

**RESOLUCIÓN RECTORAL n.º 0459-2015/UCV**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“MODELO MATEMÁTICO DE PLANIFICACIÓN DE RUTAS PARA  
MINIMIZAR LOS COSTOS DEL REPARTO DE LA EMPRESA SAN  
ISIDRO LABRADOR S.R.L. EN EL AÑO 2015”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR:**

Carbonel Namay Teresa de Jesús

**ASESOR:**

Mg. Ing. Santiago Javez Valladares

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial y Productiva

Trujillo – Perú

2015

## **JURADO CALIFICADOR**

---

**PRESIDENTE**

Mg. Ruíz Gómez Andrés Alberto

---

**SECRETARIO**

Ing. Padilla Castro Lucía

---

**VOCAL**

Mg. Tello de la Cruz Elmer

## DEDICATORIA

A Dios, quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres Germán y Pilar por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanas Nedbit y Heidi por estar siempre presentes, acompañándome para poder realizarme y son mi fuente de motivación, inspiración y felicidad.

## **AGRADECIMIENTO**

Un profundo agradecimiento a la Universidad César Vallejo por haberme formado profesionalmente con carácter técnico y humanístico, en especial al Mg. Ing. Santiago Javez Valladares, catedrático destacado en la Investigación de Operaciones como asesor por la colaboración brindada, paciencia y constante apoyo en la elaboración de este proyecto y a la Ing. Lucía Padilla Castro por asistir en el desarrollo de este proyecto.

De igual forma a la empresa de Transportes San Isidro Labrador S.R.L., en especial al Gerente General Alfonso Carbonel Aburto, por la oportunidad y las facilidades recibidas y por su calidad humana, sugerencias profesionales al permitir aplicar el desarrollo del presente trabajo de investigación en dicha empresa.

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo Teresa Carbonel Namay con DNI N° 71731662, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, diciembre del 2015

**Teresa Carbonel Namay**

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del Jurado, presento ante ustedes la Tesis titulada “MODELO MATEMÁTICO DE PLANIFICACIÓN DE RUTAS PARA MINIMIZAR LOS COSTOS DEL REPARTO DE LA EMPRESA SAN ISIDRO LABRADOR S.R.L. EN EL AÑO 2015”, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Industrial.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

La Autora

# ÍNDICE

## PÁGINAS PRELIMINARES

Página del jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Declaración de Autenticidad.....	v
Presentación.....	vi
Índice.....	vi
<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
1.1. Realidad Problemática.....	3
1.2. Trabajos previos.....	4
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	7
1.4. Formulación del problema.....	14
1.5. Justificación del estudio.....	14
1.6. Hipótesis.....	15
1.7. Objetivos.....	15
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>16</b>
2.1. Diseño de investigación.....	16
2.2. Variables, operacionalización.....	16
2.3. Población y muestra.....	17
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	18
2.5. Métodos de análisis de datos.....	20
2.6. Aspectos éticos.....	20
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>30</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>33</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>VII. REFERENCIAS.....</b>	<b>35</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>37</b>
<b>A) Anexo Figuras.....</b>	<b>38</b>
<b>B) Anexo Tablas.....</b>	<b>47</b>
<b>C) Otros Anexos.....</b>	<b>50</b>

## RESUMEN

La presente tesis buscó planificar las rutas de reparto de carga a través de un modelo matemático para minimizar los costos del reparto de cargas de la empresa San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015. El estudio se aplicó a los 275 principales clientes de esta empresa, de los cuáles se escogió por muestreo de poblaciones finitas a 161 clientes, realizándose un estudio pre test y pos test, a quienes se aplicó un cuestionario que mide la satisfacción de la calidad del servicio de reparto, luego se procedió mapear a los 45 clientes insatisfechos en Google MAPS y medir las distancias entre nodos obteniendo la zonificación de 5 clusters por cercanía de puntos, seguido se calculó los costos operativos por hora de mano de obra, mantenimiento y combustible y se desarrolló el modelo matemático de algoritmo de pétalos en LINGO System siendo la función objetivo minimizar los costos del reparto de carga y las restricciones de demanda, capacidad, tiempo total, hora de salida y kilometraje del vehículo. Teniendo como resultados una reducción del 43.7% los costos de reparto y un 49.9% de distancia recorrida. El impacto del modelo matemático en los costos del reparto fueron corroborados con la prueba estadística t-student, dando un valor ( $p=0.017$ ) menor que 0.05. Lo cual permitió aceptar la hipótesis del modelo matemático de planificación de rutas si minimiza los costos del reparto de carga.

