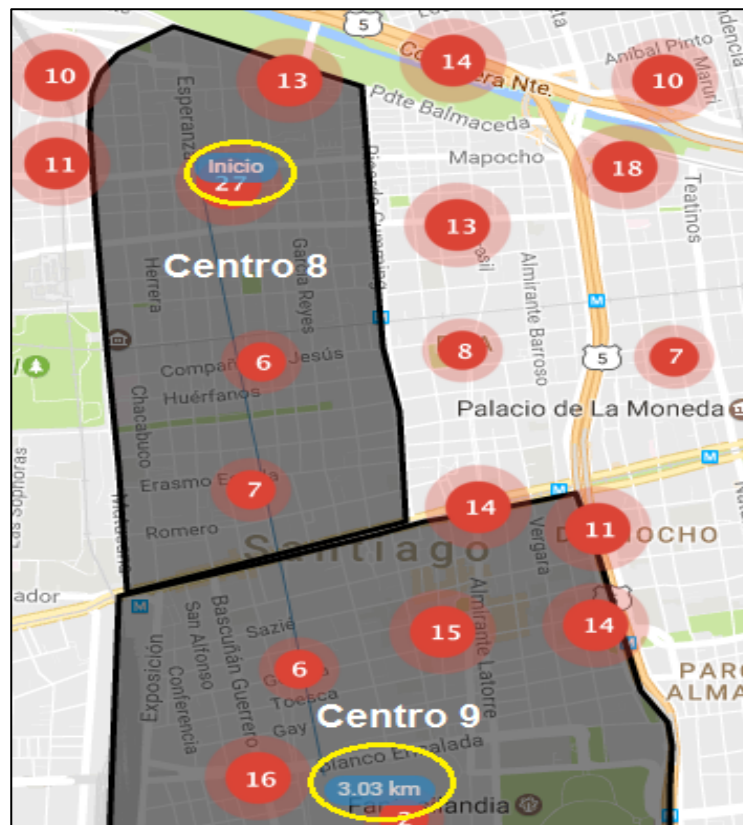
Como se puede observar en la tabla 27 la distancia máxima a recorrer entre cada zona de reparto alcanza los 3.6 km, sin considerar pérdidas de tiempo por semáforo, calles cerradas, error en el GPS, sin disponibilidad de estacionamientos u otros. Cabe destacar que por la experiencia luego de realizar repartos junto a los vendedores, estos mismos no se devolverán si un local se encuentra cerrado o sin dinero para pagar debido a las grandes distancias entre cada zona.

Una vez establecido el nuevo modelo, considerando los clientes mencionados con anterioridad, si se repartiera de Centro 8 a Centro 9 en un mismo día de entrega, quedaría de la siguiente manera:

TABLA 28: DISTANCIA ENTRE CLIENTES SC.

Nº	Cliente	Dirección	Zona
1	Patricio Lara	Esperanza 1394	Centro 8
2	Carlos Leva	Libertad 1399	Centro 8
3	Aliro Bravo	Esperanza 1318	Centro 8
4	Moisés Cáceres	Fabrica 1804	Centro 9
5	Magaly Reveco	Álamos 1896	Centro 9

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 32: MAPA RUTA CENTRO.

Fuente: Sitio Web Map City

Presentando para cada cliente un desplazamiento como se muestra en la tabla 29.

TABLA 29: DISTANCIA ENTRE CLIENTES SC EN METROS.

Nº	Cliente	Dirección	1	2	3	4	5
1	Lara Patricio	Esperanza 1394	-	134.1	74.72	2.980	2.590
2	Leva Renato	Libertad 1399	133.2	-	156.2	3.030	3.190
3	Bravo Antonio	Esperanza 1318	74.72	156.2	-	3.120	3.150
4	Moisés Cáceres	Fabrica 1804	2.980	3.070	3.120	-	60.28
5	Reveco Magaly	Álamos 1896	2.770	3.090	3.090	60.28	-

Fuente Elaboración Propia

Como se observa en la tabla 29 y figura 33, al realizar la reestructuración de las zonas la distancia máxima a recorrer por la camioneta alcanza los 3 kms. Si bien, la distancia para este día en específico presenta tan solo una diferencia de 500 mts, puede alcanzar a atender a más clientes o regresar a un local(s) no visitado(s) durante la jornada evitando bajas en el nivel de servicio diario.

4.3.4 Formulación de ruta TSP

Mediante los modelos presentados en los capítulos anteriores y la posterior elección del modelo TSP (agente viajero) se requiere la obtención de la información necesaria para su procesamiento. La metodología para la modelación del problema consta de varias etapas, la que se inicia con la obtención de los “parámetros de entrada al modelo” donde algunos ya

fueron mencionados con anterioridad (Ej: Direcciones de la Base de Datos) y finalizan con la “descripción del modelo matemático”.

Para el desarrollo del modelo matemático, el diseño fue basado en la utilización de la teoría de grafos (Elaborado por el físico matemático Leonard Euler, quien mediante su publicación "Solution problematis ad geometriam situs pertinentis" en el año 1.736 pudo dar solución al llamado “Problema de los Puentes de Königsberg”). Para lo anterior fue necesario establecer un escenario temporal, para el cual fue escogida en forma aleatoria la semana número 36 perteneciente al mes de septiembre del año 2016, mes con un aumento significativo en la demanda de productos del sector tradicional, lo que se traduce directamente en mayor número de entregas por parte del vendedor. Se designó el día jueves ya que presenta el mayor número de visitas correspondiente a la semana escogida con 44 clientes.

Por último, las zonas de transporte seleccionadas corresponden a Colina 1 y Colina 2 con visita por parte del vendedor el día mencionado.

TABLA 30: EXTRACTO VISITAS CLIENTES COLINA – LAMPA.

Vendedor	Zona transporte	Dia entrega	LU	MA	MI	JU	VI	SA	Total general
C. Villarroel	Colina 1	L-J	9			32			41
	Colina 2	L-J	16			12			28
	Colina 3	M-V		5			13		18
	Lampa 3	M-V		3			12		15
	Lampa 1	W-S			9			3	12
	Lampa 2	W-S			13			14	27
			25	8	22	44	25	17	141

Fuente: Elaboración propia

Mediante la reestructuración de las zonas de transporte realizada en los capítulos anteriores, es posible establecer un escenario ordenado que facilitó el análisis de la información referente a vendedor, clientes, preventas. Se utilizó la base de datos proporcionada por Agrosuper S.A

en donde se encuentra información perteneciente a los clientes de la Región Metropolitana como, nombre, dirección, comuna, zona de transporte, vendedor, preventa, demanda, fecha.

Parámetros de entrada

- **Construcción del grafo:**

Dentro de los parámetros iniciales, es necesario georreferenciar los 44 clientes en un mapa de la Región Metropolitana mediante el uso de la herramienta Google Earth, la que por medio de las direcciones de cada cliente generara vértices que en conjunto con las aristas formarán el grafo de distribución.

En la tabla 31 se puede observar un extracto de los 44 clientes, donde se detalla su dirección, comuna y zona de transporte utilizado:

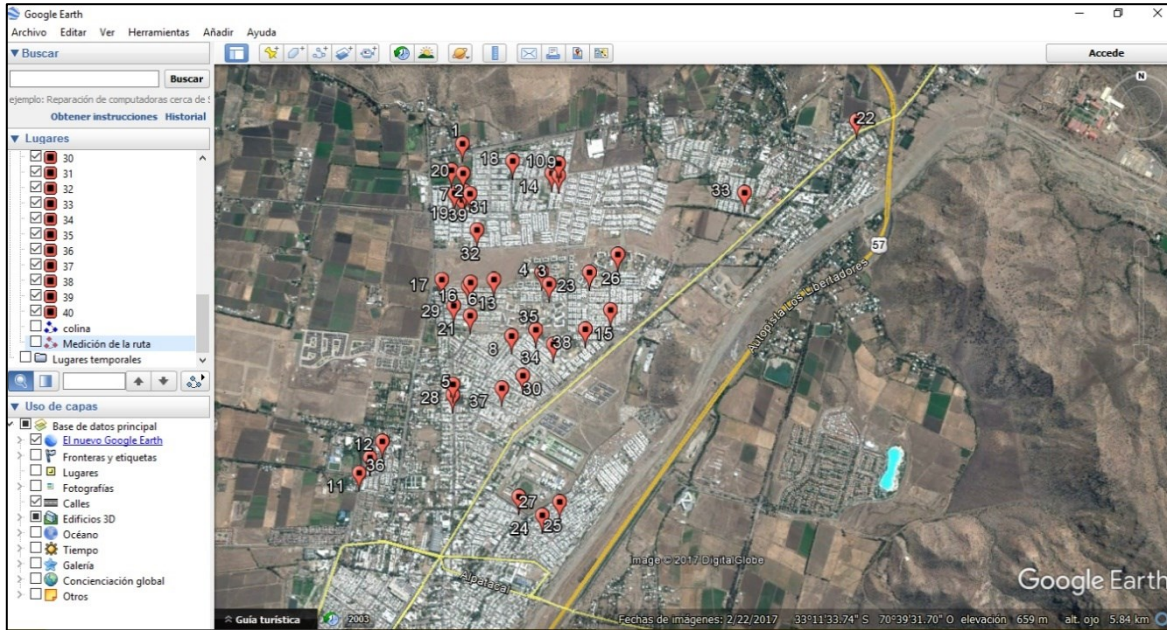
TABLA 31: EXTRACTO DIRECCIONES CLIENTES AGROSUPER S.A.

Cliente	Dirección	Comuna	Zona transporte
Páez Ángel	Poeta Juan Martínez 1795	Colina	Colina 1
Panificadora Teresa Ltda.	Freddy Maturana 1929	Colina	colina 1
Pizarro Luis	Fontt 1244	Colina	Colina 1
Quenaya Celina	Víctor Jara 1249	Colina	Colina 1
Quezada Rosario	las carabelas 462	Colina	Colina 1
Rubilar Patricio	Roque Esteban Escarpa 2124	Colina	Colina 1
Saavedra Emma	San Pedro De Atacama 2357	Colina	Colina 1
Sepúlveda Laura	Reina Nte 700	Colina	Colina 1
Soto Rosas Inés	San Pedro de Atacama 2547	Colina	Colina 1
Supermercados Ltda.	Fontt 1200	Colina	Colina 1

Fuente: Elaboración propia

En la figura 34 se visualizan cada vértice, en donde se representa la dirección particular de cada cliente:

Figura 33: Construcción grafo.



Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso fue la construcción de la ruta ejecutada por el vendedor el día en análisis según las calles, elemento que representara las aristas en la construcción del grafo. Este dato fue proporcionado por el vendedor asignado para la ruta Colina-Lampa en donde se detalla que no existe un orden de entrega y que ésta es realizada según los conocimientos de la zona.

En la figura 35 se puede observar el grafo perteneciente al orden de distribución realizado por el vendedor:

Grafo de distribución día jueves, ruta Lampa, Colina:

Figura 34: Grafo distribución ruta Lampa – Colina.



Fuente: Elaboración propia

En el grafo representado en la figura 35 no se observa el vértice referente al centro de distribución ya que se encuentra distante, provocando un efecto negativo en la imagen.

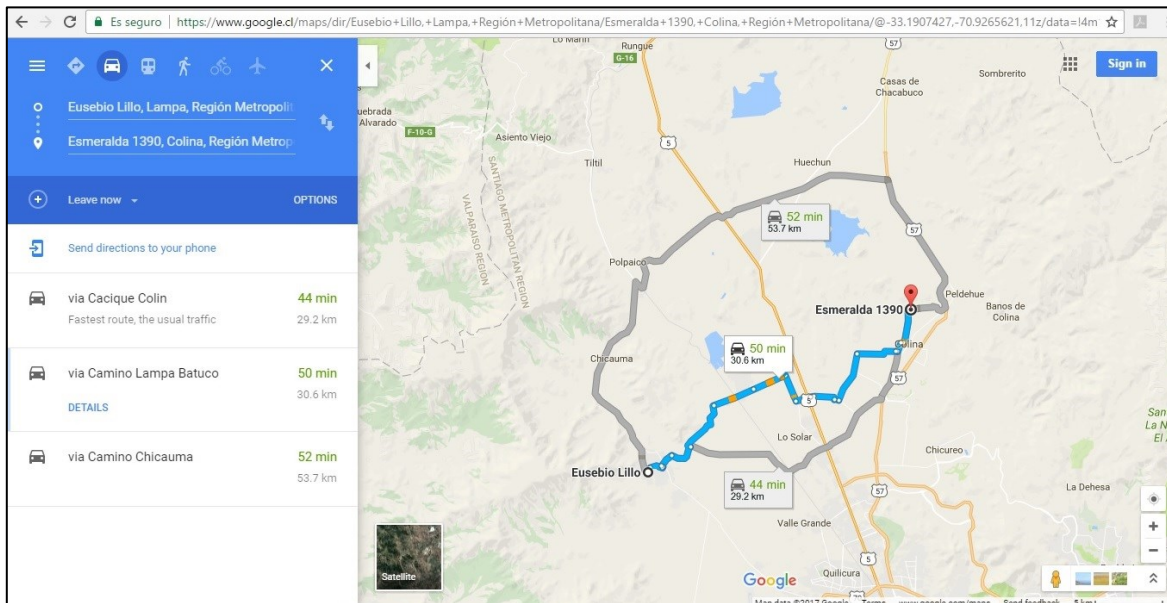
- **Obtención distancias entre clientes:**

Para el posterior análisis es trascendental la distancia entre los distintos nodos, es decir, la distancias entre un cliente y otro. Mediante esta forma podemos encontrar el trayecto entre cada uno de los clientes y el centro de distribución, así como la distancia entre los mismos clientes.

Para la obtención de las distancias se utilizó la herramienta Google Maps, la que permite por medio de un complemento medir la menor distancia tanto de ida como de vuelta desde un punto A al punto B.

Esta herramienta proporciona distintas rutas para llegar a un mismo punto, en nuestro caso fue seleccionada la distancia más corta según el sentido de las calles.

En la figura 36 se presenta un ejemplo de la medición que se realizó entre dos clientes:

FIGURA 35: CÁLCULO DISTANCIAS ENTRE CLIENTES.

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se realizó la búsqueda de las coordenadas geográficas en base a las direcciones de cada nodo, donde la idea principal es obtener las distancias existentes entre los puntos con el fin de determinar una matriz de distancia de viaje entre estos permitiendo encontrar los costos asociados a las rutas generadas.

- **Matriz de distancias**

La matriz de distancias que se requiere determinar es una matriz cuyos elementos representan los trayectos entre los nodos tomados por partes de una única ruta (para cada caso), por lo tanto, está conformada por la medición de distancias entre todos los nodos dentro de un mismo día de entrega, incluyendo el centro de distribución. Esta matriz es primordial para la obtención de la mejor ruta de distribución, tanto en distancias como en costos.

A continuación, se presenta un extracto de la ruta Colina-Lampa para el día jueves de la semana 36 que corresponde a una matriz de 44x44:

FIGURA 36:EXTRACTO MATRIZ RUTA LAMPA- COLINA.

nodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Camino de La Colina 1464, Hu	0	28,3	27,9	27,7	27,8	27,1	26,2	27	28	26,8	28,6	27,8	28,7	26,2	26,5	34	26,7	26,3	26,3	28	27,2	28,6	27,2	27	27,4	26,8	
Esmeralda 1390, collina	2	33,5	0	0,7	1,7	1,9	1,4	2,1	1,3	0,55	2,1	1	1,1	0,9	2,6	2,2	2,3	2,4	2,2	2,4	0,8	1,5	0,9	2	1,3	1,1	2
La reina norte 752	3	29	0,7	0	1,4	1,5	1	1,6	0,95	0,21	1,7	1,2	0,4	1,3	2,2	1,8	3,1	2	1,8	2	0,096	1,1	1,2	1,7	0,9	0,75	1,6
Oscar Bagiolli 466	4	33,4	1,7	1,4	0	0,11	1	1,2	0,65	1,6	0,5	1,3	1	1,3	2,7	0,9	2	0,55	2,6	2,6	1,4	0,5	1,2	0,55	0,65	1	0,5
Magot Loyola 1956	5	33,5	1,9	1,5	0,11	0	1	1,3	0,65	1,7	0,55	1,4	1,1	1,4	2,8	1	2,1	0,7	2,7	2,6	1,5	0,55	1,3	0,65	0,7	1	0,5
García López 734, Collina	6	29,4	1,4	1	1	1	0	0,8	0,45	1,1	0,8	1,7	0,85	1,7	2,1	1	3,2	0,95	1,6	2	1,1	0,6	1,6	1,2	0,45	0,22	0,8
Calle Fontt 121	7	28,6	2,1	1,6	1,2	1,4	0,8	0	0,7	1,8	0,65	2,4	1,5	2,4	1,3	0,65	3,4	0,95	1,2	1,2	1,7	0,85	2,3	1,4	0,75	0,9	0,85
Avenida Fontt 1240	8	28,7	1,3	0,95	0,65	0,65	0,45	0,7	0	1,1	0,75	1,7	0,85	1,7	2,1	0,85	3,1	0,85	1,6	1,8	1	0,21	1,6	1,1	0,016	0,35	0,7
Pozo Almonte 736	9	29,1	0,55	0,2	1,8	1,9	1,1	1,8	1,1	0	1,8	1,4	0,55	1,4	2,3	1,9	2,7	2,1	2	2,1	0,26	1,2	1,3	1,9	1	0,85	1,8
Cristobal Colon 1002	10	33,5	2,1	1,7	0,5	0,55	0,8	0,65	0,75	1,8	0	1,8	1,5	1,8	2,3	0,35	2,2	0,35	2,2	2,1	1,8	0,6	1,7	0,7	0,75	0,9	0,22
Poeta Juan Luis Martínez 1766	11	33,6	1	1,2	1,3	1,4	1,7	2,4	1,7	1,4	1,8	0	0,8	0,09	2,9	1,9	2	1,6	3	2,7	1,2	1,8	0,053	1,6	1,6	1,5	1,6
calle maria elena 1000 colina	12	28,9	1,1	0,4	1	1,1	0,85	1,5	0,85	0,55	1,5	0,8	0	0,9	2,1	1,7	3	1,4	1,7	1,9	0,35	1	0,8	1,3	0,8	0,65	1,4
Jose Santos Gonzalez 2715	13	33,4	0,9	1,3	1,3	1,4	1,7	2,4	1,7	1,4	1,8	0,09	0,9	0	2,9	2	1,9	1,7	3	2,8	1,2	1,8	0,11	2,8	1,7	1,5	1,7
Nueva Colina 174	14	26,9	2,6	2,2	3	3,1	1,9	1,3	1,9	2,3	2,5	3,5	2,1	3,6	0	1,8	3,7	2,5	0,3	0,14	2,3	2,7	3,5	3	2,5	1,7	2,7
Avenida Santa Maria 225 colli	15	29	2,2	1,8	0,9	1	1	0,65	0,85	1,9	0,35	1,9	1,7	2,6	1,9	0	2,2	0,3	1,8	1,8	1,9	1	1,9	0,8	0,85	1	0,4
Pasaje tres 2801 collina	16	32,7	2,3	3,1	2	2,1	2,6	2,9	2,5	2,7	2,2	2	3	1,9	3,9	2,2	0	2	3,7	3,7	3,2	2,4	2	1,5	2,6	2,7	2
las carabelas 183 collina	17	33,3	2,2	1,8	0,55	0,65	0,95	0,95	0,85	1,9	0,35	1,6	1,4	1,7	2,2	0,3	2	0	2,1	2	1,9	0,7	2,5	0,5	0,85	1	0,15
Cedron 399 collina	18	27,2	2,2	1,8	2,4	2,5	1,6	1,2	1,6	2	2	3	1,7	3	0,3	1,9	4,4	2,1	0	0,21	2,4	2,1	2,9	2,6	1,9	1,8	2,3
Calle Canela 638	19	27	2,4	2	2,4	2,5	1,8	1,2	1,8	2,1	2	2,9	1,9	3	0,14	1,9	4,4	2,1	0,21	0	2,3	2,1	2,9	2,6	1,9	1,8	2,2
Reina Nre 706	20	29,1	0,8	0,1	1,4	1,5	1,1	1,7	1	0,26	1,8	1,2	0,35	1,2	2,3	1,9	3,2	2,1	2,4	2,3	0	1,2	1,2	2,1	1	0,85	1,7
Patriota Javier Carrera 634	21	28,9	1,5	1,1	0,5	0,55	0,6	0,85	0,21	1,2	0,6	1,8	1	1,8	2,2	1	3	0,7	2,1	2,1	1,2	0	1,7	0,95	0,19	0,5	0,55
Poeta Juan Luis Martínez 1795	22	33,4	0,9	1,2	1,2	1,3	1,6	2,3	1,6	1,3	1,7	0,05	0,8	0,11	2,8	1,9	2	2,6	2,9	2,9	1,2	1,8	0	2,7	1,6	1,4	2,3
Freddy Maturana 1929	23	32,8	2	1,7	0,55	0,65	1,2	1,4	1,1	1,9	0,7	1,6	1,3	1,6	2,7	0,8	1,5	0,5	2,5	2,5	2,1	0,95	2,7	0	1,1	1,3	0,55
Fontt 1244	24	28,7	1,3	0,9	0,65	0,7	0,45	0,75	0,02	1	0,75	1,6	0,8	1,7	2,1	0,85	3,1	1	2	2	1	0,19	1,6	1,1	0	0,35	0,7
Victor Jara 1249, collina	25	28,6	1,1	0,75	1	1	0,22	0,9	0,35	0,85	0,9	1,5	0,65	1,5	1,7	1,1	3,3	1,2	1,8	1,8	0,85	0,5	1,4	1,3	0,35	0	0,9
las carabelas 462	26	33,3	2	1,6	0,5	0,8	0,85	0,7	1,8	0,22	1,6	1,4	1,7	2,3	0,4	2	0,15	2,2	2,2	1,7	0,55	2,3	0,55	0,7	0,9	0	

Fuente: Elaboración propia

4.3.5 Formulación del problema

- **Descripción del Modelo Matemático que se aplicará**

El modelo planteado, busca generar el mejor recorrido de las rutas en base a sus distancias, con el propósito que determine el orden en que se visita los nodos en función de su localización geográfica y distancia entre cada uno de ellos.

El modelo matemático, se basa en el Problema del Agente Viajero (TSP), que consiste en hacer un recorrido que pase por “n” nodos, sin repetir ninguno y volviendo al punto de inicio de manera que la distancia total sea mínima a recorrer. La formulación clásica de este problema es la que se presenta a continuación siguiendo ciertas estructuras.

- **Conjuntos, Parámetros y Variables del Modelo**

Como se mencionó con anterioridad, asociado al modelo existen: parámetros de entrada, conjunto de datos, índices y variables de decisión. Teniendo:

- **Conjuntos, índices y parámetros**

n = la cantidad de nodos que manejará el modelo.

$V = \{0, 1, \dots, i, \dots, n\}$ el conjunto de nodos que representan tanto al centro de distribución como los puntos de entrega. El centro de distribución estaría representado por el nodo v_0 , y los puntos de entrega por los restantes v_i .

$A(i, j) \mid i, j \in V$, el conjunto de arcos que representan las rutas entre el nodo i y el nodo j . Cada arco conecta dos nodos del conjunto V . El índice j es el índice que representa al nodo de llegada, es equivalente al índice i que representa al nodo de origen.

d_{ij} = Distancia recorrida desde el nodo i hasta el nodo j .

- **Variables de decisión:**

Representan las decisiones que se pueden tomar para afectar el valor de la función objetivo. Desde un punto de vista funcional se pueden clasificar en variables independientes o de control y variables dependientes o auxiliares, sin embargo, matemáticamente todas son iguales.

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si el vehiculo va del nodo } i \text{ al nodo } j (i \in V; j \in V) \\ 0, & \text{otro caso} \end{cases}$$

- **Función Objetivo:**

Es la medida cuantitativa del funcionamiento del sistema. Es la función matemática que relaciona las variables de decisión y que representa el comportamiento del sistema. En nuestro caso se refiere a la distancia recorrida por todos los vehículos, que servirá de base para calcular los costos de las nuevas rutas de reparto.

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \in V} X_{ij} * D_{ij}$$

- **Restricciones:**

Representan el conjunto de relaciones (expresadas mediante ecuaciones e inecuaciones) que ciertas variables están obligadas a satisfacer. Son las limitaciones que se imponen sobre los valores de las variables de decisión.

- Visitar a cada nodo solo una vez:

$$\sum_i X_{ij} = 1 \quad \forall i \in V$$

- Salir de cada nodo una vez:

$$\sum_j X_{ij} = 1 \quad \forall j \in V$$

- Eliminar Sub-rutas (continuidad de flujo):

$$\sum_{i \in V} X_{ij} - \sum_{j \in V} X_{ji} = 0 \quad i \in V, j \in V$$

- Restricciones sobre la naturaleza de las variables:

$$x \text{ es binaria } x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in V$$

Capítulo V: Análisis de Resultados

En este capítulo se resumen los resultados de aplicar la metodología al problema expuesto. También se exponen los resultados obtenidos por el software Lingo, los cuales son comparados con la actual metodología de ruteo de la empresa.