**Palabras clave:** modelo matemático, transporte, costos de reparto.



## **ABSTRACT**

The present research sought to plan the routes of cargo distribution through a mathematical model in order to minimize cargo distribution costs of the Enterprise San Isidro Labrador S.R.L. in 2015. The study was applied to the main 275 customers of this Enterprise, from which 161 customers were chosen by means of finite population sampling. A pre-test and a post-test were carried out and a questionnaire that measures the satisfaction of distribution service quality was applied. Later, 45 unsatisfied customers were mapped in Google Maps, and the distances between nodes were measured, obtaining the zoning of 5 clusters by means of the proximity of points. Then, the operating costs per hour of labor, maintenance and fuel were calculated, and the algorithmic mathematical model of petals in LINGO System was developed. The target function was to minimize the cargo distribution costs, and the restrictions of demand, capacity, total time, departing time and vehicle mileage. The results were a reduction of 43.7% in costs of distribution and 49.9% in distance traveled. The costs of distribution were corroborated by the Shapiro –Wilk test of normality, resulting in a value higher than 0.05 ( $p=0.503$ ). Afterwards, the Student's t-test was done, which gave a value lower than 0.05 ( $p=0.017$ ). The results obtained allowed to determine that mathematical model of routes planning do minimize the costs of cargo distribution.

**Keywords:** mathematical model, transport, costs of distribution.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

En la actualidad la distribución de mercaderías se ha visto incrementada por el crecimiento de la producción de empresas manufactureras, los envíos de productos de exportación hacia puertos, los ingresos de importaciones y la comercialización de las mismas; es así que el transporte representa un 5.7% del PBI en el 2013 (Instituto Nacional de Estadística e Información, 2014) del cual el 75.5% representa el transporte terrestre empero la longitud de las redes viales es 149659.97 km aunque solo el 12.5% está pavimentado a nivel nacional (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Oficina de Estadística, 2013) es por ello que la infraestructura y el diseño de las redes de transporte no son muy eficientes; el crecimiento del mercado ocasiona que se incremente la competencia en el sector por la cual las empresas deben optimizar sus recursos, para ello existen varias herramientas como lo es el modelo matemático. La planificación de rutas permite optimizar la distancia entre dos puntos extremos a causa de minimizar la función objetivo mediante un conjunto de restricciones matemáticas que se imponen a las variables de decisión (KONG, 2010).

Los limitantes son de distancia recorrida, tiempo de reparto, tiempo de carga y descarga, costo de transporte, tiempo de embotellamiento, entre otros determinados por el analista (CASTELLANOS, 2009). Los factores externos que afectan las variables son las huelgas o movilizaciones, las pésimas condiciones de las pistas por lo que se toman rutas alternas, la congestión vehicular por días festivos, entre otros. Pese al gran potencial que una planificación de rutas en base a los modelos matemáticos es muy poco empleado por el sector empresarial, tal vez por un desconocimiento de esta metodología o porque les es difícil discernir entre las múltiples variables que afectan el desempeño de esta labor; por lo cual amerita que se investigue y profundice un poco más en este aspecto de la ciencia, de tal manera que se logre poner al servicio del sector transporte estas técnicas y así logren optimizar sus recursos y abaraten sus costos, lo cual se irradia de manera favorable a las empresas que hacen uso de este servicio. La empresa de transporte de carga San Isidro Labrador S.R.L. posee a 5 trabajadores administrativos, emplea 5 conductores de camiones y 20 estibadores (cifra variable de acuerdo a la cantidad de carga).