En el capítulo anterior se ha logrado solucionar satisfactoriamente el problema expuesto al comienzo de esta memoria. En el presente capítulo se analizan los resultados obtenidos en base a comparaciones con la línea base del sistema de distribución de Agrosuper S.A.

5. Línea de Base

Una línea base se refiere a un marco de referencia de la situación actual del sistema de distribución estudiado. El propósito es comparar los resultados obtenidos con el modelo que presentaba la empresa, utilizando como referencia las mediciones efectuadas para los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2016.

Como se ha mencionado, la distribución en la Región Metropolitana era realizada por 40 camionetas, designadas según las zonas de reparto existentes, abarcando en muchas ocasiones largas distancias entre un cliente y otro para cumplir con la entrega diaria.

Luego de realizar un completo análisis referente a clientes, zonas de transporte, vendedores, preventas, se logró una reestructuración en el modelo de distribución de la Región Metropolitana.

La tabla 32 muestra la reducción del número de camionetas total y el detalle por cada centro de distribución en la Región Metropolitana:

TABLA 32: ESCENARIO MODELO PROPUESTO CAMIONETAS.

Total Camionetas Santiago	Total Camionetas Modelo
40	32
Camionetas Huechuraba	
13	11
Camionetas Lo Espejo	
13	11
Camionetas Quilín	
14	10

Fuente: Elaboración Propia

Escenario Global Agrosuper Región Metropolitana

Para lograr establecer un nuevo modelo fue necesario la reestructuración global en la distribución actual de Agrosuper S.A. El modelo pretende generar un impacto directo en los costos de la empresa, mejorar el servicio de entrega a los clientes y utilizar de mejor manera la flota de vehículos utilizados para la distribución.

Para lograr lo mencionado se realizó un estudio mediante el análisis de la información facilitada por la empresa en conjunto con visitas en terreno. Junto al apoyo del equipo de la sucursal Huechuraba se determinó que mediante la disminución en el número de camionetas y la reestructuración completa de las zonas de transporte se lograría dar solución a los problemas detallados en los capítulos anteriores.

El resultado obtenido consistió en la disminución en el número final de camionetas pasando de 40 a un total de 32, esto provocó que los vendedores asignados a ciertas zonas debían realizar nuevas rutas abarcando un número mayor de clientes diariamente.

Para comprender el detalle de los resultados obtenidos, se abordó el tema según los pasos realizados para lograr el resultado final, esto se detalla a continuación:

5.1 Número de visitas.

Para Agrosuper S.A uno de los problemas con mayor impacto, es el referente al bajo número de visitas realizada por las camionetas (tabla 4), lo que provoca jornadas de trabajo cortas y de baja utilización en la capacidad de las cámaras de frío.

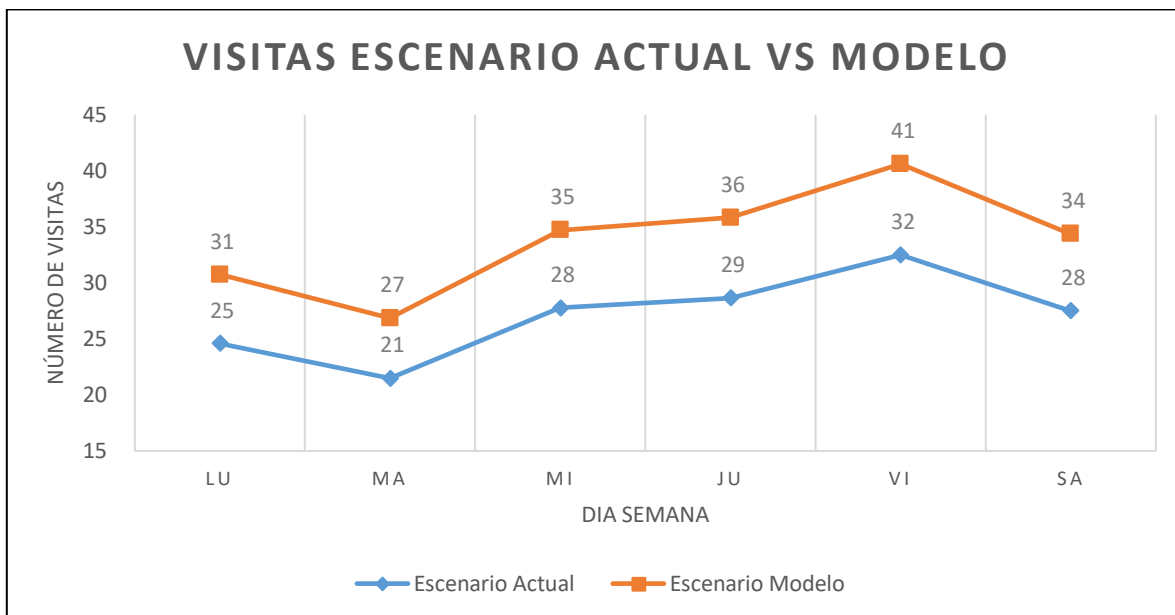
El resultado obtenido una vez seleccionados los vendedores y las zonas de transporte asignadas para la distribución, fue calculado en base al promedio de visitas utilizando 32 camionetas con la demanda original detallada en los capítulos anteriores, esto se puede visualizar en la tabla 33:

TABLA 33: PROMEDIO VISITAS MODELO.

Visitas clientes	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Promedio total visitas	984	859	1.110	1.146	1.300	1.100
Visitas por vendedor	31	27	35	36	41	34

Fuente: Elaboración propia

Para comprender de mejor manera este nuevo escenario, se realizó la comparación directa entre escenario actual y el planteado en el modelo a través de la gráfica 7:

GRÁFICA 7: COMPARACIÓN VISITAS ACTUAL VS MODELO.

Fuente: Elaboración propia

Mediante la comparación gráfica de los dos escenarios, se puede concluir un aumento promedio del 20 % diario en el número de visitas para el total de los vendedores.

Como se mencionó en los capítulos anteriores Agrosuper S.A establece como escenario ideal una entrega cercana a 41 pedidos diarios por vendedor, valor que según el modelo se ajusta perfectamente al día con mayor demanda correspondiente al viernes.

5.2 Capacidad ociosa

La capacidad ociosa es un problema que está directamente relacionado con el número de visitas a los clientes, esto quiere decir, si aumentamos el número de visitas disminuye la capacidad ociosa en las cámaras de frío de las camionetas producto de un mayor volumen de productos cargados.

Para el análisis fue necesario calcular los siguientes parámetros:

- Kilos transportados: Corresponden a la suma total de los kilos transportados por los vendedores en los meses seleccionados para el análisis.
- Promedio Kilos: Este valor se obtuvo promediando los kilos transportados semanalmente para cada día.
- Kilos máximos: Corresponde al total de kilos que pueden ser transportados por las camionetas, en este caso será 32 camionetas por 1.000 kg c/u.
- Capacidad utilizada; Corresponde al % utilizado en las cámaras de frío.

$$\frac{\textit{Promedio kilos}}{\textit{Kilos máximos}} = \textit{Capacidad utilizada en \%}$$

- Capacidad ociosa: Corresponde al % de espacio libre dentro de las cámaras de frío.

$$1 - \textit{Capacidad utilizada en \%} = \textit{Capacidad ociosa}$$

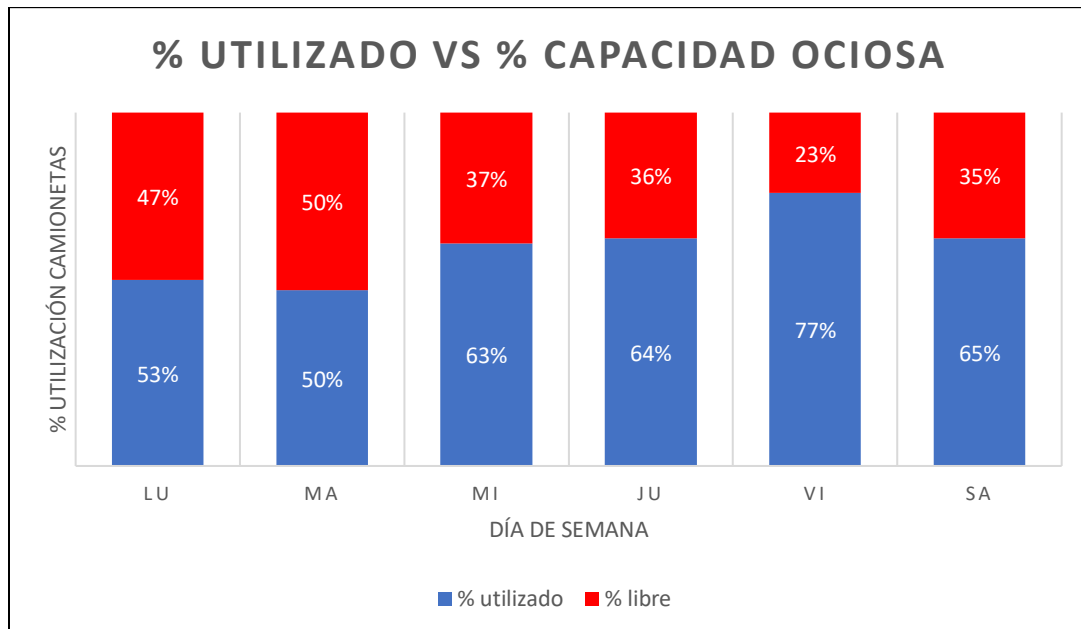
La tabla 34 detalla el escenario utilizando el modelo propuesto de distribución:

TABLA 34: ESCENARIO APLICADO MODELO.

Variante Kilogramos	LU	MA	MI	JU	VI	SA
Kilos transportados	235.514	270.636	362.953	350.323	420.432	350.885
Promedio kilos	16.822	15.920	20.164	20.607	24.731	20.640
Kilos máximos	32.000	32.000	32.000	32.000	32.000	32.000
Capacidad utilizada	53%	50%	63%	64%	77%	65%
Capacidad ociosa	47%	50%	37%	36%	23%	35%

Fuente: Elaboración propia

Para comprender de mejor manera la composición en el % de utilización de las cámaras de frío, se elaboró la gráfica 8 que permite visualizar el % de capacidad utilizada versus el % de la capacidad libre:

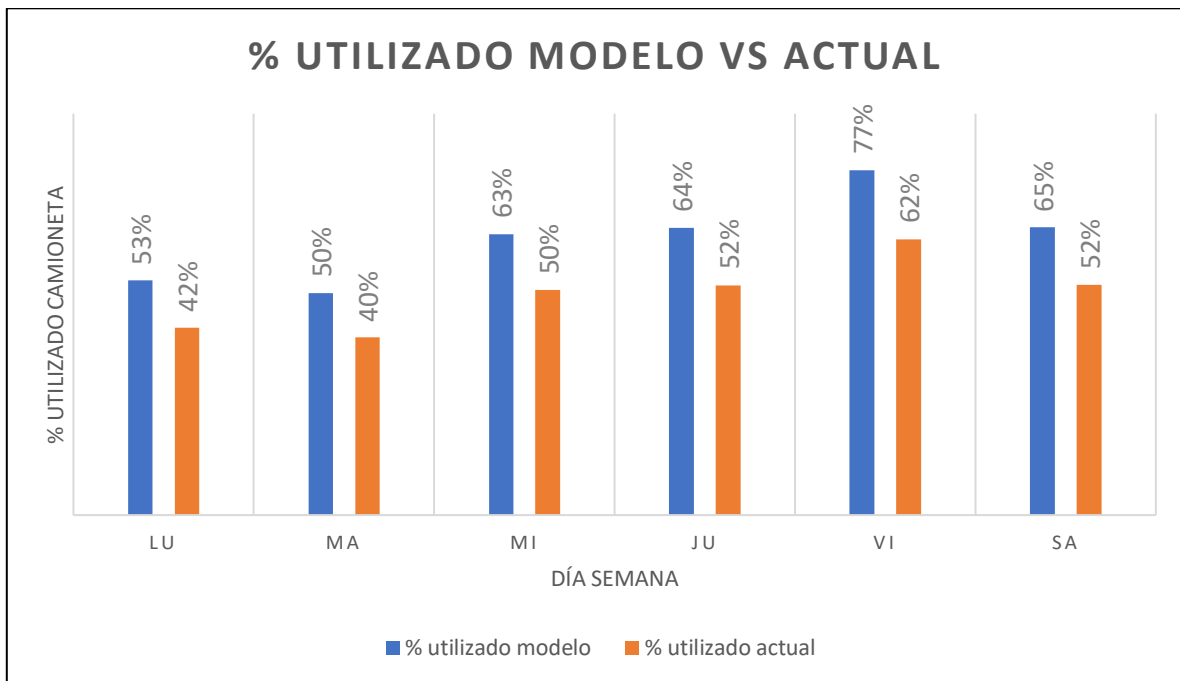
GRÁFICA 8: PORCENTAJE UTILIZADO VS PORCENTAJE CAPACIDAD OCIOSA.

Fuente: Elaboración propia

La gráfica refleja como resultado el día viernes con un porcentaje de utilización en las cámaras de frío correspondiente a 77%, esto quiere decir, una utilización volumétrica alta con productos para ser distribuidos.

Luego de realizar el análisis de los resultados obtenidos por nuestro modelo con 32 camionetas, se comparó directamente con el escenario original que comprende la distribución con 40 camionetas, esto se puede observar en la gráfica 9:

GRÁFICA 9: COMPARATIVA PORCENTAJE UTILIZADO ACTUAL VS MODELO.



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica se puede concluir que la variación en el porcentaje de capacidad ociosa baja considerablemente al disminuir el número de camionetas, de esta forma será utilizado el compartimiento interior en las cámaras de frío de mejor manera, generando una utilización más eficiente.

5.3 Costos de distribución.

Uno de los pilares fundamentales del estudio se basó en disminuir los costos de transporte, para esto fue necesario contar con la información detallada de los años 2015 al 2016 referente a la distribución, permitiendo comparar los dos escenarios estableciendo finalmente un incremento promedio en el costo cercano al 14%, generando un problema que preocupó a los directivos de Agrosuper S.A.

Mediante el modelo propuesto se buscó disminuir los costos de distribución mejorando el nivel de servicio e impactando en una percepción positiva por parte de los clientes.

5.3.1 Reducción costos camionetas

Al reducir el número de camionetas se buscó disminuir el costo de distribución por kg para ello fue necesario el cálculo de los siguientes parámetros:

- Kilos transportados: Corresponden a la suma total de los kilos transportados por los vendedores en los meses seleccionados para el análisis.
- Días trabajados: Corresponde al total de días laborales en donde la empresa realizo distribución.
- Número de camionetas: Corresponde al total de camionetas propuestas en el modelo.
- Costo 1 camioneta: Costo promedio pagado por el arriendo mensual de 1 camioneta, el detalle de este costo se especificó en los capítulos anteriores.
- Costo 40 camionetas: Costo promedio pagado por el arriendo mensual de 40 camionetas.
- Costo de distribución por kg: Costo correspondiente al transporte de 1 kg desde el centro de distribución hasta el cliente final.

$$\frac{\text{Costo 40 camionetas}}{\text{Kilos transportados}} = \text{Costo de distribución por kg}$$

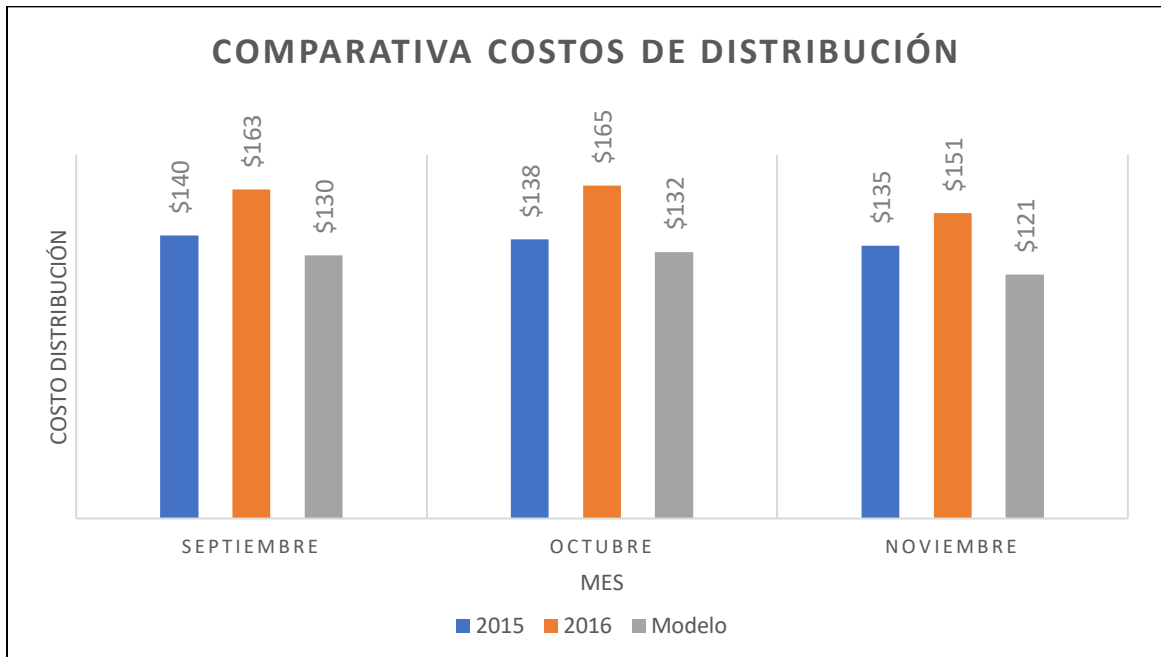
Mediante la tabla 35 se detalla los resultados obtenidos al utilizar los parámetros definidos:

TABLA 35: COSTOS DISTRIBUCIÓN MODELO.

Variable	Septiembre	Octubre	Noviembre
Kilos transportados	491.519	485.381	529.591
Días trabajados	25	24	25
Número de camionetas	32	32	32
Costo 1 camioneta	\$2.000.000	\$2.000.000	\$2.000.000
Costo 32 camionetas	\$64.000.000	\$64.000.000	\$64.000.000
Costo de distribución unitario	\$130	\$132	\$121

Fuente: Creación propia

Para comprender de mejor manera la tabla 35, se realizó la siguiente gráfica comparativa referente a los costos de distribución del año 2015, 2016 y modelo:

GRÁFICA 10: COMPARACIÓN COSTOS DISTRIBUCIÓN 2015-2016-MODELO.

Fuente: Elaboración propia

De la gráfica 10 se puede concluir una considerable disminución en el costo de distribución por kg referente al año 2015 y 2016. Si comparamos el año 2015 con el modelo la disminución promedio corresponde a un 7%, en cambio, si lo comparamos con el año 2016 esta variación es del 20%.

5.3.2 Reducción costos modelo de rutas.

- **Verificación y validación del modelo matemático.**

Antes de poner en marcha el modelo matemático en LINGO es necesario corroborar que lo ingresado en esta herramienta esté actuando correctamente como un modelo TSP, de manera que la función objetivo, variables y restricciones se apliquen de manera adecuada en la solución. A través de pruebas iniciales se confirmó que el código fuente se estuviese interpretando correctamente y que la F.O. y restricciones se estuviesen aplicando de forma adecuada, teniendo como propósito en esta etapa depurar la programación del modelo y efectuar correcciones menores, como límites de conjuntos, valores en sumatorias, entre otros. Es importante destacar que este *software* entrega una completa descripción, en forma de reportes de los datos que codificó y de los valores que calculó. Esto se puede obtener tanto para las variables como para los conjuntos de ecuaciones con restricción, siendo la razón por la que cada conjunto de restricciones tiene una etiqueta o nombre particular para identificarla luego en la hoja de resultados.

Una vez validado mediante simple inspección que el modelo crease rutas y minimice costos de distribución, se procede a cargar el modelo con casos de solución conocida en la literatura. El propósito de esta etapa es comprobar numéricamente que los resultados del *solver* estén de acuerdo con soluciones que se puedan encontrar en la literatura conocida al respecto.

Para efectuar esta verificación debemos someter el modelo a diferentes pruebas, de tal forma de analizar el comportamiento de éste en determinadas circunstancias al cual está sujeto. Este “chequeo” puede ser realizado de diferentes formas, donde en esta ocasión, se basó en la literatura referente a *Travel Salesman Problem*.

Para realizar la validación al modelo, se optó por efectuar una carga de datos con un ejemplo del cual la solución es conocida para comprobar que los comandos ingresados a LINGO sean correctos y entregue la solución requerida.

Un problema del tipo TSP es de los más estudiados y del cual se encuentra gran cantidad de información en la literatura, es por esto que es posible encontrar diversos problemas con sus respectivas soluciones.

Para acreditar el modelo se utilizó dos diferentes problemas de una colección de conjuntos de datos del tipo del problema TSP obtenidas de “TSPLIB” la cual corresponde a un sitio Web⁸ reconocido en los problemas del agente viajero. Para iniciar las pruebas se ejecutó el modelo con un problema cuyos nodos no tuvieran mayor tamaño con la finalidad de que el tiempo de iteración no sea tan extenso. Dentro de los problemas se encontró una matriz con 17 puntos a visitar de la cual se presenta un extracto de los datos en la tabla 36.

TABLA 36: DISTANCIAS NODOS PARA LA VALIDACIÓN DEL MODELO LINGO EN KM.

Nodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	633	257	91	412	150	80	134	259	505
2	633	0	390	661	227	488	572	530	555	289
3	257	390	0	228	169	112	196	154	372	262
4	91	661	228	0	383	120	77	105	175	476
5	412	227	169	383	0	267	351	309	338	196
6	150	488	112	120	267	0	63	34	264	360
7	80	572	196	77	351	63	0	29	232	444
8	134	530	154	105	309	34	29	0	249	402
9	259	555	372	175	338	264	232	249	0	495
10	505	289	262	476	196	360	444	402	495	0

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que en este caso los nodos corresponden a ciudades, por lo tanto, las distancias están en kilómetros y la matriz es simétrica. El otro modelo para comprobar el modelo matemático se puede observar en el capítulo de anexos.

Posterior a esto, se procedió a ingresar dicha matriz al modelo en LINGO el que entrega el siguiente resultado:

⁸ Sitio Web: <http://people.sc.fsu.edu/~jburkardt/datasets/tsp/tsp.html>

TABLA 37: RESULTADOS VALIDADOS.

Orden Ruta	Nº Nodo				
0	1				
12	3				
9	5				
1	4				
13	2				
5	6				
3	7				
4	8				
14	9			Costo	Total Km
11	10			323.175	2085
10	11				
15	12				
2	13				
7	14				
8	15				
16	16				
6	17				

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar el modelo entregó la mínima distancia recorrida igual a 2.085 kms.

Lo mismo que expresa el resultado del sitio web:

<http://people.sc.fsu.edu/~jburkardt/datasets/tsp/tsp.html>

GRI7 is a set of 17 cities, from TSPLIB. The minimal tour has length 2085

- [gr17.tsp](#), the TSP specification of the data.
- [gr17_d.txt](#), the intercity distance table.

El orden que debe seguir el agente viajero de la literatura y de nuestro modelo es el siguiente:

TABLA 37: RESULTADOS VALIDADOS.

Orden Ruta	Nº Nodo				
0	1				
12	3				
9	5				
1	4				
13	2				
5	6				
3	7				
4	8				
14	9			Costo	Total Km
11	10			323.175	2085
10	11				
15	12				
2	13				
7	14				
8	15				
16	16				
6	17				

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar el modelo entregó la mínima distancia recorrida igual a 2.085 kms.

Lo mismo que expresa el resultado del sitio web:

<http://people.sc.fsu.edu/~jburkardt/datasets/tsp/tsp.html>

GRI7 is a set of 17 cities, from TSPLIB. The minimal tour has length **2085**

- [gr17.tsp](#), the TSP specification of the data.
- [gr17_d.txt](#), the intercity distance table.

El orden que debe seguir el agente viajero de la literatura y de nuestro modelo es el siguiente:

TABLA 38: COMPARATIVA LITERATURA VS LINGO.

	Solución Literatura	Solución LINGO
Distancia a recorrer	2.085 (km)	2.085 (km)
Ruta a seguir	0->2->9->1->5->13->4->3->11->10->14->15->2->16->8->7->6->0	0 -> 4->13->7->8->6->17->14->15->5->11->10->12->2->9->12-16->0

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que la solución no es única ya que el modelo podría también entregar la misma secuencia en sentido inverso, debido a que es una matriz simétrica. La no coincidencia de las rutas a seguir se debe a la simetría de los datos explicado anteriormente. Por lo tanto, la ruta entregada por el modelo es correcta y por consiguiente se pudo comprobar que el modelo TSP se ajusta a la solución teórica.