La sede principal es en Trujillo ya que aquí se reparte toda la mercancía transportada desde Lima, en donde se ubica la sucursal. Esta empresa posee más de 20 años en el mercado trujillano haciéndose ganadora del Premio Muchik de Oro en el 2009 a mejor empresa; pero este título se ha perdido debido a que existen empresas de transportes con mayor competitividad y seguridad en el transporte de la carga. En este servicio se está generando varias deficiencias que afectan la calidad del servicio y los costos operativos de la empresa, los cuales son: no se tiene establecido una política para la distribución de cargas, por lo cual los choferes usan cada uno su criterio y experiencia para elegir la ruta de reparto, ocasionando sobre tiempos en el reparto, sobrecostos de combustible y de mano de obra, el incremento del tiempo de reparto hasta el incumplimiento de la entrega formando un doble envío y la carga no entregada ingresa a almacén produciendo inventario en tránsito además de operaciones de carga y descarga de mercadería, causando la insatisfacción del cliente y gastos en la empresa.

Por lo que se propone es establecer un ruteo de las zonas de los clientes mediante un modelo matemático de rutas que minimice el tiempo y costo de distribución de mercancías y así poder asegurar la competitividad de la empresa a nivel regional.

## **1.2. Trabajos previos**

En materia de este estudio se encontró **antecedentes** de estudios que le hacen referencia la tesis de Cadillo José, en su investigación titulada “Estudio comparativo de la aplicación de heurísticas al problema de ruteo de vehículos” con motivo de optar por el título de Ingeniero Industrial de la Pontificia Universidad Católica del Perú en el año 2011 en la ciudad de Lima – Perú; la cual buscó determinar el mejor modelo heurístico al problema de ruteo de vehículos, para lo cual realizó un mapeo de los 42 puntos de venta para la resolución del VRP (*Vehicle Routing Problem*) a partir de las distancias recorridas por el transporte hacia cada uno de los puntos de la red y se midió la eficiencia del sistema con indicadores de distancia recorrida, coeficiente de cumplimiento, factor de uso y frecuencia de entrega; para luego resolver el problema en LINDO System con propuestas de Modelo matemático – Cercanía de puntos, Modelo matemático – Método del barrido, Cercanía de puntos – Método del Ahorro, Método del barrido – Método del Ahorro, Gran ruta – Método del Ahorro y Modelo computacional. En base a los resultados de cada modelo se

llega a tomar la decisión es el Modelo matemático – Cercanía de puntos debido a que recorre la menor distancia no sólo ideal sino también real que fue 0.25% menor que el modelo matemático con método del barrido, 3.36% menor que el método cercanía de puntos con método del ahorro, 6.11% menor que el método del barrido con método del ahorro, 7.97% menor que el método gran ruta con método del ahorro y 14.15% menor que el método computacional. Utilizando el factor de linealidad que según el análisis fue de 1.383 con una desviación estándar de 0.130. (CADILLO, 2011)

De igual manera en la tesis de Gonzales Daniel, titulada “Optimización del sistema de control de verificación de supervivencia de pensionistas de renta vitalicia en una compañía aseguradora” con motivo de optar por el título de Ingeniero Industrial de la Pontificia Universidad Católica del Perú en el año 2011 en la ciudad de Lima – Perú, la cual desarrolló un modelo matemático para buscar optimizar la productividad de los visitadores de Renta Vitalicia al obtener un ruta ideal para realizar el recorrido, por lo cual zonificó a los pensionistas y realizó el procedimiento y criterio para el armado de *Clusters* basándose en supuestos en la solución del modelo matemático y realizar el desarrollo del modelo matemático tomando distancias euclidianas en la red potencial inicial para realizar la formulación matemática de ruta corta estableciendo un rango de horas que resulta del tiempo total recorrido más los tiempos no previstos en un escenario pesimista y optimista a un 95% de confianza de las penalizaciones en velocidad del ómnibus y de la persona a través de LINDO System. En base a los resultados la cantidad de días que utilizaba el visitador se han reducido de 32 a 20 días (62.5 %), realizando un cluster por día, también se mejoró la producción diaria del visitador de 12 visitas efectivas por día a aproximadamente 20 visitas efectivas por día incrementándose un 166.7 %, teniendo en cuenta que cabe la posibilidad de no ubicar al pensionista. (GONZALES, 2011)

Así mismo en la tesis de E. J. Manleya, titulada “*A heuristic model of bounded route choice in urban areas*” con motivo de optar por el título de Ingeniero Civil de la University College London en el año 2014 en la ciudad de Londres – Reino Unido, la cual desarrolló un modelo para la elección de ruta en las zonas urbanas, con el objetivo de reflejar con mayor precisión lo incierto. Se introducen dos avances

principales; la primera consiste en la definición de un modelo jerárquico de espacio que representa la relación entre las características urbanas y la cognición humana, la segunda implica el desarrollo de reglas heurísticas para decisiones de elección de ruta, basándose en el modelo jerárquico del espacio urbano. Por lo cual describe el conjunto de datos de ruta que contiene las rutas de 690045 viajes realizados por 2970 conductores de minitaxi Addison Lee en Londres que se constituyen a partir de puntos GPS. El desarrollo del modelo jerárquico se divide en regiones, nodos, y carreteras donde cada tipo de función está encapsulado dentro de la primera; a través de la cual se realizarán las elecciones de ruta. Luego detalla el desarrollo heurístico de elección de itinerarios, que describe el proceso de decisión por la que se elige una ruta a través del espacio urbano, los 128442 segmentos de carretera estaban cubiertos por las rutas modeladas con un caudal medio de 151.19 (sd = 454,55). Tomando en las distancias totales de cada conjunto de rutas, las rutas modeladas en total una distancia de 1,12 millones de metros, con un promedio de 8.028,16 metros por viaje, la distancia media observada es un 98.03% menor; con el fin de obtener una perspectiva de la variación espacial en el ajuste del modelo, la regresión lineal se calcula entre el modelado y observó el flujo de tráfico en una base de ruta por carretera. La línea de regresión pasa a lo largo y = 4,543 + 0.784x, donde y representa los flujos reales de cada carretera y x el flujo de modelado. El modelo indica un ajuste razonable con la distribución observada, con el R<sup>2</sup> a 0.76. (MANLEYA, 2014)

De la misma forma en la tesis de Pérez Jimena Cecilia y Silva Pimentel Consuelo, titulada “Optimización del transporte de materia prima de una empresa esparraguera” con motivo de optar por el título de Ingeniero Industrial de la Universidad Nacional de Trujillo en el año 2000 en la ciudad de Trujillo – Perú, la cual determinó un método óptimo de transporte de materia prima que minimice los costos de combustible y los costos de merma de la empresa esparraguera SAVSA mediante la aplicación de un modelo de programación lineal se obtuvieron las cantidades diarias de materia prima ofertadas por cada proveedor durante un mes, los costos de transporte en los que se incurrió y los recursos empleados, para la formulación y solución del modelo propuesto se empleó LINGO Systems: el cual reporta la solución del modelo mostrando el valor de cada una de las variables utilizadas, la ruta que debe realizar cada uno de los vehículos asignados para el

acopio de materia prima, la cantidad de M.P. que debe recoger en cada uno de los proveedores que visitarán, la hora de salida de cada vehículo, la cantidad de jabas que llevarán en cada uno de sus viajes, el costo de combustible y el costo de merma que se generará en cada uno de sus recorridos. Para demostrar que existe diferencia significativa entre los valores del modelo propuesto y la empresa se empleó la prueba de hipótesis de diferencias pareadas para el costo de combustible y el costo de mermas. Finalmente se logró disminuir el costo del combustible un 24.9% y el costo de merma un 7.8% con el modelo propuesto el costo total promedio diario de transporte de materia prima disminuye 21.2% y el mensual 21.17%. (PÉREZ, y otros, 2000)

### 1.3. Teorías relacionadas al tema

Para **fundamentar científica, humanística y tecnológicamente** debe definirse los principales conceptos y teorías de las variables de estudio, por lo cual se debe comenzar por describir la primera variable de estudio la cual está inmersa en la teoría de la **cadena de suministro**, la cual es un conjunto de actividades que interrelaciona el proceso de abastecimiento, fabricación y distribución; siendo así que opera de manera integrada los procesos estratégicos y de soporte de la organización enlazadas con las actividades de los proveedores y clientes (CHAVEZ, y otros, 2012).