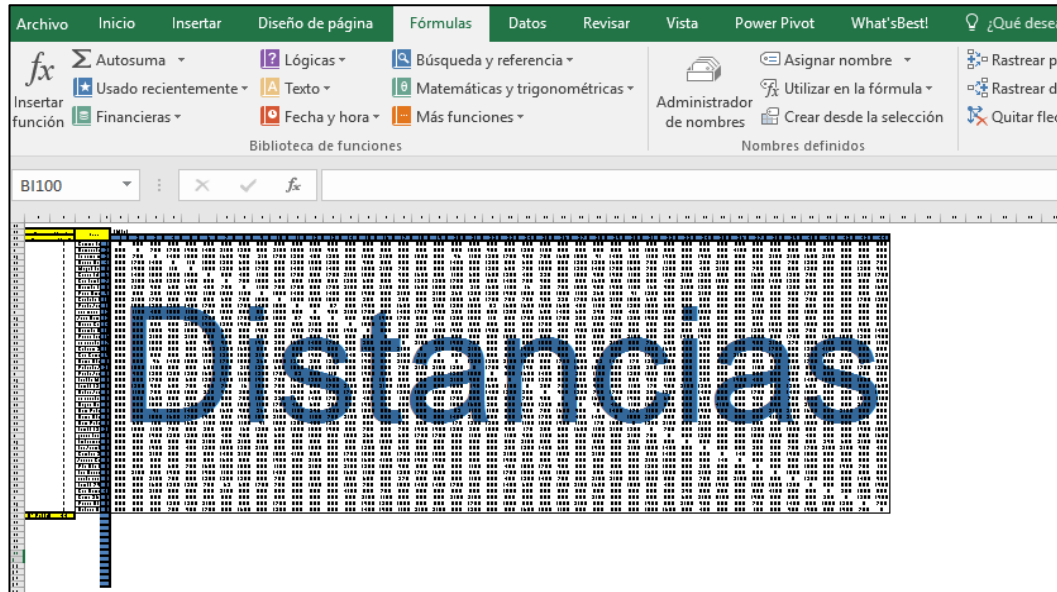
Adicionalmente se pudo corroborar que los ajustes realizados al modelo fueron interpretados correctamente por parte del programa, importando los datos de entrada desde planillas Excel y exportando los resultados a la planilla de Excel indicada.

Por otro lado, se pudo constatar que gracias a la función @OLE, LINGO se pudo exportar los resultados indicados en la plantilla de Excel, tomando para nuestro caso la F.O. y el orden de ruta.

Para tener mayor claridad sobre el vínculo entre el *software* LINGO y el programa Excel, es que en la siguiente figura se puede observar cómo está constituido el rango “Distancias” que se encuentra incorporado en la plantilla.

Para crear este rango simplemente se selecciona la matriz completa a utilizar y se crea la fórmula correspondiente. El nombre del rango debe coincidir estrictamente con el nombre que se indicó en los parámetros del vínculo @OLE en el programa del modelo. Para editar estos nombres se puede acceder a la función “Administrador de nombres” en la etiqueta de “Fórmulas”.

FIGURA 37: MATRIZ DISTANCIAS.



Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a la función objetivo se le debe asignar al rango donde se requiere que el programa exporte los resultados, el que fue llamado “función objetivo”, por otra parte, para entregar el orden de la ruta se asigna una columna con la letra S. Para incorporar estas funciones a la plantilla Excel se deben seguir los mismos pasos explicados para el rango “Distancias”.

Para obtener el costo a recorrer en \$, se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$Costo Ruta = Distancia a recorrer * \left(\frac{Precio combustible}{Rendimiento vehículo} \right)$$

Se denomina esta fórmula debido a que la matriz está en función de las distancias entre cada nodo.

Con respecto al precio del combustible, este sufrirá cambios debido a la variación que sufre semanalmente y por cada estación de servicio escogida por cada chofer para comprar petróleo. El rendimiento de cada vehículo es muy similar debido a que las camionetas son de motor, dimensiones y capacidades similares estableciendo como promedio igual a 4.6 Km/L.

El valor anterior se obtuvo mediante la información facilitada por los vendedores según la relación del tacómetro con la cantidad de litros que se consumen diariamente.

- **Análisis tiempo de ejecución**

Verificando que el modelo funciona correctamente es necesario saber los tiempos que demora en entregar la solución. Es necesario chequear con datos concretos del problema para saber que los tiempos de iteración son razonables.

En el caso teórico expuesto con anterioridad el tiempo que llevo en generar una solución se presenta en la figura 38:

FIGURA 38: TIEMPO EJECUCIÓN EJERCICIO TEÓRICO.

The image shows a screenshot of the Lingo 16.0 Solver Status dialog box. The dialog box is titled "Lingo 16.0 Solver Status [Modelo LINGO]" and contains the following information:

Solver Status		Variables	
Model Class:	MILP	Total:	306
State:	Global Opt	Nonlinear:	0
Objective:	2085	Integers:	289
Infeasibility:	0	Constraints	
Iterations:	78414	Total:	323
		Nonlinear:	0
Extended Solver Status		Nonzeros	
Solver Type:	B-and-B	Total:	1904
Best Obj:	2085	Nonlinear:	0
Obj Bound:	2085	Generator Memory Used (K)	
Steps:	4735	111	
Active:	0	Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
		00 : 00 : 10	

The "Elapsed Runtime (hh:mm:ss)" field is highlighted with a red box, showing a value of 00 : 00 : 10. The dialog box also includes an "Update Interval" set to 2, and buttons for "Interrupt Solver" and "Close".

Fuente: Elaboración Propia

El tiempo transcurrido fue de 10 segundos, pero se debe considerar que la matriz a calcular es simétrica y consta de tan solo 17 nodos, este paso es necesario realizarlo debido a que el problema consta con matrices en promedio de 40 nodos y la solución no puede tomar demasiado tiempo.

Como referencia se usó la matriz del día jueves de la semana 36 presentando un total de 44 nodos, asignando ese día ya que presenta gran cantidad de pedidos a repartir.

Como dato importante se decidió utilizar como criterio que los tiempos de solución no excedan más de 25 minutos.

La figura 39 presenta un extracto de la matriz a utilizar, expresada en kilómetros.

FIGURA 39: MATRIZ DISTANCIAS DÍA JUEVES.

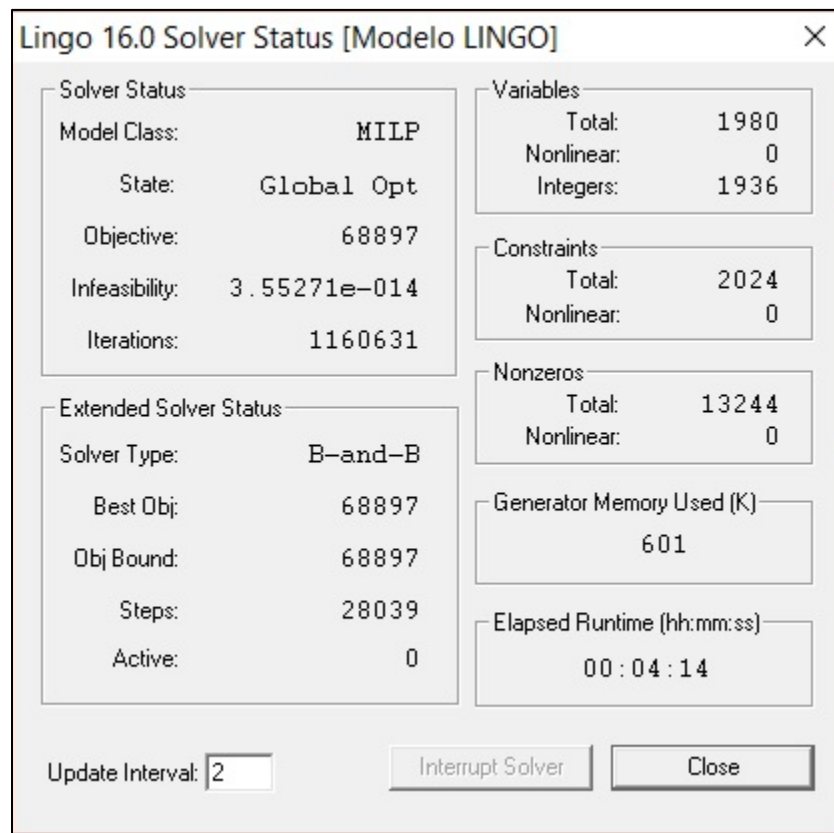
1	0	28,3	27,9	27,7	27,8	27,1	26,2	27	28	26,8	28,6	27,8	28,7	26,2	26,5	34	26,7	26,3	26,3	28	27,2	28,6	27,2	27	27,4	26,8
2	33,5	0	0,7	1,7	1,9	1,4	2,1	1,3	0,55	2,1	1	1,1	0,9	2,6	2,2	2,3	2,4	2,2	2,4	0,8	1,5	0,9	2	1,3	1,1	2
3	29	0,7	0	1,4	1,5	1	1,6	0,95	0,21	1,7	1,2	0,4	1,3	2,2	1,8	3,1	2	1,8	2	0,1	1,1	1,2	1,7	0,9	0,75	1,6
4	33,4	1,7	1,4	0	0,11	1	1,2	0,65	1,6	0,5	1,3	1	1,3	2,7	0,9	2	0,55	2,6	2,6	1,4	0,5	1,2	0,55	0,65	1	0,5
5	33,5	1,9	1,5	0,11	0	1	1,3	0,65	1,7	0,55	1,4	1,1	1,4	2,8	1	2,1	0,7	2,7	2,6	1,5	0,55	1,3	0,65	0,7	1	0,5
6	29,4	1,4	1	1	1	0	0,8	0,45	1,1	0,8	1,7	0,85	1,7	2,1	1	3,2	0,95	1,6	2	1,1	0,6	1,6	1,2	0,45	0,22	0,8
7	28,6	2,1	1,6	1,2	1,4	0,8	0	0,7	1,8	0,85	2,4	1,5	2,4	1,3	0,65	3,4	0,95	1,2	1,2	1,7	0,85	2,3	1,4	0,75	0,9	0,85
8	28,7	1,3	0,95	0,65	0,65	0,45	0,7	0	1,1	0,75	1,7	0,85	1,7	2,1	0,85	3,1	0,85	1,6	1,8	1	0,21	1,6	1,1	0,02	0,35	0,7
9	29,1	0,55	0,2	1,8	1,9	1,1	1,8	1,1	0	1,8	1,4	0,55	1,4	2,3	1,9	2,7	2,1	2	2,1	0,26	1,2	1,3	1,9	1	0,85	1,8
10	33,5	2,1	1,7	0,5	0,55	0,8	0,65	0,75	1,8	0	1,8	1,5	1,8	2,3	0,35	2,2	0,35	2,2	2,1	1,8	0,6	1,7	0,7	0,75	0,9	0,22
11	33,6	1	1,2	1,3	1,4	1,7	2,4	1,7	1,4	1,8	0	0,8	0,09	2,9	1,9	2	1,6	3	2,7	1,2	1,8	0,05	1,6	1,6	1,5	1,6
12	28,9	1,1	0,4	1	1,1	0,85	1,5	0,85	0,55	1,5	0,8	0	0,9	2,1	1,7	3	1,4	1,7	1,9	0,35	1	0,8	1,3	0,8	0,65	1,4
13	33,4	0,9	1,3	1,3	1,4	1,7	2,4	1,7	1,4	1,8	0,09	0,9	0	2,9	2	1,9	1,7	3	2,8	1,2	1,8	0,11	2,8	1,7	1,5	1,7
14	26,9	2,6	2,2	3	3,1	1,9	1,3	1,9	2,3	2,5	3,5	2,1	3,6	0	1,8	3,7	2,5	0,3	0,14	2,3	2,7	3,5	3	2,5	1,7	2,7
15	29	2,2	1,8	0,9	1	1	0,65	0,85	1,9	0,35	1,9	1,7	2,6	1,9	0	2,2	0,3	1,8	1,8	1,9	1	1,9	0,8	0,85	1	0,4
16	32,7	2,3	3,1	2	2,1	2,6	2,9	2,5	2,7	2,2	2	3	1,9	3,9	2,2	0	2	3,7	3,7	3,2	2,4	2	1,5	2,6	2,7	2
17	33,3	2,2	1,8	0,55	0,65	0,95	0,95	0,85	1,9	0,35	1,6	1,4	1,7	2,2	0,3	2	0	2,1	2	1,9	0,7	2,5	0,5	0,85	1	0,15
18	27,2	2,2	1,8	2,4	2,5	1,6	1,2	1,6	2	2	3	1,7	3	0,3	1,9	4,4	2,1	0	0,21	2,4	2,1	2,9	2,6	1,9	1,8	2,3
19	27	2,4	2	2,4	2,5	1,8	1,2	1,8	2,1	2	2,9	1,9	3	0,14	1,9	4,4	2,1	0,21	0	2,3	2,1	2,9	2,6	1,9	1,8	2,2
20	28,1	0,8	0,1	1,4	1,5	1,1	1,7	1	0,26	1,8	1,2	0,35	1,2	2,3	1,9	3,2	2,1	2,4	2,3	0	1,2	1,2	2,1	1	0,85	1,7
21	28,9	1,5	1,1	0,5	0,55	0,6	0,85	0,21	1,2	0,6	1,8	1	1,8	2,2	1	3	0,7	2,1	2,1	1,2	0	1,7	0,95	0,19	0,5	0,55
22	33,4	0,9	1,2	1,2	1,3	1,6	2,3	1,6	1,3	1,7	0,05	0,8	0,11	2,8	1,9	2	2,6	2,9	2,9	1,2	1,8	0	2,7	1,6	1,4	2,3
23	32,8	2	1,7	0,55	0,65	1,2	1,4	1,1	1,9	0,7	1,6	1,3	1,6	2,7	0,8	1,5	0,5	2,5	2,5	2,1	0,95	2,7	0	1,1	1,3	0,55
24	28,7	1,3	0,9	0,65	0,7	0,45	0,75	0,02	1	0,75	1,6	0,8	1,7	2,1	0,85	3,1	1	2	2	1	0,19	1,6	1,1	0	0,35	0,7
25	28,6	1,1	0,75	1	1	0,22	0,9	0,35	0,85	0,9	1,5	0,65	1,5	1,7	1,1	3,3	1,2	1,8	1,8	0,85	0,5	1,4	1,3	0,35	0	0,9
26	33,3	2	1,6	0,5	0,5	0,8	0,85	0,7	1,8	0,22	1,6	1,4	1,7	2,3	0,4	2	0,15	2,2	2,2	1,7	0,55	2,3	0,55	0,7	0,9	0

Fuente: Elaboración propia

En la figura se puede apreciar que luego de realizar 1.160.631 iteraciones se logró encontrar un resultado para la función objetivo que es de 68,9 kilómetros a recorrer con un tiempo de ejecución de 4:14 (minutos y segundos), lo cual es bastante considerable para la cantidad de iteraciones realizadas. En esta ventana también se presentan otros datos tales como: el problema presenta 1980 variables, 2.024 restricciones y 13.244 valores constantes.

Cabe mencionar que el *solver* de LINGO entrega el resultado en metros debido a que, si se ingresa la matriz en kilómetros, las distancias cercanas a valor 0 las tomará con dicho número.

FIGURA 40: SOLVER LINGO.



Fuente: Elaboración Propia

El orden de la ruta queda indicado en un informe generado por LINGO denominado "solution report" y también en el archivo Excel al cual está vinculado el modelo gracias al rango denominado como "S".

Para este caso en específico, el orden a seguir por el vehículo y la distancia a recorrer se presenta en la tabla 39:

TABLA 39: RUTA ENTREGADA POR MODELO.

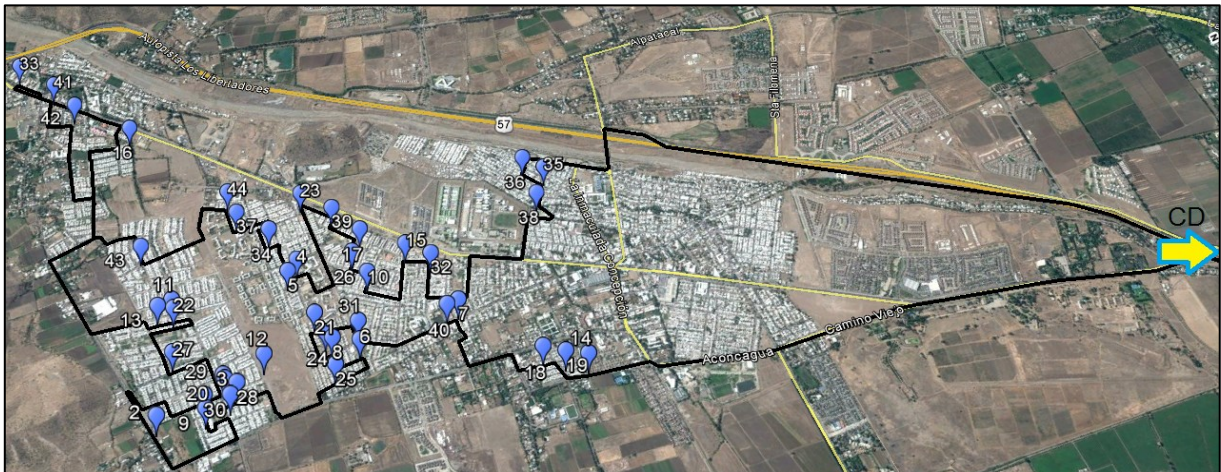
Solución Lingo	
Distancia total a recorrer	68,9 [KM]
Ruta a seguir	0-36-35-38-32-15-10-26-17-39-23-4-5-34-37-44-43-42-33-41-16-13-11-22-27-29-3-9-2-30-20-28-12-25-6-21-24-8-31-40-7-18-19-14-0

Fuente: Elaboración Propia

Entiéndase que los nodos con número cero presentan los puntos de inicio y fin en el centro de distribución.

Para tener una mejor referencia de la ruta generada, se detalla el orden de entrega mediante la figura 41, utilizando la herramienta Google Earth.

FIGURA 41: RUTA FINAL DISTRIBUCIÓN LINGO.



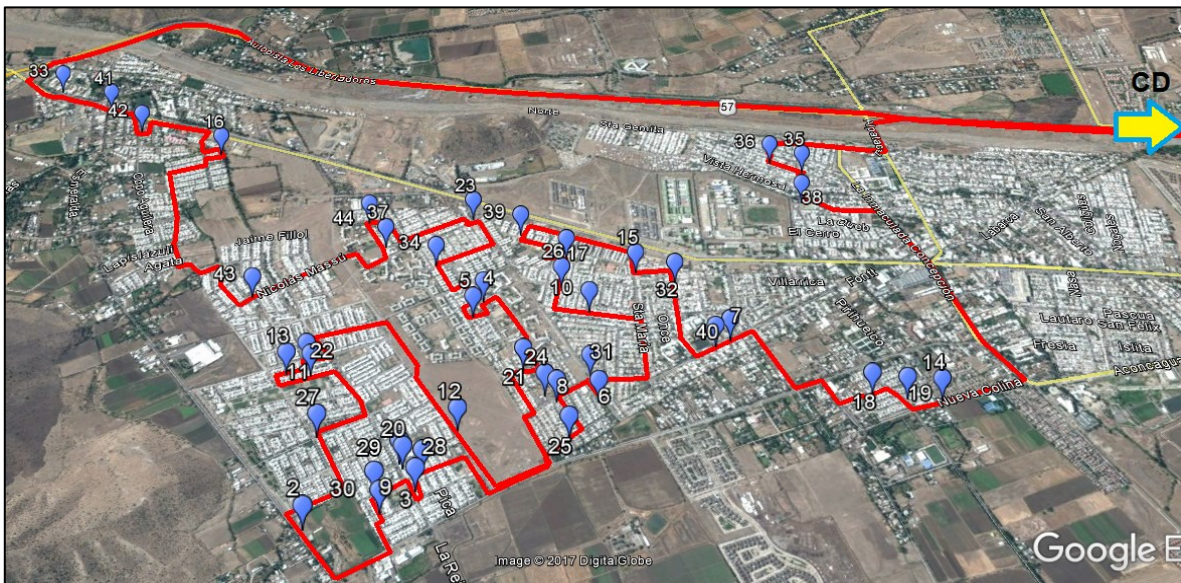
Fuente: Elaboración Propia

En la imagen se puede observar que la ruta establece un orden de distribución coherente que debe seguir el vehículo a repartir. Se debe mencionar que el CD no se observa en la imagen

debido a la lejanía de los nodos, afectando la visualización detallada de la ruta, pero si se visualiza en la dirección que este se encuentra.

Para realizar una comparación visual, fue consultado al vendedor de Colina respecto a cuál es la ruta que el realiza en esta zona de reparto, quedando de la siguiente manera:

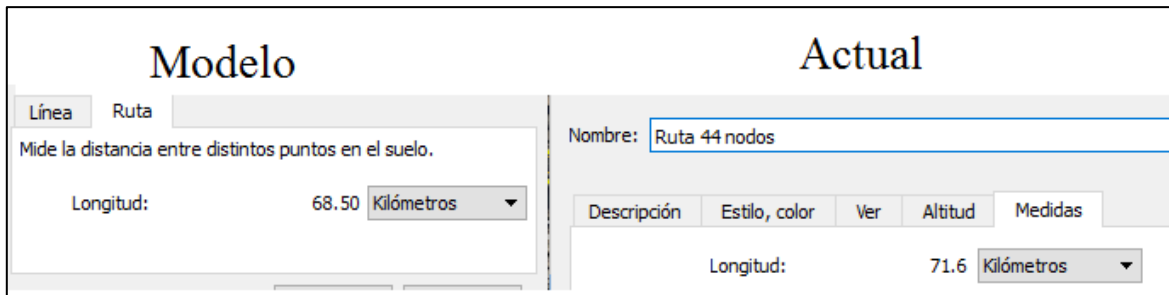
FIGURA 42: RUTA INICIAL DISTRIBUCIÓN.



Fuente: Elaboración Propia

De la figura anterior se puede observar que no existe una distribución lógica, sin tener una forma clara de entrega establecida, por otro lado, en la siguiente figura se puede comparar la diferencia en distancias medidas con la herramienta Google Earth.

FIGURA 43: COMPARATIVA DISTANCIAS RUTA COLINA – LAMPA.



Fuente: Elaboración Propia

La distancia calculada por la herramienta Google Earth en el modelo establece que esta corresponde a 68.5 kilómetros, muy similar a la entregada como solución en LINGO (68,9 kilómetros), por lo tanto, es posible comprobar que las iteraciones realizadas están correctas. La situación actual de distribución presenta 71.6 kilómetros, casi 3 kilómetros adicionales de recorrido, lo que involucra un mayor gasto realizado por la empresa, tema que se profundizará más adelante.

Por lo tanto, el modelo TSP programado en la herramienta LINGO se ajusta al problema en estudio, debido a que:

- El modelo matemático desarrollado en LINGO al compararlo con un caso teórico entrega la misma solución.
- Los tiempos de iteración del *software* LINGO son razonables.
- Se pueden visualizar los resultados de manera clara y ordenada.
- Gracias al vínculo @OLE, se pueden interpretar los resultados en una planilla Excel.

- **Análisis de resultados**

Luego de realizar todo el proceso de validación del modelo se debe establecer una situación base para hacer una comparación efectiva, esto será un marco de referencia de los costos actuales del sistema de distribución de la empresa. Todo este análisis reside en poder determinar si las rutas propuestas a seguir permiten entregar ahorros a la organización.

Escenario inicial.

Para hacer una comparativa adecuada, es necesario saber el recorrido que hacen los vehículos para tener las distancias en kilómetros. Agrosuper S.A no posee este dato exacto, es por esto que se decidió consultar al vendedor encargado de que realizar la ruta de Colina y Lampa para que detallara los kilómetros aproximados que recorre según el odómetro de su vehículo. Los resultados del kilometraje se presentan en la tabla 40.

TABLA 40: DISTANCIAS ACTUALES EN KM.

Ruta			Colina- Lampa			
Dia semana	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Semana 36	80,4	83,4	86,0	71,6	97,8	88,4
Semana 37	75,7	79,9	81,8	73,0	95,4	88,2
Semana 38	73,4	77,7	82,3	72,9	94,8	86,0
Semana 39	85,7	58,7	79,7	70,8	97,6	87,5
Promedio diario	78,8	74,9	82,5	72,1	96,4	87,5
Total, Km mes			1.968,7			

Fuente: Elaboración Propia

Con las distancias recorridas por los vehículos, se pudo obtener los costos asociados al combustible de las rutas bajo estudio. Para ello se ha establecido que por conceptos de rendimiento para cada camión sea de 4.6 [kms/L]⁹, este valor es bajo debido a que los vehículos utilizados incorporan cámaras de frío¹⁰ y transportan grandes cantidades de peso lo que afecta directamente a la eficiencia del vehículo. Con respecto al valor del petróleo se utilizó una página Web¹¹ que es proporcionada por el ministerio de energía el cual entrega el valor del combustible que incluso se puede visualizar por comuna. El valor utilizado es de \$498 pesos el litro, precio que se obtiene del promedio de las estaciones de servicios de Huechuraba, Colina y Lampa comunas por las cuales transita el chofer.

⁹ Valor obtenido en conversaciones con los choferes de los vehículos.

¹⁰ Agrosuper establece que las cámaras siempre deben estar encendidas para que los productos no lleguen en mal estado a los clientes. Esta acción consume directamente combustible.

¹¹ <http://www.bencinaenlinea.cl/web2/>: Página Web para obtener información en línea de precios de combustible en estaciones de servicio.