De ahí que la **distribución** se refiere a los pasos a seguir para mover y almacenar un producto desde la etapa del proveedor hasta la del cliente en la cadena de suministro y ocurre entre cada par de etapas. La distribución es una directriz clave de la rentabilidad total de la compañía, debido a que afecta de manera directa tanto los costos de la cadena como la experiencia del cliente. Es por ello que una **red de distribución** adecuada se emplea para lograr una variedad de objetivos de la cadena de suministro que van desde un bajo costo hasta una gran capacidad de respuesta. Cambiar el diseño de la red de distribución afecta los siguientes costos de la cadena de suministro: inventario, transporte, instalaciones y manejo de información (SUNIL, 2008).

La **gestión del transporte** tiene dos tareas imperativas, estas son la elección del medio o los medios de transporte a utilizar y la programación de los movimientos a emplear, para este caso es el transporte terrestre cuyos componentes son los

vehículos, instalaciones fijas y los objetos que deben ser distribuidos, cada uno de ellos con sus respectivos costos. El objeto o carga en general comprende una serie de productos que se transportan en cantidades pequeñas y está compuesta de artículos individuales. Los **costos de distribución** está constituido por los vehículos que incurren en costos de operación (habitualmente el vehículo va cargado en el reparto y regresa vacío si logra compensar los envíos) y en costes de parada que incluyen carga y descarga. Las instalaciones fijas soportan el coste del espacio destinado a guardar inventarios y el coste de la carga y descarga inicial y final. Las cargas distribuidas tienen un coste asociado al inventario estacionario y el otro al inventario en movimiento. Las tarifas reales de los transportistas refleja que el costo unitario de transporte es en S/. /kg disminuye con el tamaño de envío y que este es proporcional a la distancia del transporte. Los costes de inventario tienen tres componentes básicos: el precio de la mercancía en stock, el coste de mantenimiento de inventario (% del coste de mercancía) y el tiempo transcurrido como stock; finalmente se adiciona los costos administrativos y costos de financiamiento. (FRANCESCO, 2005). La **función de transporte** es la actividad enfocada al traslado del producto desde su punto de origen hasta el lugar de destino. Ello involucra aspectos como: tiempo de transporte, el periodo abarca desde la mercancía dispuesta para carga, tiempos de espera, carga/descarga de vehículos, parada en ruta, etc., hasta que la mercancía esté descargada en el lugar de destino; involucramiento del conductor responsable, al ser también partícipe en los planes estratégicos y tácticos de la empresa para adaptar sus recursos a las necesidades de los trabajadores; la calidad del servicio, con aspectos como rapidez y puntualidad de entrega, seguridad e higiene en el transporte, cumplimiento de las condiciones impuestas por el cliente, fiabilidad en las metas prometidas y la información y control de transporte (BALLOU, 2004).

Los **servicios de transporte** se describen mejor por sus características de costo y desempeño. Esto distingue a un servicio de transporte de otro, y es lo que el usuario adquiere por parte de los sistemas de transporte. Las características de costo varían de un modo a otro y dan origen a sus estructuras de tarifa. Las tarifas están basadas principalmente en tres factores: distancia, tamaño del envío y competencia. Por otro lado, el desempeño del transportista se basa en el nivel de manejo del envío en las terminales y en la velocidad inherente del transportista. Se

describe en forma adecuada en términos del tiempo promedio de tránsito, de la variabilidad tránsito-tiempo, y de las pérdidas y daños. Dicho lo anterior, **el transporte de carga en camión** ofrece la ventaja de una entrega a domicilio y en un tiempo más corto. También tiene la ventaja de que no se requiere transferencia alguna entre el punto de origen y destino.