Como se mencionó con anterioridad, la fórmula utilizada es la siguiente:

$$\text{Costo Ruta} = \text{Distancia a recorrer} * \left(\frac{\text{Precio combustible}}{\text{Rendimiento vehículo}} \right)$$

A continuación, se presenta la tabla 41 con los costos de las rutas.

Tabla 41: Costos de combustible.

Ruta			Colina-Lampa			
Día semana	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Semana 36	\$ 8.704	\$ 9.029	\$ 9.310	\$ 7.751	\$ 10.588	\$ 9.570
Semana 37	\$ 8.195	\$ 8.650	\$ 8.856	\$ 7.903	\$ 10.328	\$ 9.549
Semana 38	\$ 7.946	\$ 8.412	\$ 8.910	\$ 7.892	\$ 10.263	\$ 9.310
Semana 39	\$ 9.278	\$ 6.355	\$ 8.628	\$ 7.665	\$ 10.566	\$ 9.473
Costo promedio diario	\$ 8.531	\$ 8.111	\$ 8.926	\$ 7.803	\$ 10.436	\$ 9.476
Total, costo mensual			\$ 213.133			

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los costos actuales de combustible, se construye un marco de referencia para los costos de distribución de la zona de estudio. En la tabla 42 se presenta detalladamente el desglose de estos costos.

TABLA 42: COSTO PROMEDIO DE DISTRIBUCIÓN LAMPA - COLINA.

		Mensual
Costos fijos	Remuneración conductor (liquido)	\$ 530.000
	Remuneración Pioneta (liquido)	\$ 350.000
	Colación	\$ 156.000
	Total C.F.	\$ 1.036.000
Costos Variables	Combustible	\$ 213.133
	Peaje - TAC	\$ 290.500
	Parquímetro	\$ 32.300
	Bono N° de servicio	\$ 350.000
	Total C.V.	\$ 885.933
Costo Total		\$ 1.921.933

Fuente: Elaboración Propia

Escenario final / resultados de la Metodología Propuesta.

Para obtener estos resultados, fue necesario modelar los días de estudios para ver que distancias recorrerían los vehículos utilizando el nuevo modelo. Los resultados quedan explícitos en la tabla 43 donde se presentan en kilómetros.

TABLA 43: DISTANCIAS OBTENIDAS EN MODELO EN KM.

Ruta	Colina-Lampa					
Día semana	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Semana 36	69,9	72,6	74,8	68,9	84,7	75,6
Semana 37	65,9	69,5	71,2	69,1	85,1	76,3
Semana 38	63,9	67,6	71,6	67,3	88,3	77
Semana 39	74,6	51,1	69,3	67,8	86,4	78,2
Promedio diario	68,6	65,2	71,7	68,3	86,1	76,8
Total km mensual				1.746,6		

Fuente: Elaboración Propia

Con las distancias recorridas por los vehículos, se obtuvo los costos asociados al combustible de las rutas bajo estudio los cuales se presentan en la tabla 44.

TABLA 44: COSTOS COMBUSTIBLE.

Ruta			Colina-Lampa			
Día semana	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Semana 36	\$ 7.573	\$ 7.855	\$ 8.100	\$ 7.459	\$ 9.170	\$ 8.185
Semana 37	\$ 7.130	\$ 7.526	\$ 7.704	\$ 7.481	\$ 9.211	\$ 8.260
Semana 38	\$ 6.913	\$ 7.318	\$ 7.752	\$ 7.286	\$ 9.559	\$ 8.336
Semana 39	\$ 8.072	\$ 5.529	\$ 7.507	\$ 7.340	\$ 9.354	\$ 8.466
Costo Prom diario	\$ 7.422	\$ 7.057	\$ 7.766	\$ 7.392	\$ 9.324	\$ 8.312
Total mensual			\$ 189.086			

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los costos de combustible acorde al modelo, se elaboró una tabla para los costos de distribución de la zona de estudio, la cual se presenta detalladamente en el desglose de los costos.

TABLA 45: NUEVOS COSTOS RUTA LAMPA - COLINA.

		Mensual
Costos fijos	Remuneración conductor (liquido)	\$ 530.000
	Remuneración Pioneta (liquido)	\$ 350.000
	Colación	\$ 156.000
	Total C.F.	\$ 1.036.000
Costos Variables	Combustible	\$ 189.086
	Peaje - TAC	\$ 290.500
	Parquímetro	\$ 32.300
	Bono N° de servicio	\$ 350.000
	Total C.V.	\$ 861.886
Costo Total		\$ 1.897.886

Fuente: Elaboración propia

El bono por nivel de servicio variará según el cumplimiento de entrega que posean los trabajadores por ruta, si el trabajador presenta un 100% de cumplimiento recibirá todo el dinero presentado en la tabla.

Comparativa entre Situación Base y Metodología Propuesta

Para tener una mejor perspectiva de los resultados, es necesario comparar los valores obtenidos con la situación actual de la empresa. Para una mejor comprensión y visualización en las siguientes tablas se mostrarán comparativas entre los dos casos expuestos para el mes de septiembre, semana 36.

Con respecto al combustible por ruta queda de la siguiente manera:

TABLA 46: COMPARATIVA DE COSTOS S. BASE Y M. PROPUESTA.

Segmentos	Situación Base	M. Propuesta
Costo Combustible	\$ 213.133	\$ 189.086
Variación	12,7%	

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 47: COMPARATIVA DE DISTANCIAS S. BASE Y M. PROPUESTA.

Segmentos	Situación Base	M. Propuesta
Distancias recorridas	1968,7 [Km]	1746,6 [Km]
Disminución	222,1 [Km]	

Fuente: Elaboración Propia

Si bien la diferencia es de aproximadamente \$25.000 mensual para la ruta detallada, existe una disminución en distancias de 220 kilómetros mensual para esta ruta. Cabe considerar que esta propuesta se puede aplicar para las demás camionetas permitiendo disminuir costos asociados a combustibles. Por otro lado, tener menor distancia a recorrer permite a los

vendedores repartir a más clientes siempre y cuando el plan de visita así lo estime conveniente.

En resumen, de las tablas anteriores se puede desprender que el porcentaje de variación para Colina-Lampa alcanza un 12,7%. Este porcentaje no será el mismo para todas las rutas, ya que este factor dependerá directamente de los kilómetros recorridos y cantidad de puntos a visitar por cada vehículo en su zona de reparto correspondiente.

Específicamente el estudio en dichas comunas, el ahorro en costos de combustible corresponde a \$24.047 mensuales, con un equivalente anual igual de \$288.564.

Por otro lado, al contar con una ruta mejor diseñada es posible incorporar una mayor cartera de clientes y mejorar niveles de servicio, dichos puntos no se han comprobado en la práctica debido a que la presente metodología es solo una propuesta de mejora y dependerá de la empresa si es aplicada.

Resumen reducción costos globales de distribución.

Mediante lo expuesto en los capítulos anteriores, donde se realizó una disminución en el número de camionetas luego de una reestructuración total en las zonas de transporte de la Región Metropolitana y la utilización del software LINGO para la generación de rutas de reparto, se logró una importante disminución en el costo global de distribución.

En la tabla 48 se detalla el promedio total del costo de distribución obtenido promediando las 40 camionetas que eran utilizadas por Agrosuper S.A.

TABLA 48: COSTOS PROMEDIO DE DISTRIBUCIÓN AGROSUPER S.A.

		Mensual
Costos fijos	Remuneración conductor (liquido)	\$530.000
	Remuneración Pioneta (liquido)	\$350.000
	Colación	\$156.000
	Total C.F.	\$1.036.000

Costos Variables	Combustible	\$250.000
	Peaje - TAC	\$310.000
	Parquímetro	\$50.000
	Bono N° de servicio	\$350.000
	Total C.V.	\$960.000
Costo Total		\$1.996.000

Fuente: Elaboración Propia

Como es posible observar en la tabla el costo de distribución es cercano a \$2.000.000.

Luego de realizar los modelos de rutas para Lampa – Colina en el software LINGO, se estableció una disminución en el costo de bencina cercana al 13%.

TABLA 49: VARIACIÓN COSTOS DISTRIBUCIÓN COLINA - LAMPA

Costo distribución	\$1.921.933
Ahorro combustible	\$24.047
Nuevo costo distribución	\$1.897.886

Fuente: Elaboración Propia

Se debe considerar que la ruta Colina – Lampa es una de las que posee mayores distancias entre los clientes y el centro de distribución, por ende, el impacto en el costo total del combustible se ve mayormente reflejado. Para las otras rutas de la Región Metropolitana las distancias son menores por ende el ahorro será menor.

Finalmente, en el análisis se consideró que el costo de bencina en el total del costo de distribución impactaría en una considerable disminución, pero como el modelo redujo el número de camionetas de 40 a 32, estas realizarán un mayor número de visitas, por ende, aumentarían los kilogramos en el interior de las cámaras y los kilómetros, sin existir un modelo de rutas el costo en bencina se vería necesariamente incrementado.

El modelo de rutas propuesto utilizando LINGO permitirá contrarrestar el aumento en el costo de bencina al aumentar los clientes, ya que las rutas generadas tendrán un orden lógico disminuyendo los kilómetros diariamente.

5.4 Validación modelo propuesto R.M.

El modelo final fue presentado directamente a la subgerencia de Agrosuper S.A Huechuraba en donde se detalló todo el procedimiento realizado con el fin de generar una solución al problema referente al alto costo de transporte generado por las camionetas.

En una primera instancia mediante la participación del jefe de zona de la sucursal Huechuraba se realizaron modificaciones al modelo original, ajustándolo a las necesidades reales de la empresa.

Mediante una reunión con el gerente general de Agrosuper Región Metropolitana, éste informa que cualquier modificación al sistema de distribución actual generaría un impacto directamente a los consumidores, esto quiere decir, no será viable un modelo que sea invasivo ya que existe toda una red logística ya establecida.

Finalmente, el modelo es aceptado pero su implementación será en forma gradual evaluando los resultados semanalmente, esto quiere decir, se aplicará a una determinada zona de transporte y se medirá el nivel de servicio.

Los pasos a seguir acordados fueron los siguientes:

1. *Implementación gradual:* El modelo es implementado en una determinada zona de transporte perteneciente a la sucursal Huechuraba, informado a los vendedores y al equipo de ventas la nueva ruta a realizar.
2. *Evaluación:* En un lapso de 3 semanas se evalúa el funcionamiento tras la implementación del modelo, utilizando el nivel de servicio (NS) de entrega. Para esto fue necesario acompañar directamente a los vendedores en las rutas, cuestión que fue fundamental para su posterior corrección.
3. *Decisión:* Si el nivel de servicio mejora y existe un mayor número de visitas por camioneta el modelo es aceptado, de lo contrario si el modelo genera problemas en la distribución y el nivel de servicio disminuye éste es rechazado.

Si los resultados son positivos y se decide implementar en forma definitiva el modelo para una determinada zona de transporte, se procede a implementar el modelo en otra zona de la Región Metropolitana siguiendo exactamente los mismos pasos.

5.4.1 Escenario zonas de transporte aplicado Agrosuper Región Metropolitana.

Mediante el tiempo designado por Agrosuper para el estudio, se implementó positivamente el modelo en 3 zonas de transporte: Lampa-Colina, Santiago Centro y Las Condes-Lo Barnechea-Providencia

Para entregar mayor especificación con respecto a lo efectuado en la herramienta *Map City* se detalló los cambios propuestos en tres zonas de transporte. Las otras rutas contenidas en el modelo se pueden observar en el capítulo de anexos.

Para tener una mayor comprensión de lo ejecutado, se realizó un contraste de la situación actual respecto al modelo propuesto donde se indicará los cambios finales referente a los días de entrega y las nuevas rutas que deben realizar los preventas. Hay que tener en consideración cada par de colores para observar en las imágenes los cambios propuestos. (Ver capítulo 3 para más detalles).

La primera ruta de distribución que se implementó el modelo corresponde a las Condes – Providencia y Lo Barnechea, detalle que se puede observar a continuación:

5.4.1.1 Ruta1: Las Condes-Providencia-Lo Barnechea

Ruta perteneciente al centro de distribución Huechuraba, constituida por las zonas de transporte: Providencia 1, Providencia 2, Las Condes 1, Las Condes 2, Las Condes 3 y Lo Barnechea.

Vendedor asignado: Pablo Ruiz Burgos

Cartera de clientes: 400

Modificación zonas de reparto vendedor:

El vendedor seleccionado para esta ruta contaba con un nivel de servicio del 82%, lo que fue primordial para su elección.

En las siguientes tablas se detalla el escenario inicial del vendedor y el escenario perteneciente al modelo implementado:

TABLA 50: EVOLUCIÓN ZONAS DE TRANSPORTE.

Escenario inicial			Escenario modelo		
Vendedor	Zona transporte	Día entrega	Vendedor	Zona transporte	Día entrega
Pablo Ruiz	Las Condes 1	W-S	Pablo Ruiz	Las Condes 1	W-S
	Las Condes 2	W-S		Las Condes 2	W-S
	Las Condes 3	L-J		Las Condes 3	L-J
	Lo Barnechea	M-V		Providencia 1	M-V
		Providencia 2		L-J	
		Lo Barnechea		M-V	

Fuente: Elaboración propio

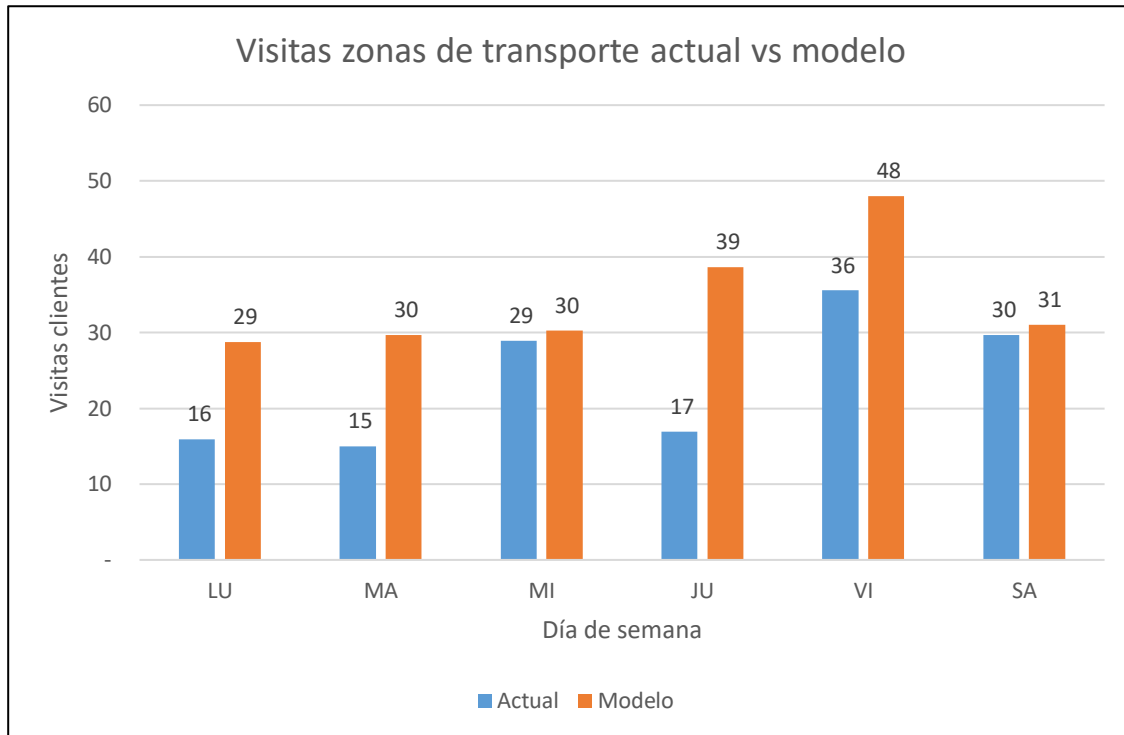
En el ejemplo anterior el vendedor Pablo Ruiz tenía asignado en un comienzo 4 zonas de transporte, quedando finalmente en el modelo con 6 zonas de transporte. Este cambio impactó directamente en la cantidad de visitas a realizar, debido a un mayor número de clientes diariamente.

Fue consultado directamente al vendedor Ruiz si la nueva ruta asignada era factible de realizar, respondiendo positivamente, pero argumentando que se debe considerar una distancia entre cada zona de transporte no extensa.

En la gráfica 11 comparativa se puede observar el aumento promedio en la cantidad de clientes a visitar diariamente luego de implementar el modelo, datos obtenidos mediante el

promedio de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2016, comparándolos con los obtenidos en enero del año 2017.

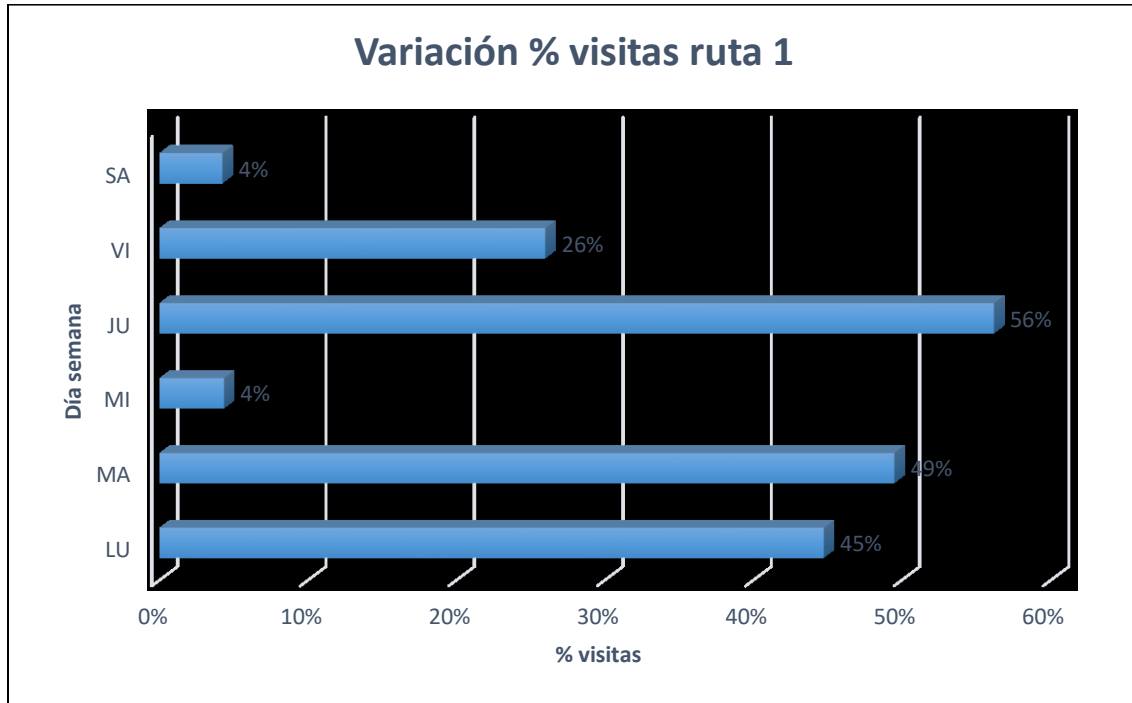
GRÁFICA 11: COMPARATIVA VISITAS ACTUALES VS MODELO.



Fuente: Elaboración propio

Se puede observar que el día con mayor aumento en la cantidad de clientes corresponde al jueves, pasando de 17 a 39 clientes.

Al realizar este aumento en la cantidad de clientes a visitar por el vendedor, se puede visualizar la variación en % de visitas mediante la gráfica 12:

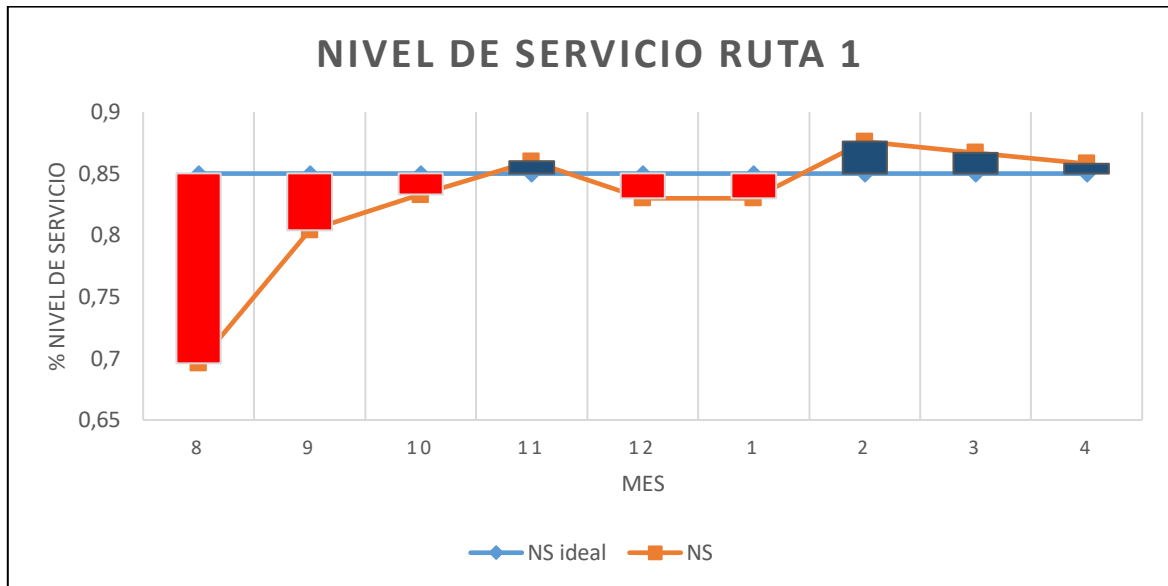
GRÁFICA 12: VARIACIÓN PORCENTAJE VISITAS RUTA 1.

Fuente: Elaboración propia

Nivel de servicio ruta: Las Condes-Providencia-Lo Barnechea:

Agrosuper S.A establece un escenario positivo si el nivel de servicio se sitúa sobre el 85 % para la ruta de reparto.

Mediante el nivel de servicio perteneciente ruta Las Condes-Providencia-Lo Barnechea fue posible evaluar el comportamiento en la distribución, detalle que se puede observar en la gráfica 13:

GRÁFICA 13: VARIACIÓN NIVEL DE SERVICIO RUTA 1.

Fuente: Elaboración propia

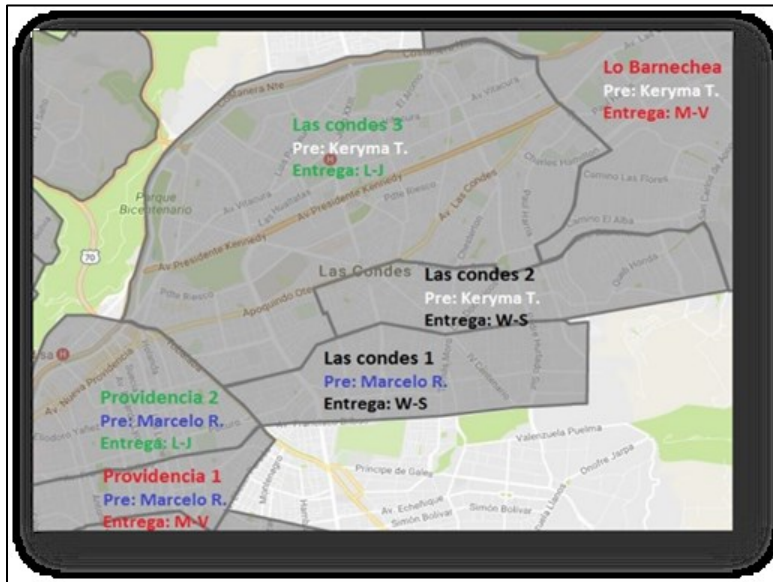
En la gráfica 13 se puede observar que, mediante la implementación del modelo en el mes de enero del año 2017 para la zona detallada, el nivel de servicio se ha mantenido por sobre el 85 % establecido por Agrosuper S.A como ideal. Esto representa una mejora significativa en la distribución ya que se pasó de un nivel de servicio promedio bajo los estándares requeridos por la empresa a mantenerse por sobre este en el año 2017.

Ajuste final modelo:

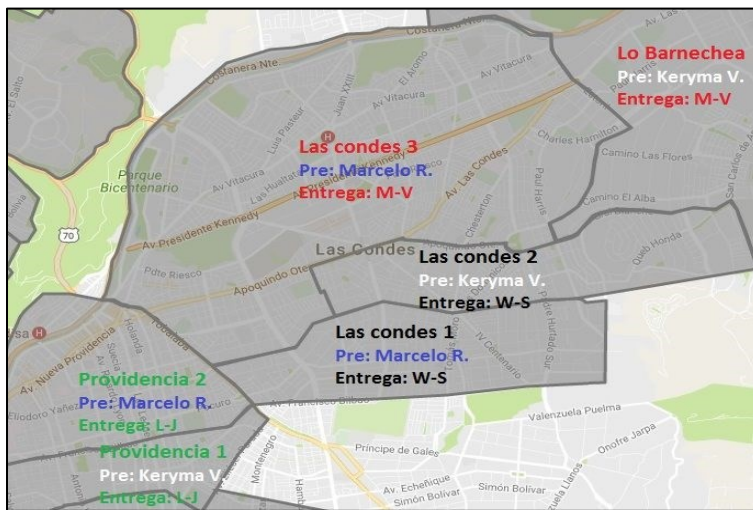
Luego de realizar la implementación del modelo propuesto, se determinó que las distancias entre las zonas de transporte eran extensas, para ello se realizó una modificación a la propuesta que involucraba un cambio en los días de visitas por parte de los vendedores y una modificación en las zonas visitadas por el cuerpo de ventas, detalle que se puede visualizar a continuación:

FIGURA 43: EVOLUCIÓN ZONAS DE TRANSPORTE RUTA 1.

Propuesta inicial



Propuesta final



Fuente: Elaboración Propia

Mediante la tabla 51 se puede observar los cambios que se deben efectuar correspondiente a los días de entrega y rutas de preventas.

TABLA 51: CAMBIOS DÍAS, ZONAS DE TRANSPORTE Y PREVENTAS

•Días de entrega	Actual	Modificado
Las Condes 1	W-S	M-V
Las Condes 3	L-J	W-S
Providencia 1	M-V	L-J
•Ruta preventas		
Keryma Troncoso	Las Condes 3	Providencia 2
Marcelo Reyes	Providencia 2	Las Condes 3

Fuente: Elaboración Propia

5.4.1.2 Ruta 2: Santiago Centro

Ruta perteneciente al centro de distribución Huechuraba, constituida por las zonas de transporte: Centro 4, Centro 5, Centro 6, Centro 7, Centro 8 y Centro 9.

Vendedor asignado: Carlos Gutiérrez Pizarro


Cartera de clientes: 419

Modificación zonas de reparto vendedor:

El vendedor seleccionado para esta ruta contaba con un nivel de servicio del 85%, lo que fue primordial para su elección.

En las siguientes tablas se detalla el escenario inicial y el escenario perteneciente al modelo implementado:

TABLA 52: EVOLUCIÓN ZONAS DE TRANSPORTE.

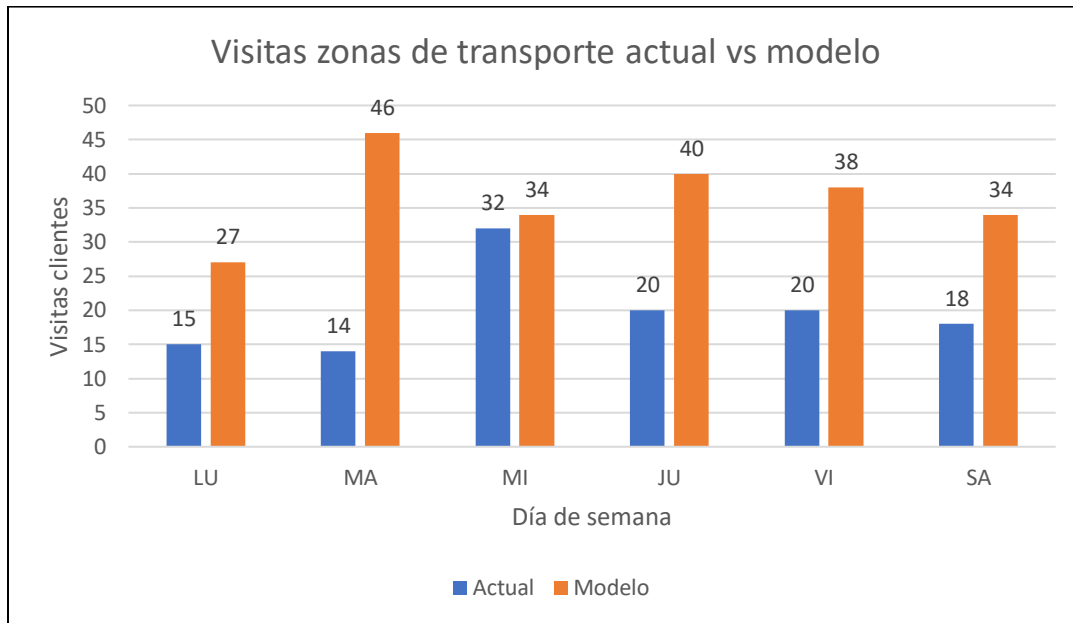
Escenario inicial				Escenario modelo		
Vendedor	Zona	Día entrega		Vendedor	Zona	Día entrega
Carlos Gutiérrez	Centro 4	L-J		Carlos Gutiérrez	Centro 5	L-J
	Centro 6	M-V			Centro 4	L-J
	Centro 7	W-S			Centro 6	M-V
					Centro 7	M-V
					Centro 8	W-S
					Centro 9	W-S

Fuente: Elaboración propia

En los escenarios descritos en las tablas se puede observar al vendedor Carlos Gutiérrez quien tenía asignado en un comienzo 3 zonas de transporte, quedando finalmente en el modelo con 6 zonas. Este cambio impactó directamente en la cantidad de visitas a realizar, debido a un mayor número de zonas a visitar diariamente.

Fue consultado directamente al vendedor Carlos Gutiérrez si la nueva ruta asignada era factible de realizar, respondiendo positivamente, pero argumentando que se debe considerar una distancia entre cada zona de transporte no extensa.

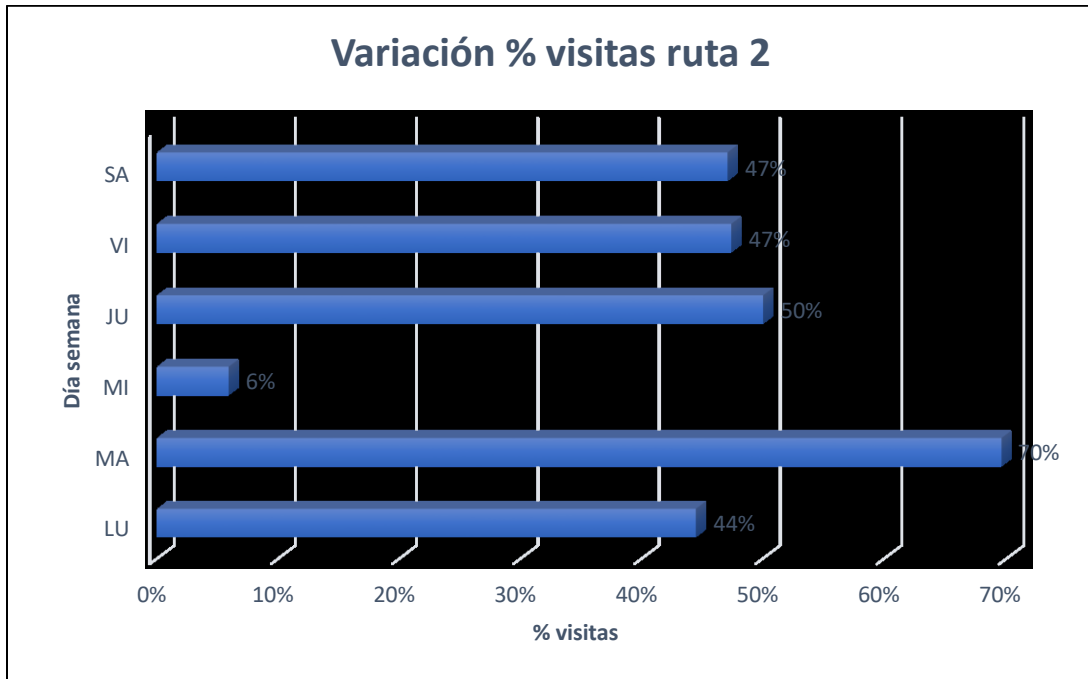
En la gráfica 14 comparativa se puede observar el aumento promedio en la cantidad de clientes a visitar diariamente luego de implementar el modelo, datos obtenidos mediante el promedio de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2016 comparándolos con los obtenidos en enero del año 2017.

GRÁFICA 14: COMPARATIVA VISITAS ACTUALES VS MODELO.

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que el día con mayor aumento en la cantidad de clientes corresponde al martes, pasando de 14 a 46 clientes.

Al realizar este aumento en la cantidad de clientes a visitar por el vendedor asignado, se puede visualizar la variación en % de visitas mediante la gráfica 15:

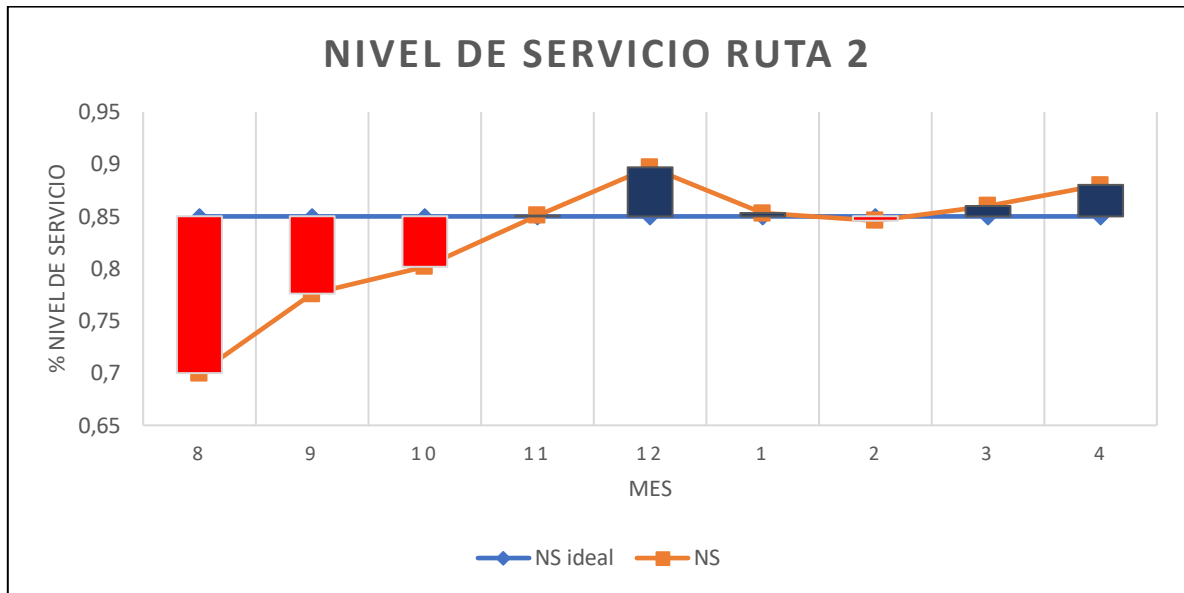
GRÁFICA 15: VARIACIÓN PORCENTAJE VISITAS RUTA 2.

Fuente: Elaboración propia

Nivel de servicio ruta: Las Condes-Providencia-Lo Barnechea:

Agrosuper S.A establece un escenario positivo si el nivel de servicio se sitúa sobre el 85 % para la ruta de reparto.

Mediante el nivel de servicio perteneciente ruta Las Condes-Providencia-Lo Barnechea fue posible evaluar el comportamiento en la distribución, detalle que se puede observar en la gráfica 16:

GRÁFICA 16: VARIACIÓN NIVEL DE SERVICIO RUTA 2.

Fuente: Elaboración propio

En la gráfica 16 se puede observar que, mediante la implementación del modelo en el mes de febrero del año 2017 para la zona detallada, el nivel de servicio se ha mantenido por sobre el 85 % establecido por Agrosuper S.A como ideal. Esto representa una mejora significativa en la distribución ya que se pasó de un nivel de servicio promedio bajo los estándares requeridos por la empresa a mantenerse por sobre este en el año 2017.

Ajuste final modelo:

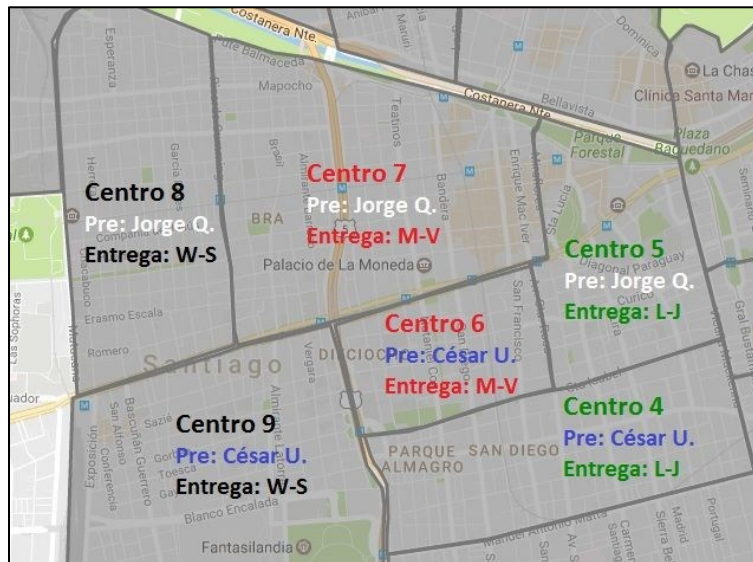
Luego de realizar la implementación del modelo propuesto, se determinó que las distancias entre las zonas de transporte eran extensas, para ello se realizó una modificación a la propuesta que involucraba un cambio en los días de visitas por parte de los vendedores y una modificación en las zonas visitadas por el cuerpo de ventas, detalle que se puede visualizar a continuación:

FIGURA 44: EVOLUCIÓN ZONAS DE TRANSPORTE RUTA 2.

Actual



Propuesta



Fuente: Elaboración Propia

Mediante la tabla 53 se pueden observar los cambios que se deben efectuar correspondiente a los días de entrega y rutas de preventas:

TABLA 53: CAMBIOS DÍAS, ZONAS DE TRANSPORTE Y PREVENTAS.

•Días de entrega	Actual	Modificado
Centro 7	W-S	M-V
Centro 8	M-V	W-S
•Preventas mantienen zonas de reparto		

Fuente: Elaboración Propia

5.4.1.3 Ruta 3: Lampa – Colina

Ruta perteneciente al centro de distribución Huechuraba, constituida por las zonas de transporte: Lampa 1, Lampa 2, Lampa 3, Colina 1, Colina 2 y Colina 3.

Vendedor asignado: Carlos Villarroel Pérez

Cartera de clientes: 226

Modificación zonas de reparto vendedor:

El vendedor seleccionado para esta ruta contaba con un nivel de servicio del 80%, lo que fue primordial para su elección.

En las siguientes tablas se detalla el escenario inicial del vendedor y el escenario perteneciente al modelo implementado:

TABLA 54: EVOLUCIÓN ZONAS DE TRANSPORTE.

Escenario inicial			Escenario modelo		
Vendedor	Zona	Día entrega	Vendedor	Zona	Día entrega
Juan Quiróz	Colina 1	L-J	Carlos Villarroel	Colina 1	L-J
	Lampa 3	L-J		Colina 2	L-J
	Colina 3	M-V		Colina 3	M-V
	Lampa 1	M-V		Lampa 3	M-V
	Lampa 2	W-S		Lampa 1	W-S
	Colina 2	W-S		Lampa 2	W-S

Fuente: Elaboración propia

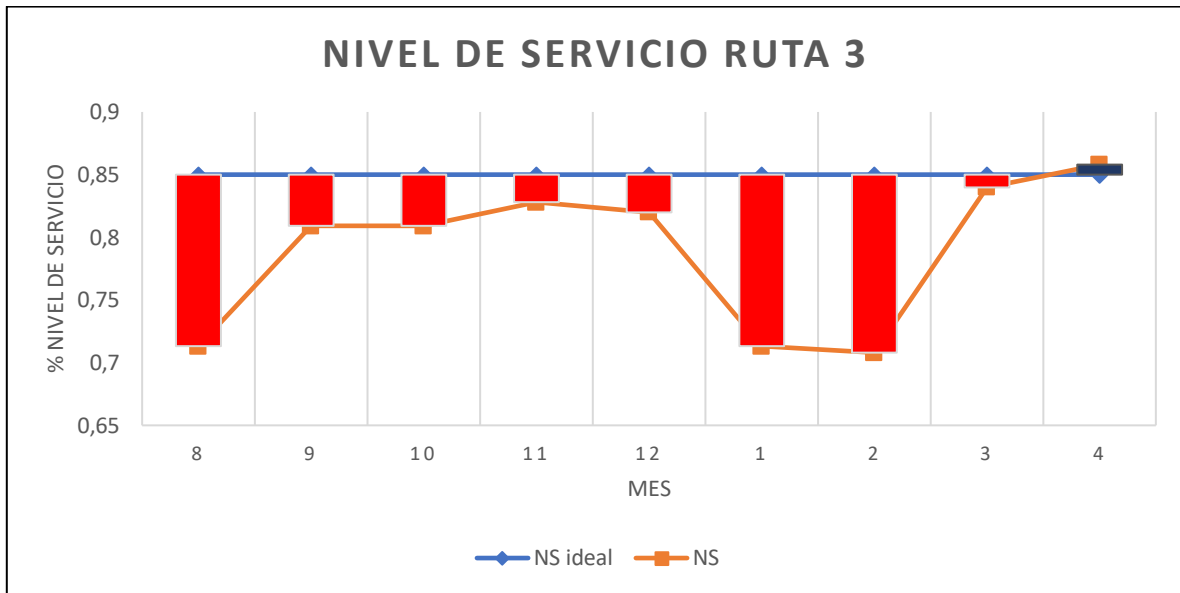
En los escenarios descritos mediante las tablas, se puede observar que el vendedor inicial corresponde a Juan Quiroz, quien fue eliminado ya que poseía un nivel de servicio bajo (ver en la página 102), siendo reemplazado por Carlos Villarroel. Respecto a las zonas de transporte, estas se mantuvieron de la misma forma ya que la ruta estaba constituida por 6 zonas, no impactando la cantidad de clientes a visitar.

Fue consultado directamente al vendedor Carlos Villarroel si la nueva ruta asignada era factible de realizar, respondiendo positivamente, pero argumentando que se debe considerar una distancia entre cada zona de transporte no extensa.

Nivel de servicio ruta: Lampa - Colina:

Agrosuper establece un escenario positivo si el nivel de servicio se sitúa sobre 85 % para la ruta de reparto.

Mediante el nivel de servicio perteneciente a la ruta Lampa - Colina fue posible evaluar el comportamiento en la distribución, detalle que se puede observar en la gráfica 17:

GRÁFICA 17: VARIACIÓN NIVEL DE SERVICIO RUTA 3.

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 17 se puede observar que gran parte de los meses el nivel de servicio se encuentra bajo lo establecido como ideal, esto se debe principalmente a problemas directamente relacionados con las distancias entre cada cliente.

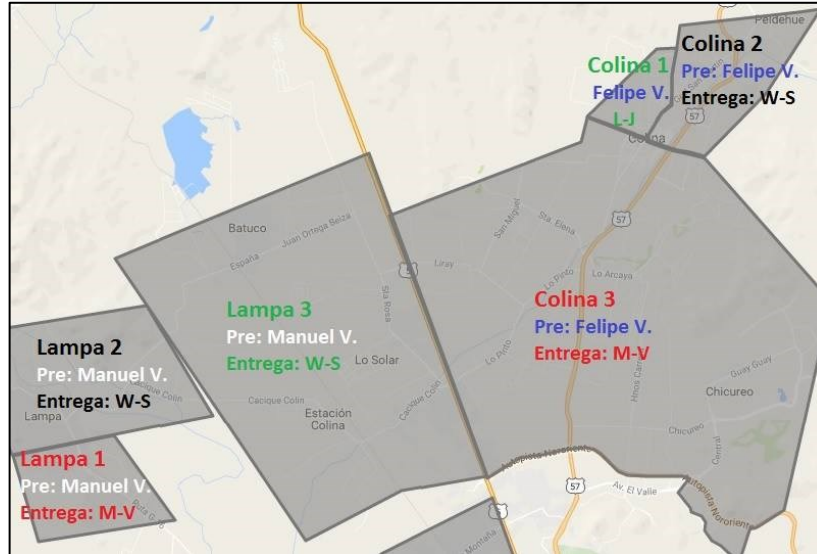
Mediante la implementación del modelo en el mes de marzo del año 2017 para la zona detallada, el nivel de servicio se ha situado cercano al 85 % establecido por Agrosuper S.A como ideal. Esto representa una mejora significativa en la distribución ya que se pasó de un nivel de servicio promedio bajo los estándares requeridos por la empresa a un promedio cercano a lo ideal.

Ajuste final modelo:

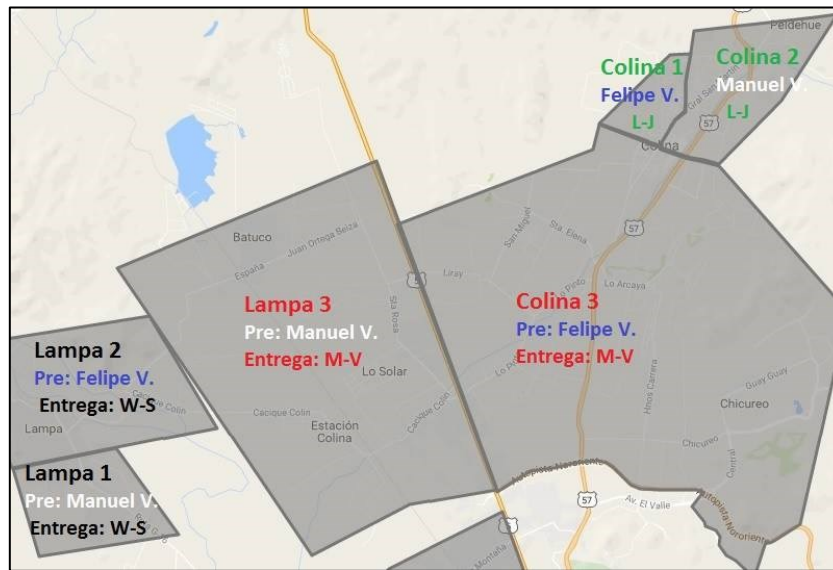
Luego de realizar la implementación del modelo propuesto, se determinó que las distancias entre las zonas de transporte eran extensas, para ello se realizó una modificación a la propuesta que involucraba un cambio en los días de visitas por parte de los vendedores y una modificación en las zonas visitadas por el cuerpo de ventas, detalle que se puede visualizar a continuación:

FIGURA 45: EVOLUCIÓN ZONAS DE TRANSPORTE RUTA 3.

Actual



Propuesta



Fuente: Elaboración Propia

Mediante la tabla 55 se pueden observar los cambios que se deben efectuar correspondiente a los días de entrega y rutas de preventas:

TABLA 55: CAMBIOS DÍAS, ZONAS DE TRANSPORTE Y PREVENTAS.

•Días de entrega	Actual	Propuesta
Lampa 1	M-V	W-S
Lampa 3	L-J	M-V
Colina 2	W-S	L-J
•Rutas Preventas:		
Manuel Vallejos	Lampa 2	Colina 2
Felipe Valenzuela	Colina 2	Lampa 2

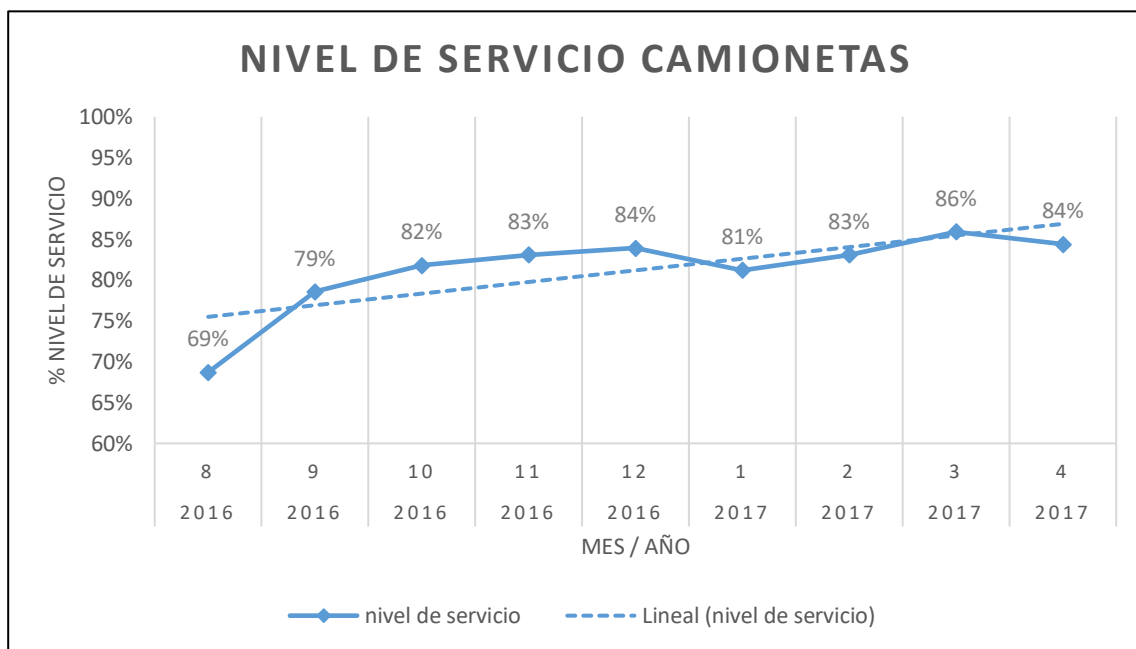
Fuente: Elaboración Propia

Nivel de servicio Global implementación.