Para estudiar la segunda variable es necesario enmarcarla dentro de la **investigación de operaciones**, que es tanto un arte como una ciencia; el arte de describir y modelar el problema que depende de la creatividad y experiencia del equipo de Investigación de Operaciones, y la ciencia por las técnicas matemáticas que se resuelve el modelo utilizando algoritmos matemáticos precisos (TAHA, 2012). Así mismo la investigación de operaciones es la aplicación del método científico basándose en la labor de los equipos interdisciplinarios, donde el analista y los clientes trabajan simultáneamente localizando problemas que comprenden el control y gestión de sistemas organizados con el objetivo de encontrar soluciones que sirvan mejor al propósito del sistema como un todo, enmarcados en procesos de toma de decisiones (HILLER, y otros, 2010).

Por otro lado la investigación de operaciones, construye **modelos de investigación** de operaciones que están diseñados para “optimizar” un criterio objetivo específico sujeto a un conjunto de restricciones, la calidad de la solución resultante depende de la exactitud con que el modelo representa el sistema real. Si el modelo es una representación razonablemente buena del sistema real, entonces su solución también es óptima para la situación real.

Los modelos matemáticos se **clasifican** básicamente en modelo determinístico (MD) o Modelo Estocástico (ME). El MD considera que los datos se conocen con certeza; es decir se tiene toda la información necesaria para la toma de decisiones. El ME o probabilístico no se conoce algún dato con anticipación, agregando así la incertidumbre. Se puede ganar con frecuencia conocimiento profundo y útil dentro de las decisiones óptimas aplicando un modelo determinístico en una situación donde es más apropiado un modelo estocástico. Así mismo, el modelo prescriptivo o de optimización establece el comportamiento que permita alcanzar mejor las metas de la organización; ya que trata de buscar valores entre el conjunto de todos



los valores de las variables de decisión, que optimice (maximizar o minimizar) la función objetivo que satisfaga las restricciones otorgadas. (WINSTON, 2005)

El **proceso de construcción de modelos** inicia con plantear el problema, en dónde se define los objetivos que se pretende alcanzar y la unidad de estudio para determinar maximizar o minimizar la causa del problema. Al observar el sistema, se recolecta información para estimar el valor de los parámetros que afectan al problema; estas estimaciones se utilizan para formular el modelo matemático del problema y verificar si el modelo es la representación exacta de la realidad pero se debe ser consiente de nuevas restricciones y los valores de la variable de decisión que no fueron usadas para estimar, lo cual podría cambiar el rendimiento del proceso y la ecuación. Después se selecciona la opción más adecuada, puede haber más de una, la cual cumple mejor los objetivos de la empresa. Se debe monitorear y actualizar en forma continua el sistema para tener la certeza de que las recomendaciones permitan que la empresa cumplan con los objetivos (WINSTON, 2005).

En cuanto a los modelos de rutas de transporte estos se fundamentan en la teoría de la programación lineal para definir la estructura matemática y la teoría de restricciones y hallar la mejor ruta a través de un análisis de sensibilidad.

Con respecto a la **programación lineal** trata la planeación de las actividades asignando recursos limitados entre actividades competitivas para obtener un resultado óptimo. (WEATHERFORD, y otros, 2000). (ANEXO C 6).

El **método de asignación** es un tipo de programación lineal especial en el que los asignados son recursos destinados a la realización de tareas; es así que el problema de asignación puede formularse como un modelo de transporte en el cual el número de orígenes (individuo, vehículo, etc.) trata de asignar un mismo número de destinos (clientes, tareas, etc.) con el objetivo de determinar cómo se deben hacer las  $n$  asignaciones para *minimizar* la función objetivo que optimice los costos o el tiempo de distribución (HILLER, 2002). (ANEXO C 6)

Para este estudio clasificamos a los modelos de rutas en problemas de ruteo de vehículos (VRP) y las heurísticas tradicionales para el VRP.