Luego de realizar las modificaciones finales al modelo de distribución propuesto, se realizó la evaluación global del impacto que generó su implementación en las 3 rutas de transporte mediante el nivel de servicio total de las camionetas en la Región Metropolitana.

En la gráfica 18 se detalla la variación en el nivel de servicio desde agosto del 2016 hasta abril del año 2017:

GRÁFICA 18: NIVEL DE SERVICIO GLOBAL CAMIONETAS.



Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica se puede observar una línea de tendencia positiva en la distribución, valor que se ajusta a un % en el nivel de servicio alto.

La contribución que generó la implementación en 3 rutas del modelo propuesto ha significado una evolución positiva, contribuyendo a mantener el nivel de servicio sobre el 80% en el año 2017.

Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones

El siguiente capítulo, presenta las conclusiones y recomendaciones finales obtenidas mediante el desarrollo del trabajo de título.

6. Conclusiones

Mediante la información obtenida en el análisis de resultados se logró establecer las siguientes conclusiones:

- El objetivo general se cumple al diseñar un modelo de distribución para la Región Metropolitana, el que genera una disminución considerable en los costos asociados al reparto de productos, mediante la modificación en el número de camionetas, cantidad de vendedores, orden de las zonas de transporte.
- Mediante los datos proporcionados por Agrosuper S.A y posterior análisis, se logró identificar el escenario actual de distribución. Esta información fue utilizada para identificar claramente el número promedio de visitas de los vendedores que realizan a los clientes en las distintas zonas de transporte de la Región Metropolitana, desempeño de los vendedores mediante el nivel de servicio, número de clientes y obtener los costos totales asociados a la distribución.
- Mediante rutas diseñadas en software LINGO que establecen un orden lógico y no en base a los conocimientos de los vendedores, el número de visitas se aumentó en un promedio del 20 % diario, permitió observar los costos de bencina y los kilómetros recorridos para la distribución de los productos a los clientes, contrarrestándose el gasto que genera el aumento en el número de clientes al implementar el modelo.
- Al aumentar el número de visitas de los vendedores, las camionetas disminuyeron la capacidad ociosa, es decir, se pasó de una utilización de las cámaras de frío del 49,6% a una utilización promedio del 62%. Esto se refleja en la óptima utilización en la capacidad volumétrica de las cámaras de frío.
- Económicamente, se estableció que el precio por kg disminuyó respecto a los años en análisis. Se realizó la comparación en el mes de noviembre para el año 2015 con un costo de \$135, año 2016 un costo de \$151, para posicionar el precio finalmente en \$121 por kg con el modelo propuesto. Esto se traduce en una disminución en los costos cercanos al 7% respecto al año 2015, en cambio, si lo comparamos con el año 2016 esta variación es del 20%.

- Mediante la aplicación in situ del ruteo generado por el software LINGO, se pudo disminuir los costos de combustible para una de las rutas generadas, en este caso la ruta Colina-Lampa con un 12,7% de disminución equivalente en términos monetarios a \$288.564 anuales para dicha ruta.
- Mediante el planteamiento del modelo a los gerentes de Agrosuper S.A en la Región Metropolitana, éste fue implementado positivamente en 3 rutas que son: Lampa - Colina / Huechuraba - Las Condes / Santiago Centro. En ellas se logró el objetivo de la empresa de posicionarse sobre el 85% en el nivel de servicio.

6.1 Recomendaciones

- Mediante los resultados obtenidos luego de la implementación del modelo en las rutas de reparto de la Región Metropolitana, se recomienda seguir aplicando el modelo progresivamente a otras rutas de reparto para así disminuir el número de camionetas y reducir los costos de distribución.
- Se recomienda a la empresa utilizar el software LINGO para así generar rutas de reparto que permitan una distribución eficiente e impacte directamente en el ahorro de kilómetros y bencina en las camionetas. De esta forma la distribución no será hecha en base a los conocimientos del vendedor y pioneta.
- Para los casos en que los grandes clientes utilicen gran parte del volumen en las cámaras de frío, se recomienda pasar estos a camión con el fin de generar mayor espacio en las cámaras y así cubrir un mayor número de clientes, este cambio potenciará otro sector de Agrosuper S.A, realizando la distribución a los grandes clientes en camiones.
- Para el caso de las rutas de reparto mediante el software LINGO, se recomienda analizar el uso de un modelo de ruteo en base a tiempos de visitas a los clientes. De esta forma se podrá generar nuevas rutas para los clientes que pueden recibir sus productos en determinados horarios.
- Se recomienda llevar el sistema propuesto al resto de los vehículos para las otras comunas de la región. Para ello se tendrían que crear nuevas matrices de distancia en base a la ubicación geográfica de los clientes a repartir.

Capítulo VII: Bibliografía

El siguiente capítulo, se presenta la bibliografía utilizada para abordar los temas desarrollados en el trabajo de título.

Bibliografía.

1. [Ganeshan y Harrison, 97] An introduction to Supply Chain Management. Penn state: University Park, 1997.
2. [Rushton, Oxley and Croucher, 00]. The Handbook of logistic and distribution management, 2nd ed. 2000.
3. [Daskin, M. S., L. V. Snyder and R. T. Berger, 2005] "Facility Location in Supply Chain Design," chapter 2, Logistics Systems: Design and Optimization, (A. Langevin and D. Riopel editors), Kluwer, pp. 39-65.
4. [Lorenzo, 14] Germán Lorenzo, Importancia de la logística y transporte multimodal, Trabajo para optar a licenciatura en logística y transporte multimodal, Universidad tecnológica de Panamá, 2014.
5. [Gómez, 10] María Angelica Gómez, Canales de distribución (Colombia), zona Cali. Universidad ICESI, 2010.
6. [Dantzig et al, 54] Dantzig, R. Fulkerson, & S. Johnson. Solution of a Large-Scale TravelingSalesman Problem. Journal of the Operations Research Society of America, 1954 Vol. 2, No. 4, 393 – 410.
7. [Gómez, M. R., Zuluaga, M. A., Espinosa, O. J. 15]. Modelamiento de distribución de productos cárnicos como un tsp (traveling salesman problem) con teoría de grafos, Clío América, 9 (17), 8 – 16, 2015.
8. [Ochoa, Chira, Hernández-Aguirre, Basurto, 12] Logistic Management and Optimization through hybrid artificial intelligence Systems, México, Premier Reference Source, 2012.
9. [Desrochers, M., Desrosiers, J. and M. Solomon, 92]. "A New Optimization Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Time Windows."1992 Operations Research, Vol. 40, No. 2, pp. 342-354.
10. [Casco, D. O., B. L. Golden, and E. A. Wasil, 88] "Vehicle Routing with Backhauls: Models, Algorithms, and Case Studies," in Golden and Assad (eds.), 1988, Vehicle Routing: Methods and Studies, pp 127-147.
11. [Thompson, 13] Thompson A. Propuesta de mejora al sistema de distribución operacional de Melón Supercentro para el reparto de cemento envasado en la Región Metropolitana. Trabajo para optar al título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Valparaíso, 2013.
12. Lindo (2017), Lingo software, U.S.A, dirección: [http://people.sc.fsu.edu/~jburkardt/datasets/tsp/tsp.html]

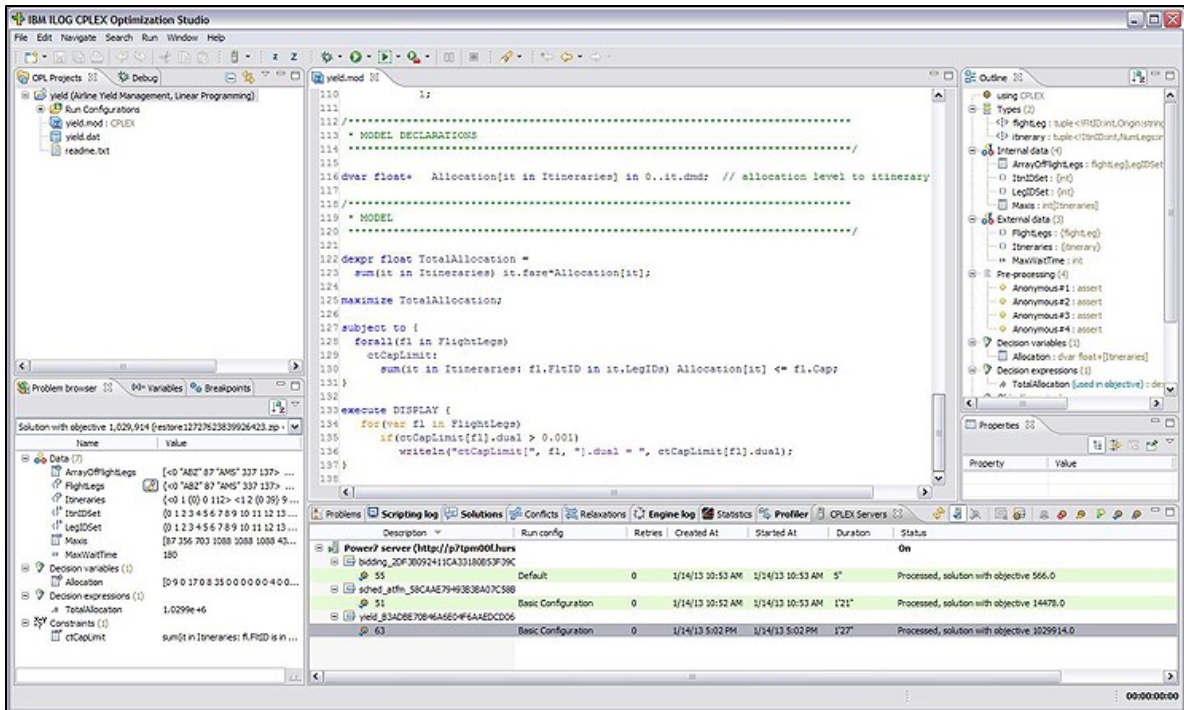
13. [Rodríguez, 2006] Alejandra Rodríguez Villalobos. Herramienta informática para el aprendizaje y resolución de problemas reales de teoría de grafos.
 - a. España, Universidad Politécnica de Valencia. Septiembre de 2006.
14. [Flores & García, 15] Flores y García, propuesta de un modelo de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo para la mejora de las rutas de entrega, Trabajo para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial Universidad de Valparaíso, 2015.
15. [Díaz & Salas, 15] Díaz y Salas, diseño y validación de un modelo determinístico para la distribución de productos bancarios utilizando K-means Clustering, Trabajo para optar al título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Valparaíso, 2015.
16. [López,13] Julián López Franco. Heurística para la Generación de un Conjunto de Referencia de Soluciones que Resuelvan el Problema de Ruteo de Vehículos con Múltiples Depósitos MDVRP, 2013
17. [Sanz, 2010] Gonzalo Sanz, metodología para la definición de un sistema logístico orientado a lograr una distribución urbana de mercancías eficiente.
 - a. España, Universidad Politécnica de Catalunya, mayo de 2010.
18. [Bolaños,14] Rubén Iván Bolaños, un algoritmo metaheurístico para la solución del problema de ruteo de vehículos con múltiples depósitos y flota heterogénea, Colombia, Universidad tecnológica de Pereira, agosto de 2014.
19. Agrosuper S.A (2016), Reporte integrado Agrosuper, Chile, dirección: [http://www.agrosuper.com/pdf/Reporte_Integrado_Agrosuper_2016.pdf]
20. [Daza, Montoya & Narducci, 09] Resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases. Escuela de ingeniería de Antioquia, Colombia, 2009.
21. [Neira, 16] Neira, propuesta de una estrategia de ruta de vehículos para los servicios de la empresa ESSBIO. Trabajo para optar al título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Valparaíso, 2016.
22. Mapcity (2016), Licencia Agrosuper S.A, Chile, dirección: [<http://wm20.mapcity.com>]
23. Google Earth (2016), Licencia Agrosuper S.A, Chile, dirección: [<https://www.google.cl/intl/es/earth>]

Capítulo VIII: Anexos

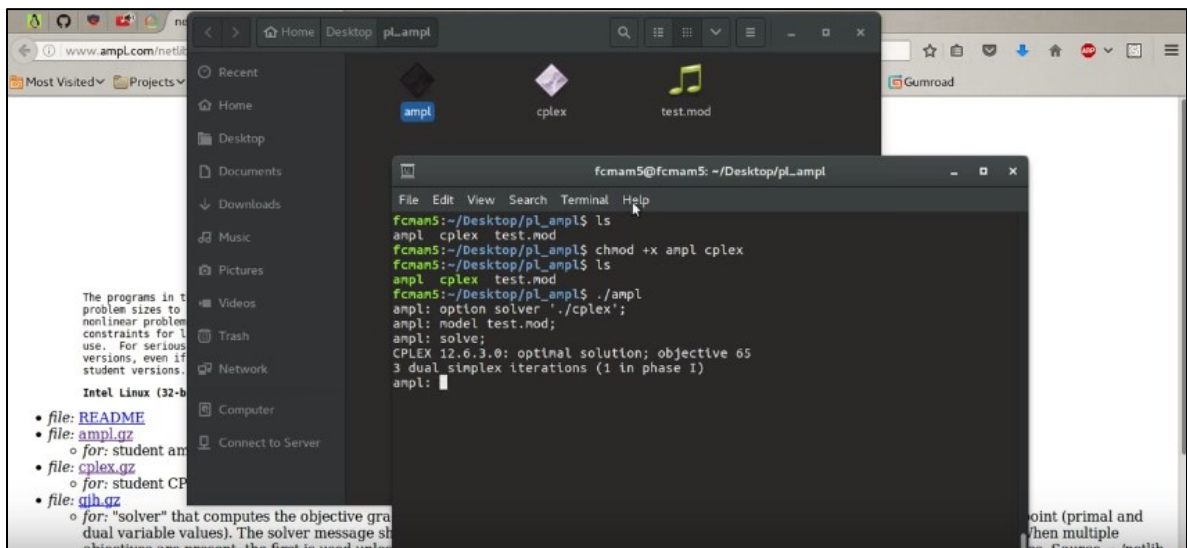
El siguiente capítulo, se detalla los anexos referentes a la información que fue no incluida en los capítulos anteriores.

8.1 Visualización herramientas de optimización

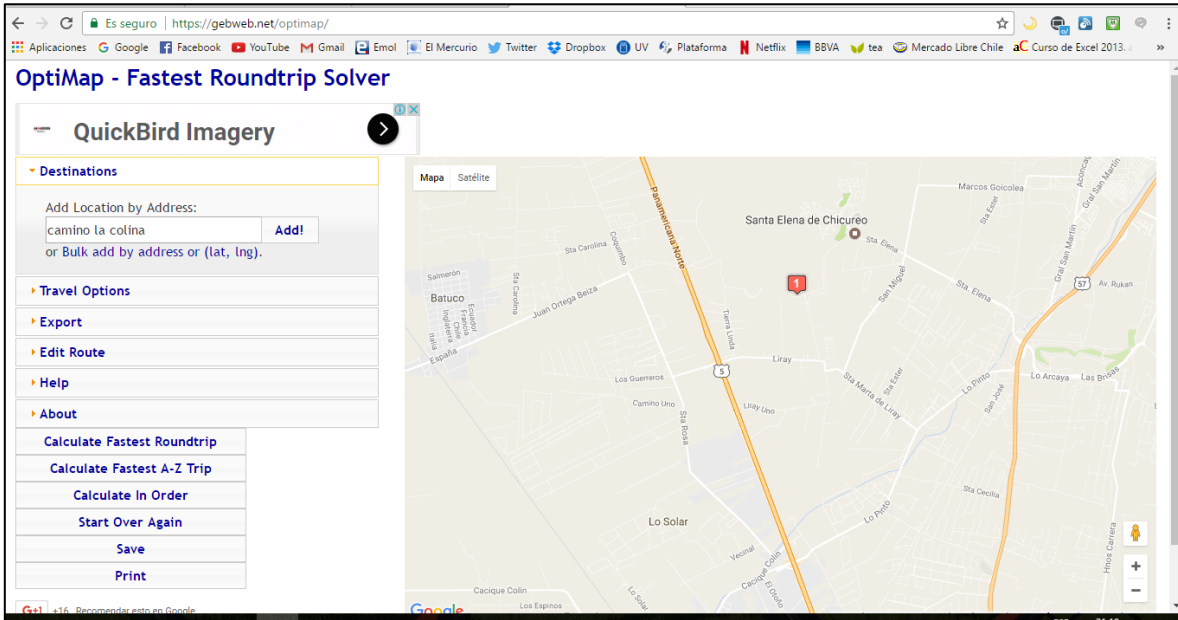
- IBM ILOG CPLEX



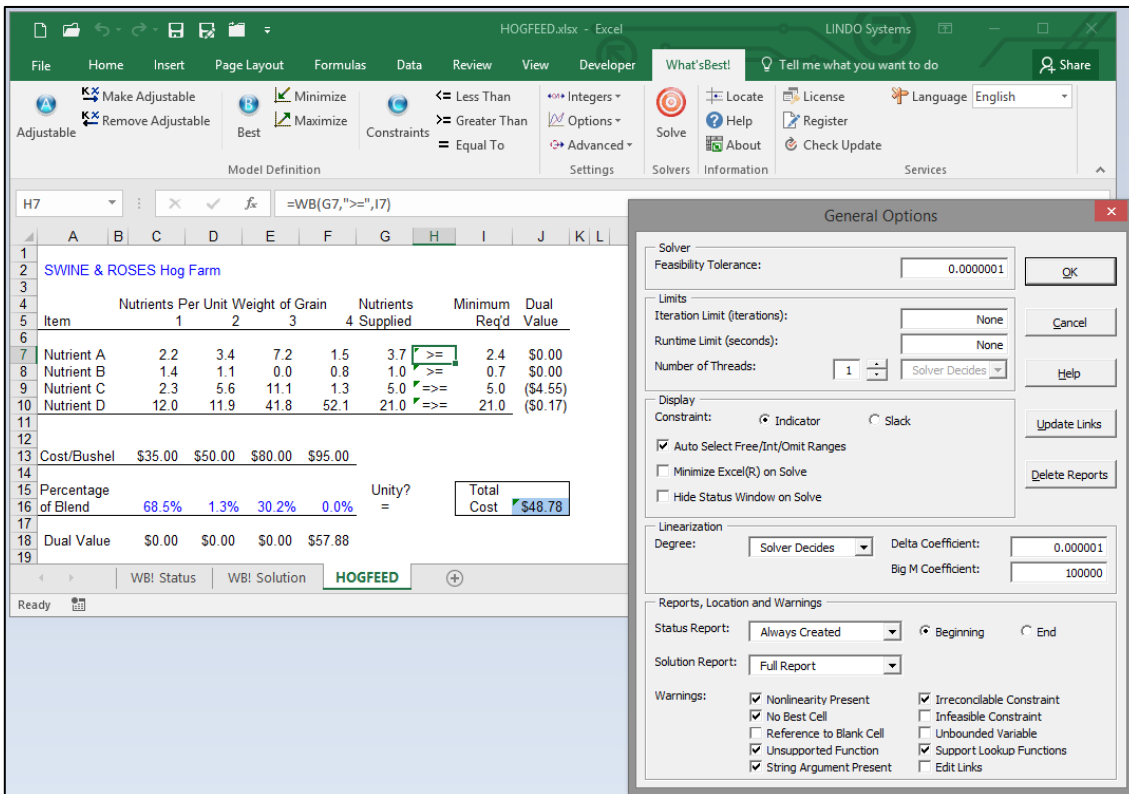
- AMPL CPLEX



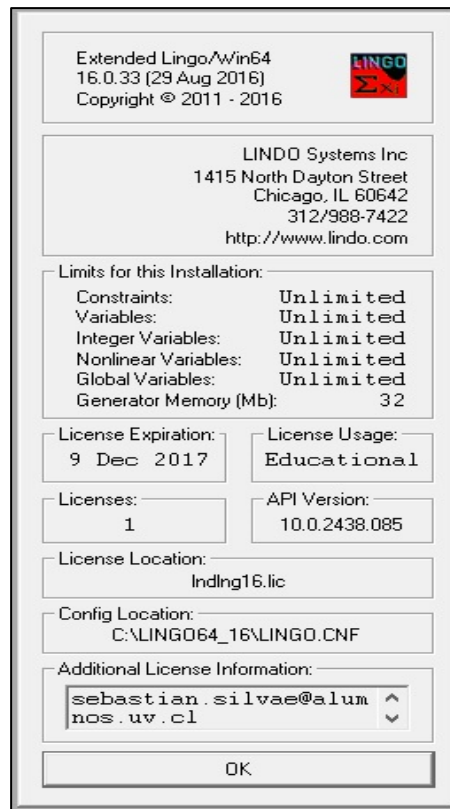
- **OptiMap**



- **What's Best**



8.2 Licencia ilimitada para LINGO por 6 meses



8.3 Clave entregada por Lindo System



8.5 Resultado Teórico vs resultado modelo LINGO

Resultado Teórico

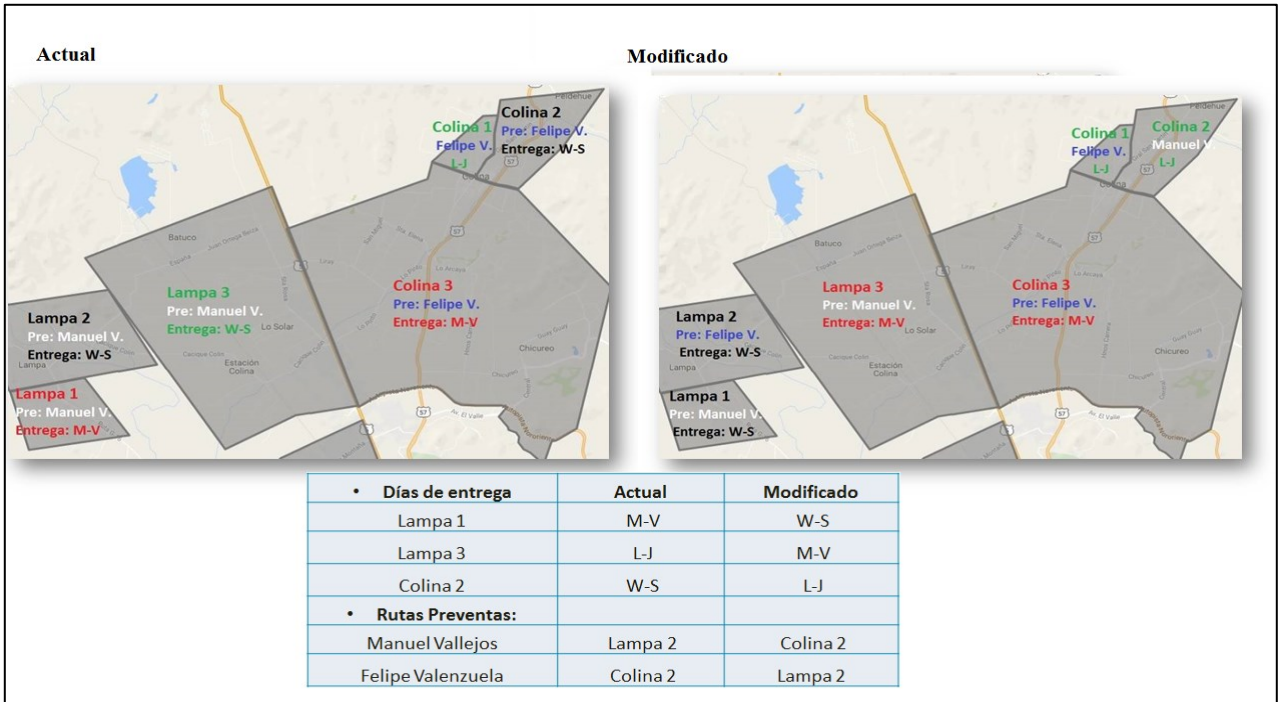
Resultado LINGO

1	2					
25	3	Orden de r.	Nº de nodo			
24	4	0	1	Precio combustible	Costo	Total km
23	5	25	2	500	\$ 117.125	937
22	6	24	3			
21	7	23	4			
17	8	21	5			
18	9	22	6			
20	10	20	7			
19	11	19	8			
16	12	18	9			
11	13	17	10			
12	14	12	11			
13	15	14	12			
15	16	13	13			
14	17	16	14			
10	18	15	15			
9	19	11	16			
8	20	7	17			
7	21	8	18			
6	22	10	19			
4	23	9	20			
3	24	6	21			
2	25	5	22			
2	26	3	23			
1	27	2	24			
	28	1	25			
	29	21	26			

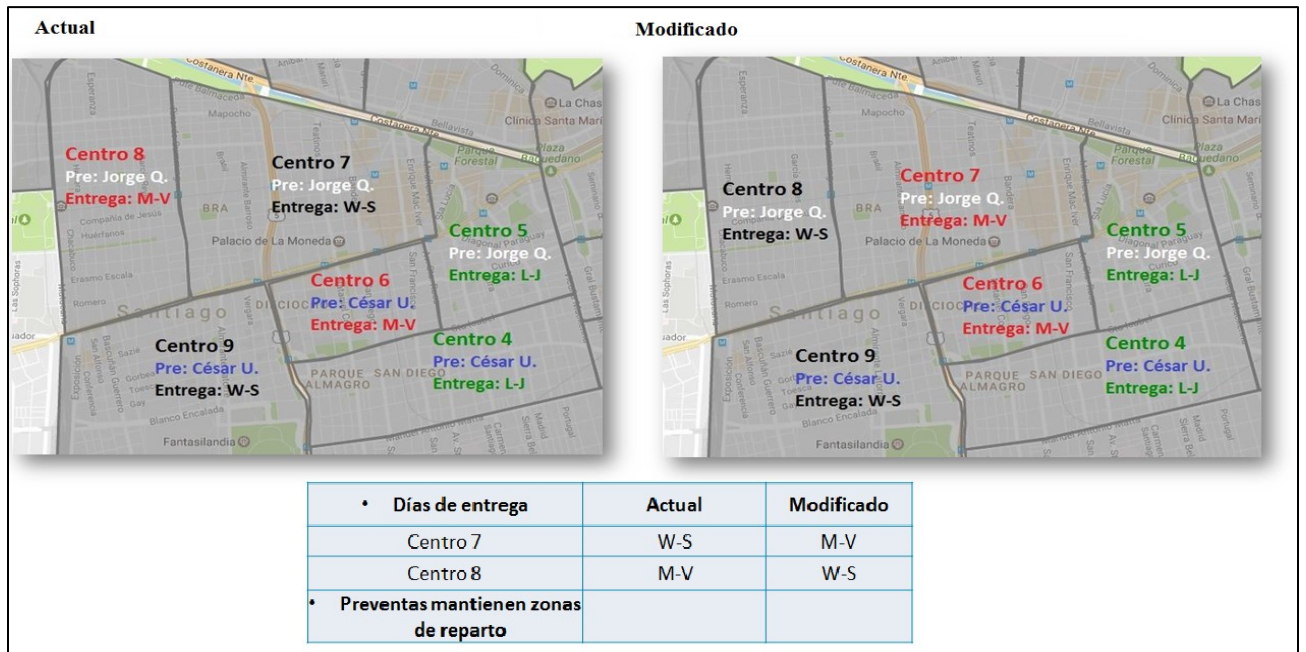
FRI26 is a set of 26 cities, from TSPLIB. The minimal tour has length 937.

8.8 Modificaciones rutas

- **Colina-Lampa:**



- **Santiago Centro:**



• Las Condes - Providencia – Lo Barnechea:

Actual

Modificado

	Actual	Modificado
• Días de entrega		
Las Condes 1	W-S	M-V
Las Condes 3	L-J	W-S
Providencia 1	M-V	L-J
• Ruta preventas		
Keryma Troncoso	Las Condes 3	Providencia 2
Marcelo Reyes	Providencia 2	Las Condes 3

• Lo Prado:

Actual

Modificado

	Actual	Modificado
• Día de entrega		
Lo Prado 2	W-S	M-V
Lo Prado 5	M-V	W-S
• Ruta Preventas		
Francisco Santander	Lo Prado 1	Lo Prado 5
Rainier Valdivia	Lo Prado 5	Lo Prado 1

• **Cerro Navia:**

Actual

Modificado

• Día de entrega	Actual	Modificar
Cerro Navia 2	W-S	L-J
Cerro Navia 4	M-V	W-S
Cerro Navia 5	L-J	M-V
• Ruta Preventas		
Claudio Contador	Cerro Navia 1	Cerro Navia 5
José Osorio	Cerro Navia 5	Cerro Navia 1

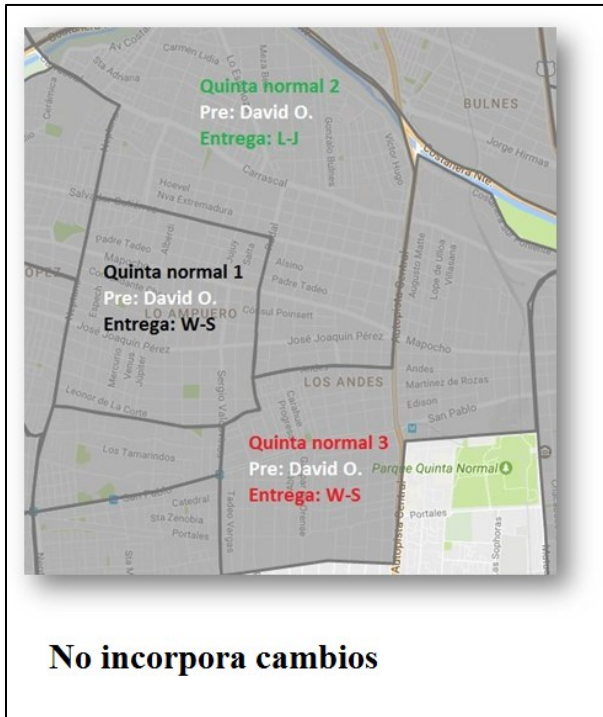
• **Conchalí – Independencia:**

Actual

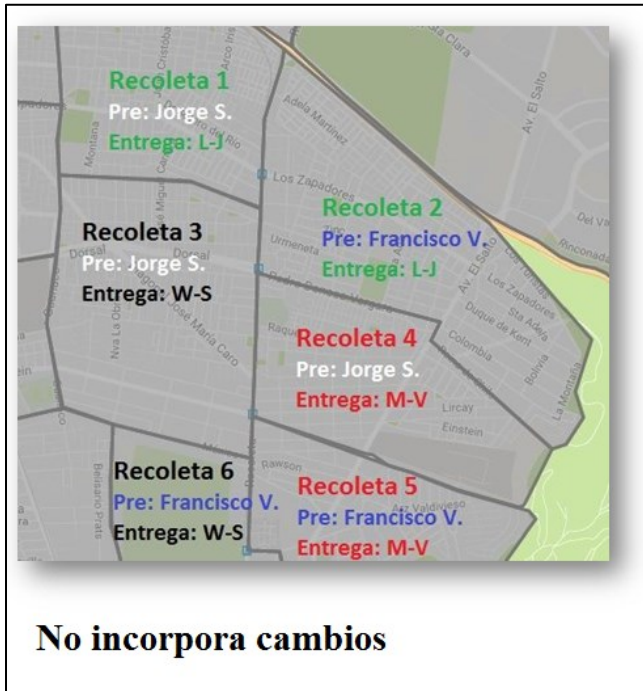
Modificado

• Días de entrega	Actual	Modificado
Conchalí 5	W-S	M-V
Conchalí 2	W-S	L-J
Independencia 3	M-V	W-S
Independencia 1	L-J	W-S
• Ruta Preventas:		
Juan Varas	Independencia 1	Conchalí 6
	Independencia 2	Conchalí 2
Miguel Cabrera	Conchalí 6	Independencia 1
	Conchalí 2	Independencia 2

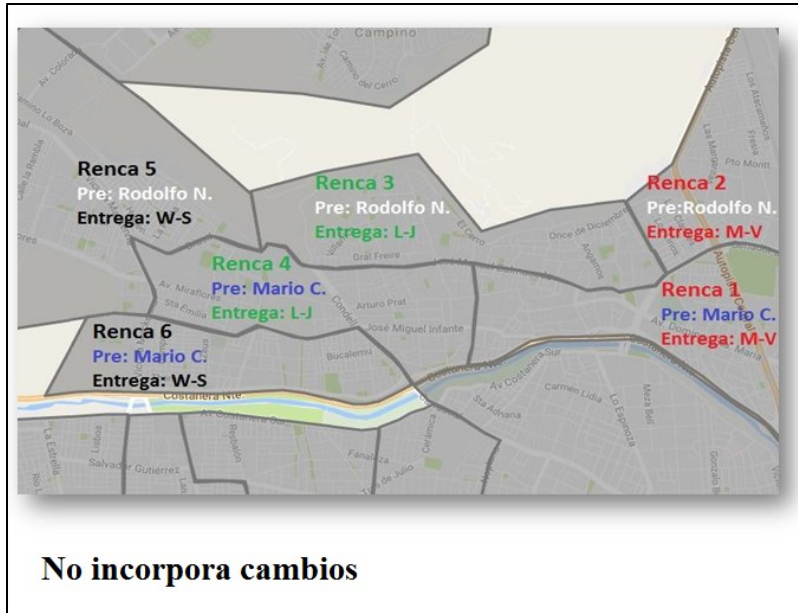
- **Quinta Normal:**



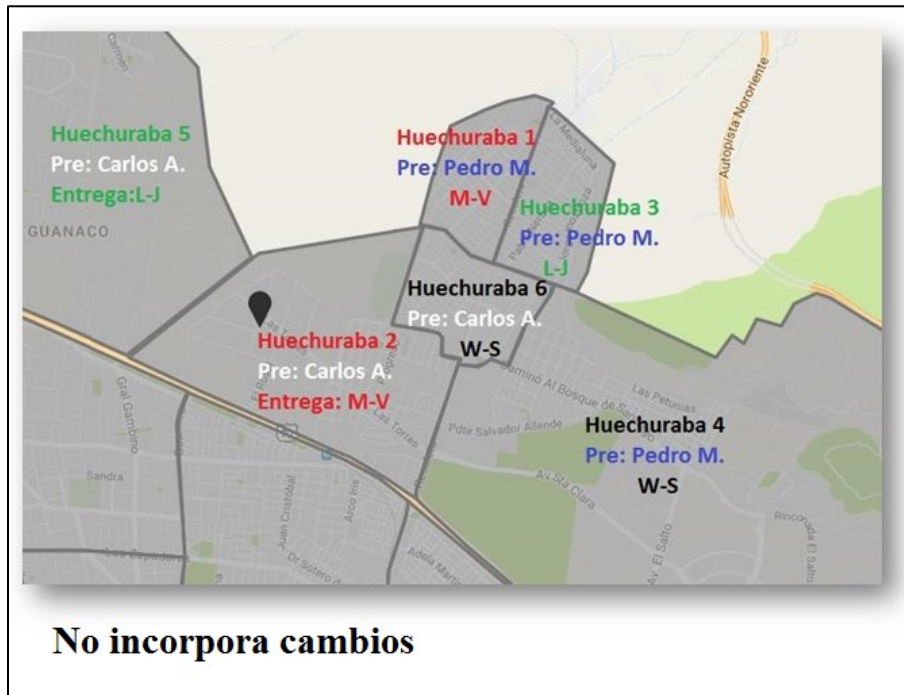
- **Recoleta:**



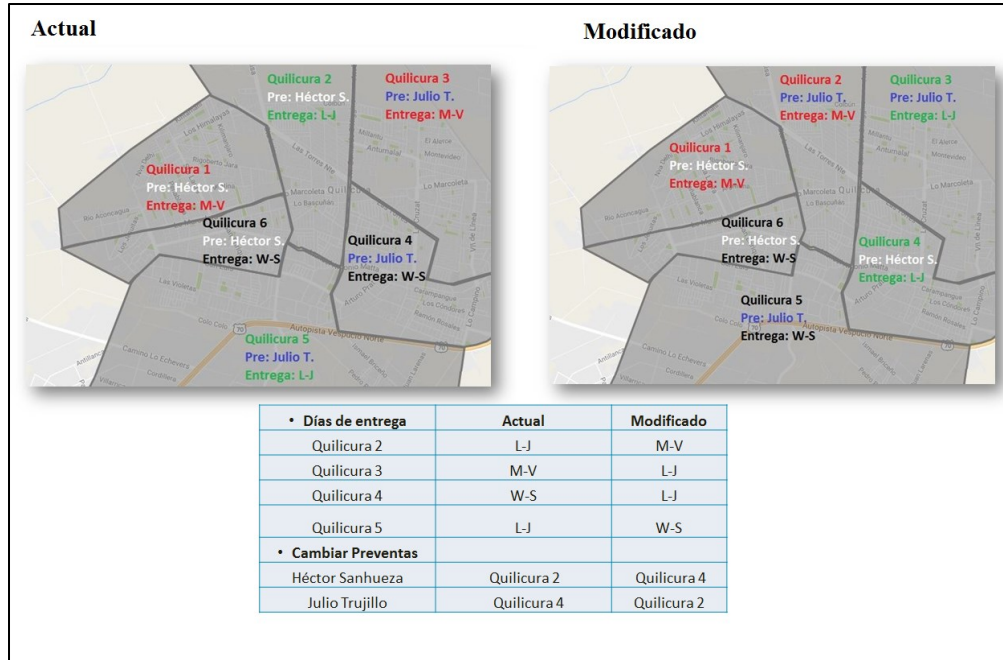
- **Renca:**



- **Huechuraba:**



• **Quilicura:**




• **San Miguel – San Joaquín:**




• **La Florida – Peñalolén:**

Actual



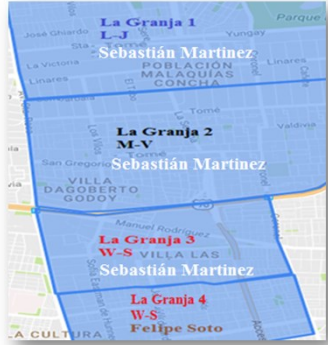
Modificado




•Días de entrega:	Actual	Modificado
Peñalolén 2	W-S	L-J
•Ruta Preventas		
José Aguilera	Peñalolén 2	Peñalolén 2
	Peñalolén 1	La Florida 5
	Peñalolén 3	Peñalolén 3

• **La Granja – La Florida:**

Actual

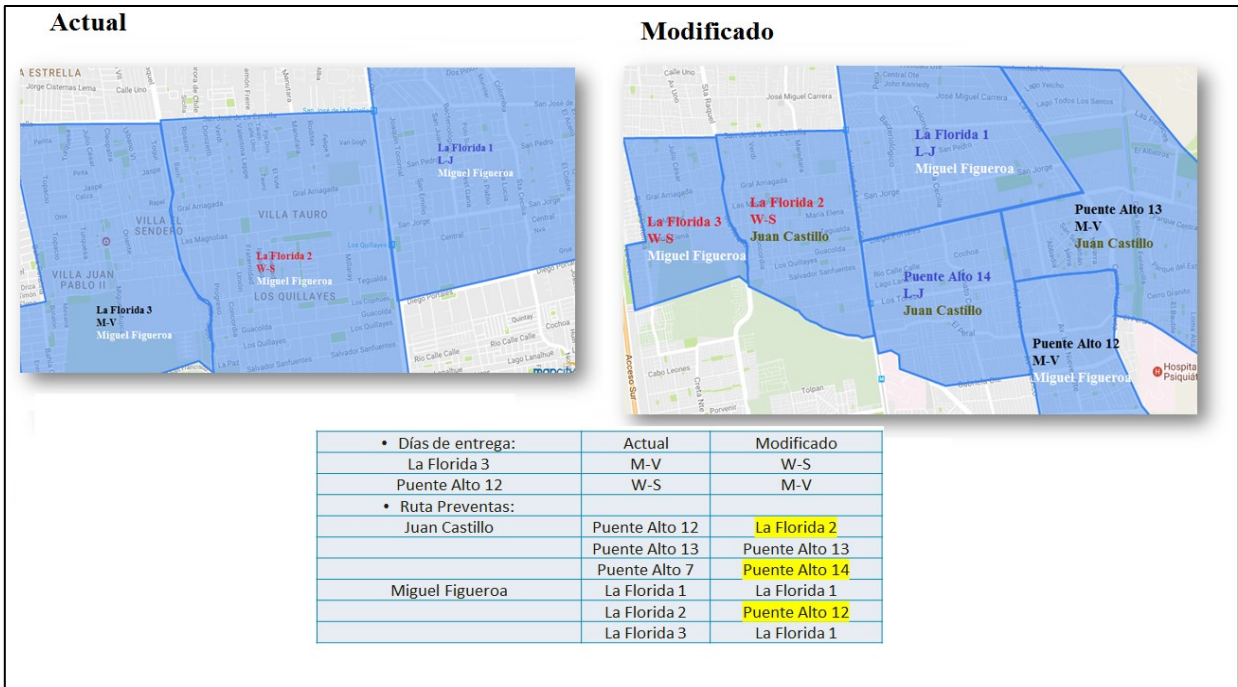


Modificado

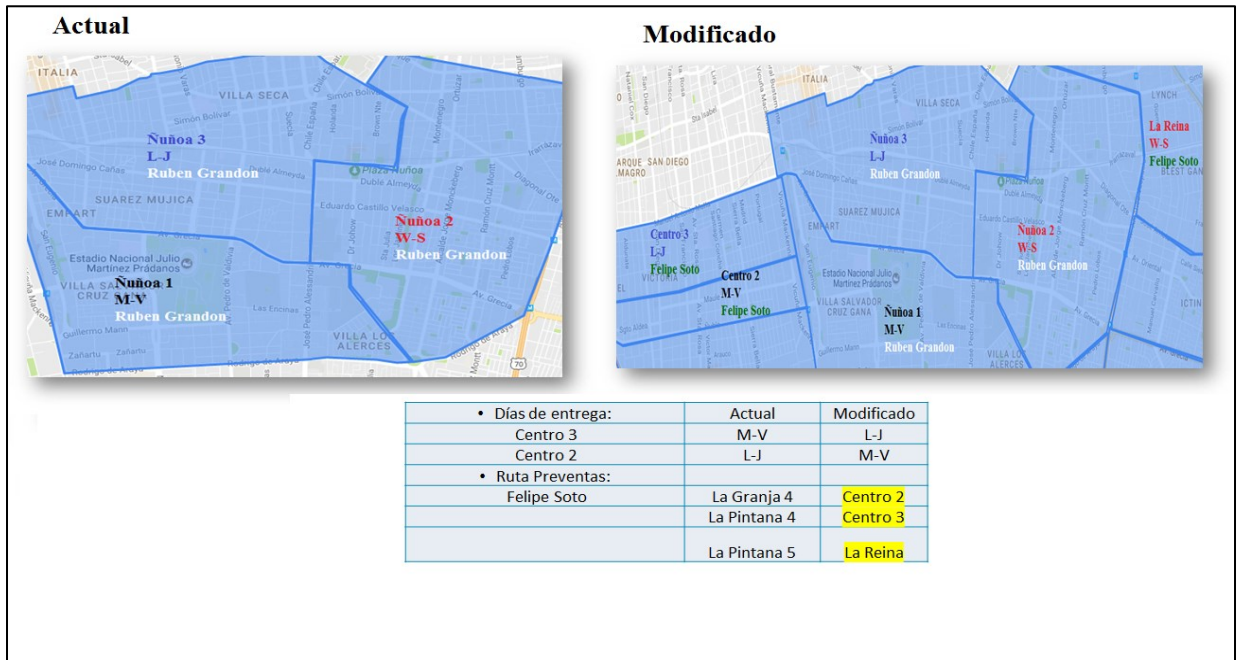


• Días de entrega:	Actual	Modificado
La Granja 1	L-J	M-V
• Ruta Preventas:		
Marcelo Mardones	La Florida 4	La Florida 4
	La Florida 9	La Florida 9
	La Florida 5	La Granja 4

• **La Florida – Puente Alto:**



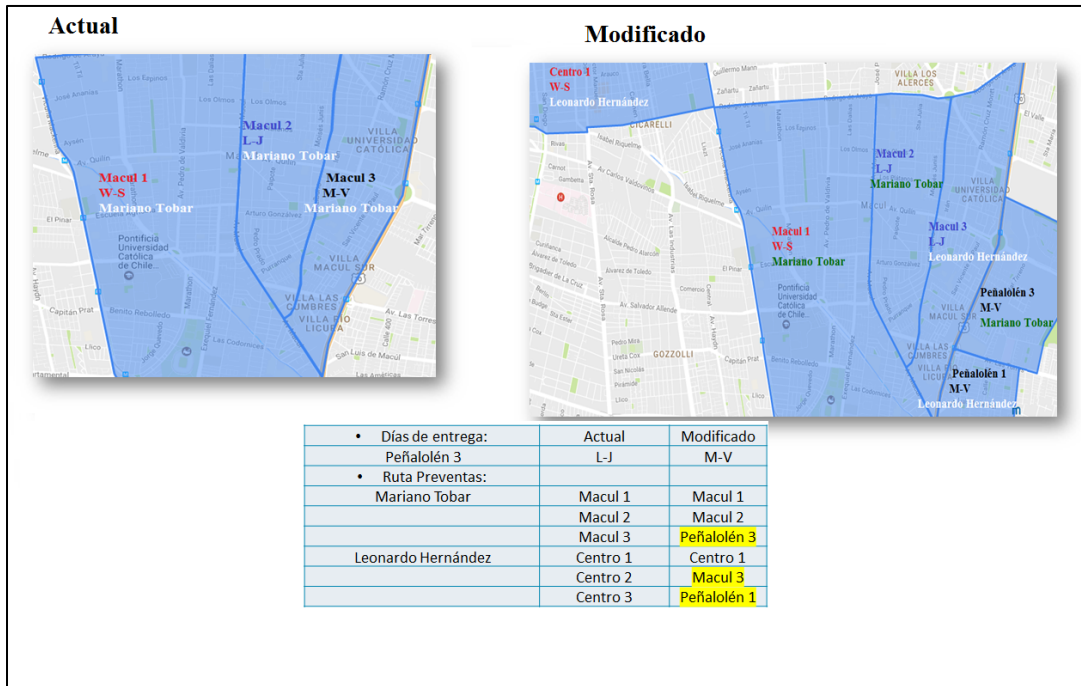
• **La Reina – Ñuñoa – Centro:**



• **La Pintana:**




• **Centro – Macul – Peñalolén:**



• **Puente Alto:**

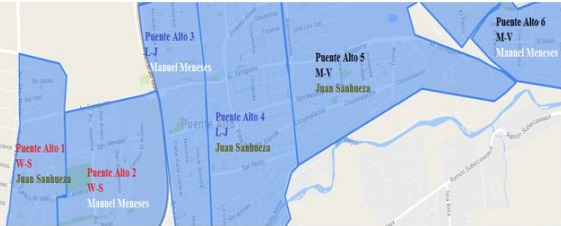
Actual



Días de entrega:	Actual	Modificado
Puente Alto 1	M-V	W-S
Puente Alto 6	W-S	M-V


Ruta Preventas:	Actual	Modificado
Manuel Meneses	Puente Alto 1	Puente Alto 6
	Puente Alto 2	Puente Alto 2
	Puente Alto 3	Puente Alto 3
Juan Sanhueza	Puente Alto 4	Puente Alto 4
	Puente Alto 5	Puente Alto 5
	Puente Alto 6	Puente Alto 1

Modificado




• **Peñalolén:**

Actual



Modificado



Días de entrega:	Actual	Modificado
Peñalolén 6	W-S	L-J
Peñalolén 5	L-J	M-V
Peñalolén 4	M-V	W-S

• Peñafior – I. de Maipo – Calera de Tango:

Actual

Modificado

• Cambio Zona	Actual	Modificado
	Isla de Maipo Sur	Padre Hurtado Norte
	Isla de Maipo Norte	Padre Hurtado Sur
	-	Padre Hurtado Rural
• Día entrega		
Padre Hurtado Norte	W-S	L-J
Peñafior centro	L-J	W-S

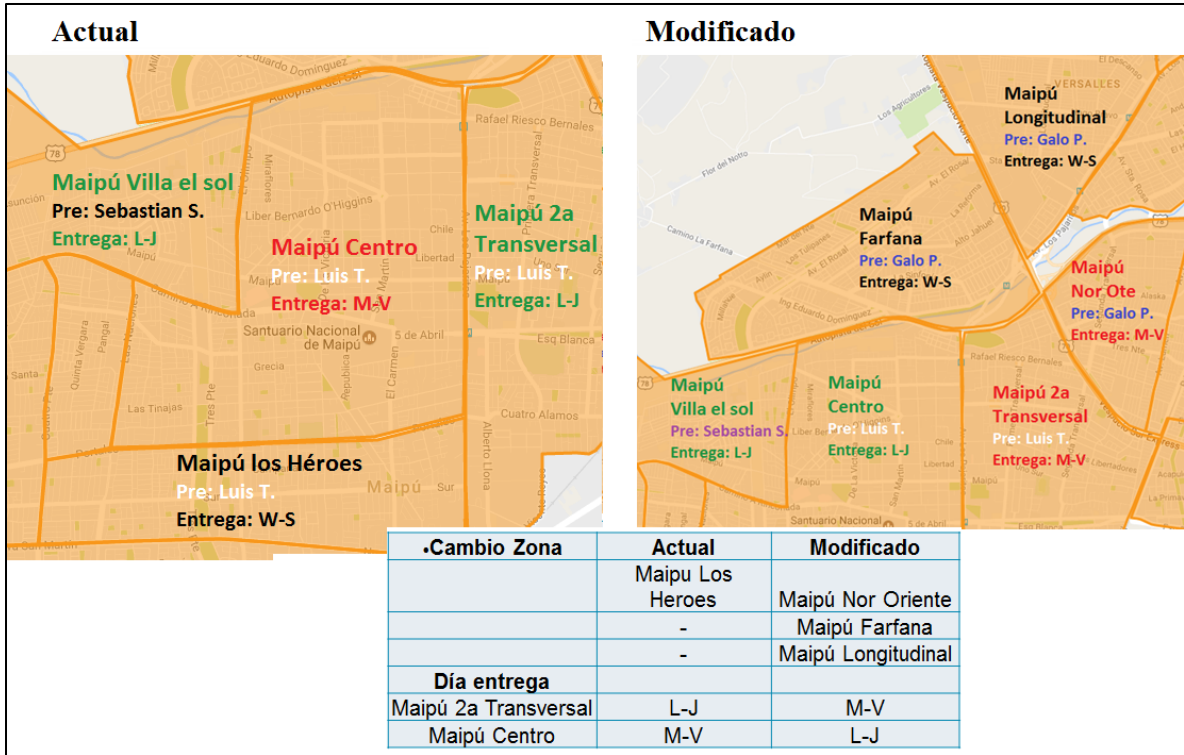
• Maipú:

Actual

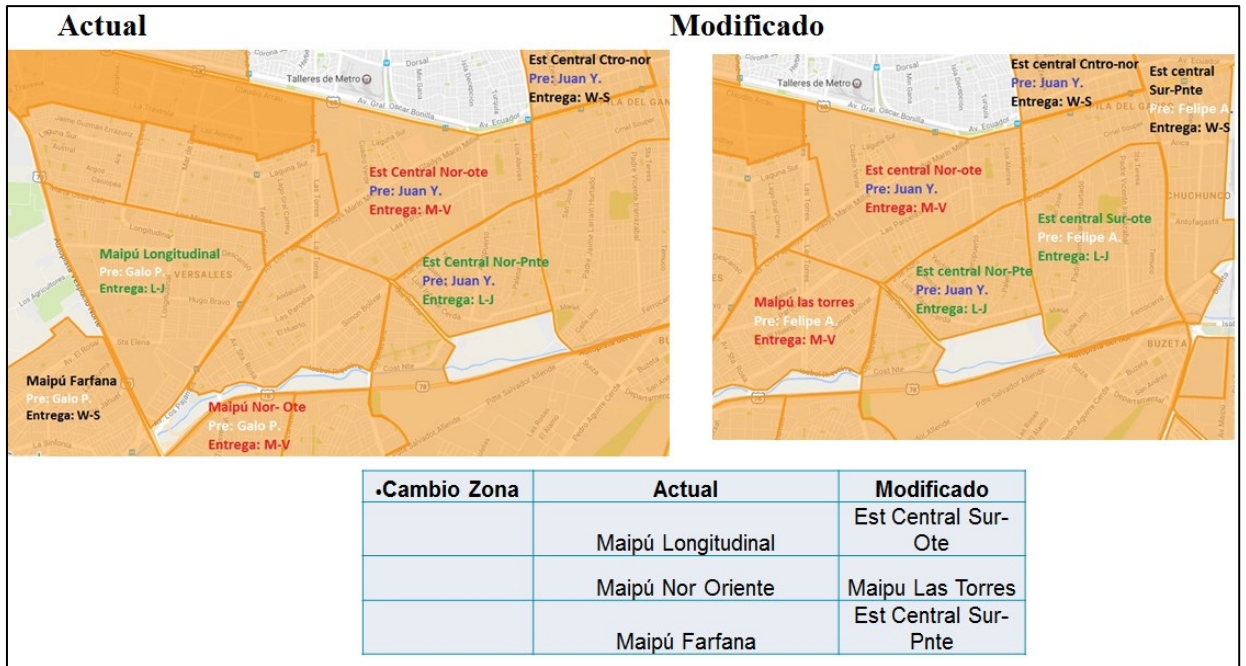
Modificado

• Cambio Zona	Actual	Modificado
	-	Maipú Los Héroes
• Día entrega		
Maipú las naciones	M-V	L-J
Maipú 4 poniente	W-S	L-J
Maipú portales	L-J	M-V

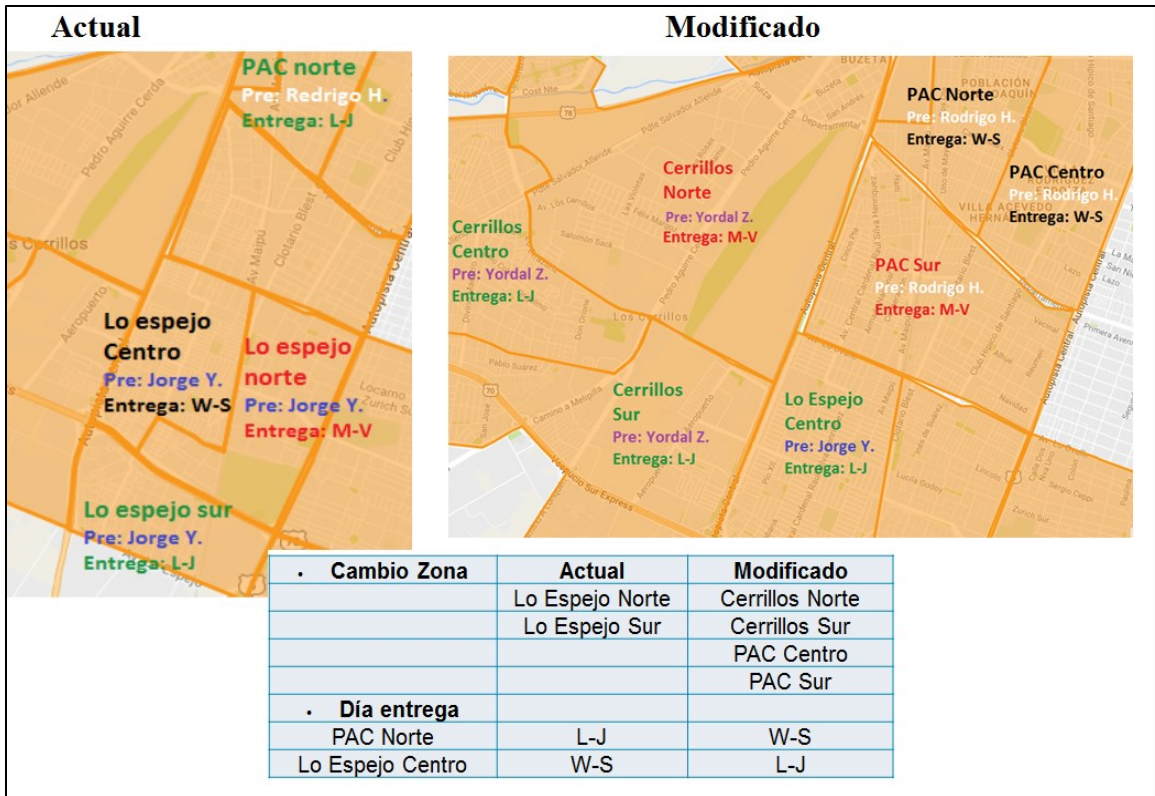
• **Maipú – Cerrillos:**



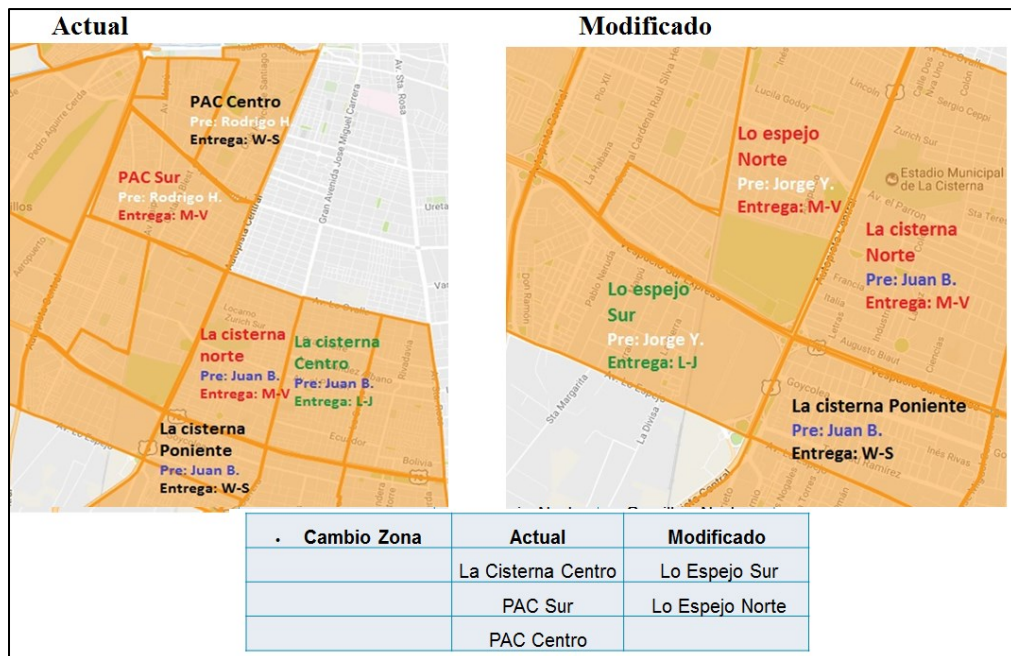
• **Estación Central – Maipú:**



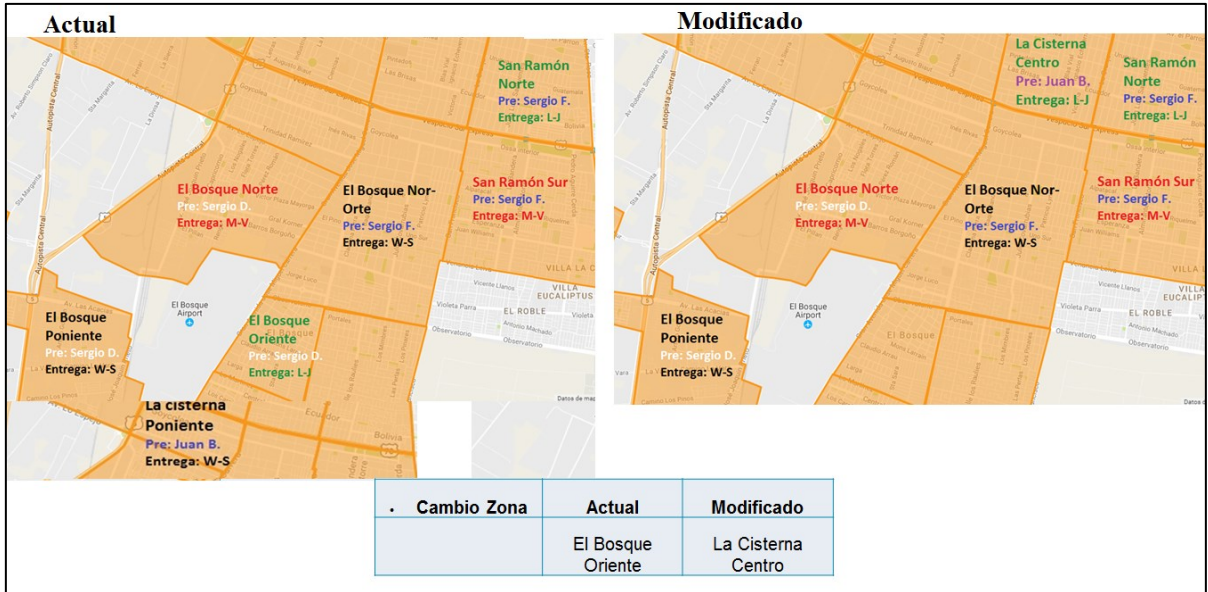
• Cerrillos – PAC – Lo Espejo:



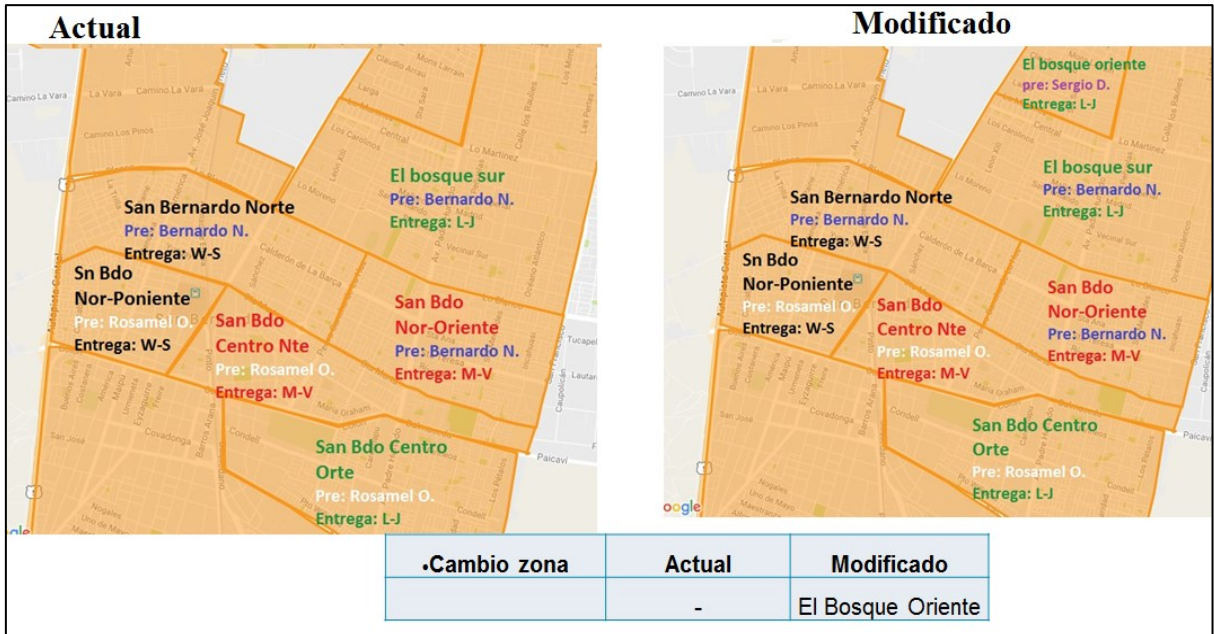
• Lo Espejo – La Cisterna:



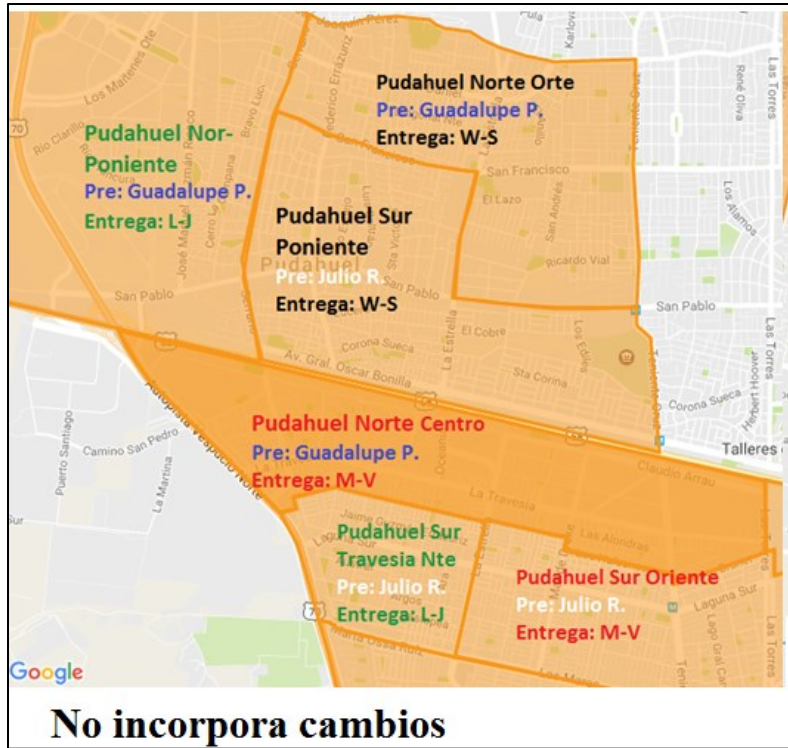
• **La Cisterna – El Bosque:**



• **El Bosque – San Bernardo**



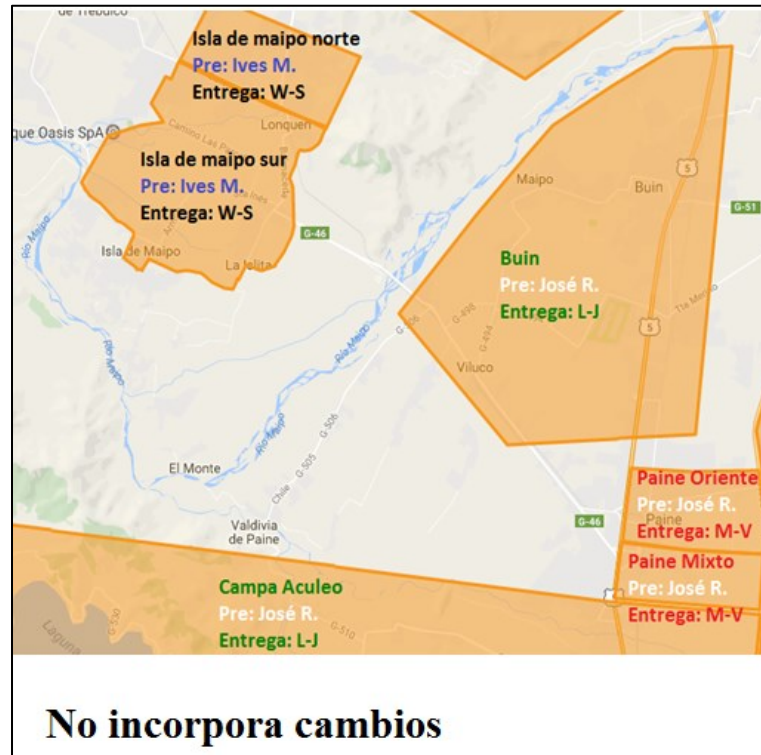
- **Pudahuel:**



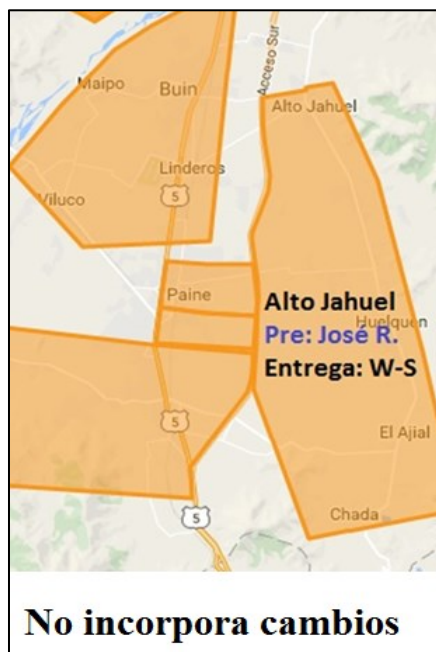
- **San Bernardo:**



- **San Bernardo:**



- **Alto Jahuel:**



8.9 Rutas generadas por LINGO

- Día Sábado 05/09, 18 nodos:



- Visualización del resultado en la plataforma LINGO:

```

Global optimal solution found.
Objective value:                75675.00
Objective bound:                75675.00
Infeasibilities:                0.000000
Extended solver steps:         460
Total solver iterations:       8498
Elapsed runtime seconds:       2.22

Export Summary Report
-----
Transfer Method:      OLE BASED
Workbook:            \Users\Sebastián\Desktop\Excel a seguir.xlsx
Ranges Specified:   2
                    S
                    FUNCION OBJETIVO
Ranges Found:        2
Range Size Mismatches: 0
Values Transferred: 19

Model Class:                MILP

Total variables:           342
Nonlinear variables:       0
Integer variables:         324

Total constraints:         360
Nonlinear constraints:     0

Total nonzeros:           2142
Nonlinear nonzeros:       0
    
```

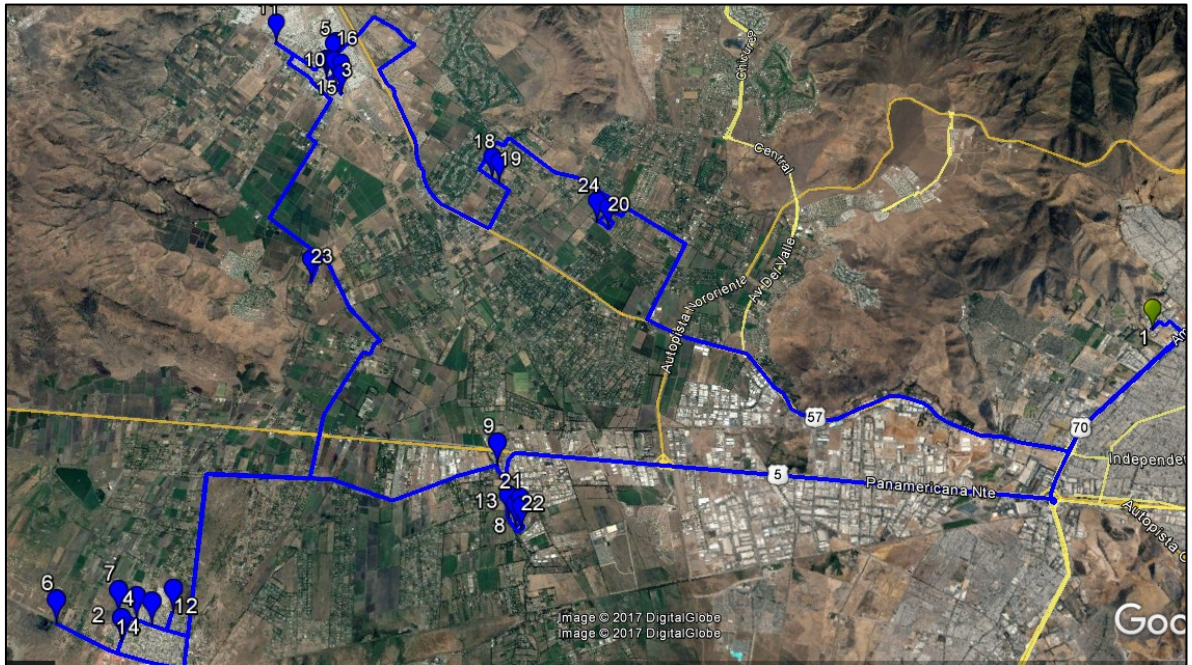
Lingo 16.0 Solver Status [Modelo lingo con nuevo orden... X]

Solver Status		Variables	
Model Class:	MILP	Total:	342
State:	Global Opt	Nonlinear:	0
Objective:	75675	Integers:	324
Infeasibility:	1.77636e-015	Constraints	
Iterations:	8498	Total:	360
		Nonlinear:	0
Extended Solver Status		Nonzeros	
Solver Type:	B-and-B	Total:	2142
Best Obj:	75675	Nonlinear:	0
Obj Bound:	75675	Generator Memory Used (K)	
Steps:	460	117	
Active:	0	Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
		00:00:02	
Update Interval: 2		<input type="button" value="Interrupt Solver"/> <input type="button" value="Close"/>	

- Visualización del resultado en la plataforma Excel:

Orden de ruta	N° de nodo	Precio combustible	Costo	Total km
0	1			
14	2	500	\$ 9.459	76
13	3			
9	4			
10	5			
16	6			
5	7			
1	8			
12	9			
8	10			
6	11			
3	12			
2	13			
4	14			
11	15			
7	16			
15	17			
17	18			

- Día Viernes 04/09, 24 nodos:



- **Visualización del resultado en la plataforma LINGO:**

```

Feasible solution found.
Objective value:                87600.00
Objective bound:                64420.32
Infeasibilities:                0.000000
Extended solver steps:          8413
Total solver iterations:        78325
Elapsed runtime seconds:        21.41

Export Summary Report
-----
Transfer Method:                OLE BASED
Workbook:                      \Users\Sebastián\Desktop\Excel a seguir.xlsx
Ranges Specified:              2
S
FUNCION OBJETIVO
Ranges Found:                  2
Range Size Mismatches:         0
Values Transferred:            25

Model Class:                    MILP

Total variables:                600
Nonlinear variables:            0
Integer variables:              576

Total constraints:              624
Nonlinear constraints:          0

Total nonzeros:                3864
Nonlinear nonzeros:            0
    
```

Lingo 16.0 Solver Status [Modelo lingo con nuevo orden... X]

Solver Status		Variables	
Model Class:	MILP	Total:	600
State:	Feasible	Nonlinear:	0
Objective:	87600	Integers:	576
Infeasibility:	2.22045e-015	Constraints	
Iterations:	78325	Total:	624
Extended Solver Status		Nonlinear:	0
Solver Type:	B-and-B	Nonzeros	
Best Obj:	87600	Total:	3864
Obj Bound:	64420.3	Nonlinear:	0
Steps:	8413	Generator Memory Used (K)	
Active:	0	191	
Update Interval: 2		Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
<input type="button" value="Interrupt Solver"/>		00:00:21	
<input type="button" value="Close"/>			

- **Visualización del resultado en la plataforma Excel:**

Orden de ruta N° de nodo		Precio combustible	Costo	Total km
0	1			
5	2	500	10950	87,6
19	3			
8	4			
23	5			
6	6			
7	7			
14	8			
10	9			
20	10			
22	11			
9	12			
12	13			
4	14			
18	15			
21	16			
17	17			
15	18			
16	19			
1	20			
13	21			
11	22			
3	23			
2	24			