Los **problemas de ruteo de vehículos** consisten en que un conjunto de clientes y depósitos dispersos geográficamente con una flota de vehículos, mediante un modelo matemático se logre determinar un conjunto de rutas de costo mínimo que comiencen y terminen en los depósitos, para que los vehículos visiten a los clientes. Las características de los clientes, depósitos y vehículos, así como diferentes restricciones operativas sobre las rutas, dan lugar a diferentes variantes del problema. Aunque el problema de ruteo de vehículos pueda tener muchas variaciones, se pueden reducir a unos tipos básicos como:

- El **problema del agente viajero (TSP)** consiste en que un solo vehículo visite el conjunto de ciudades con el costo del viaje (o distancia) entre cada uno de los posibles pares. El TSP se dispone encontrar la mejor manera posible de visitar todas las ciudades y volver al punto de partida que reducen al mínimo el costo de viaje (o la distancia de viaje). (DAVAENDRA, 2010) La formulación de Dantzig se extiende fácilmente al caso asimétrico. Aquí  $x_{ij}$  es una variable binaria, asociado con arco  $(i, j)$  e igual a 1 si y sólo si el arco aparece en el recorrido óptimo. (ANEXO C 6)

-El **problema de los  $m$  agentes viajeros ( $m$ -TSP)** es una generalización del TSP en la cual se tiene un depósito y  $m$  vehículos. El objetivo es construir exactamente  $m$  rutas, una para cada vehículo, de modo que cada cliente sea visitado una vez por uno de los vehículos. Cada ruta debe comenzar y finalizar en el depósito y puede contener a lo sumo  $p$  clientes. (ANEXO C 6).

- El **problema con capacidades (VRP o CVRP)** es una extensión del  $m$ -TSP en la cual cada cliente  $i \in V \setminus \{0\}$  tiene asociada una demanda  $d_i$  y cada vehículo tiene una capacidad  $C$  (la flota es homogénea). En este problema la cantidad de rutas no es fijada de antemano como en el TSP y en el  $m$ -TSP. Para un conjunto de clientes  $S$ ,  $d(S) = \sum_{i \in S} d_i$  es su demanda total y  $r(S)$  indica la mínima cantidad de vehículos necesarios para servirlos a todos. En la formulación conocida con el nombre de flujo de vehículos de dos índices, se utilizan las variables binarias  $x_{ij}$  para determinar si el arco  $(i, j)$  se utiliza o no en la solución (The Vehicle Routing Problem: An overview of exact and approximate algorithms, 1991). (ANEXO C 6)

- En el **problema con flota heterogénea (FSMVRP)** los costos y capacidades de los vehículos varían, existiendo un conjunto  $T = \{1, \dots, |T|\}$  de tipos de vehículo. La capacidad de los vehículos  $k \in T$  es  $q^k$  y su costo fijo (si lo tuvieran) es  $f^k$ . Los costos y tiempos de viaje para cada tipo de vehículo son  $c_{ij}^k$  y  $t_{ij}^k$  respectivamente. Se asume que los índices de los vehículos están ordenados en forma creciente por capacidad (es decir,  $q^{k_1} \leq q^{k_2}$  para  $k_1, k_2 \in T, k_1 < k_2$ ). (GOLDEN, y otros, 1984) (ANEXO C 6)

- El **problema con ventanas de tiempo (VRPTW)**, además de capacidades, cada cliente  $i \in V \setminus \{0\}$  tiene asociada una ventana de tiempo  $[e_i, l_i]$  que establece un horario de servicio permitido para que un vehículo arribe a él y un tiempo de servicio o demora  $s_i$ . Si  $(i, j)$  es un arco de la solución y  $t_i$  y  $t_j$  son las horas de arribo a los clientes  $i$  y  $j$ , las ventanas de tiempo implican que necesariamente debe cumplirse  $t_i \leq l_i$  y  $t_j \leq l_j$ . Utilizando los nodos 0 y  $n + 1$  para representar al depósito y el conjunto  $K$  para representar a los vehículos (no a los tipos de vehículos como en la sección anterior), el problema se formula para una flota de vehículos posiblemente heterogénea. (ANEXO C 6) (BELFIORE, y otros, 2012)

La **heurística de ruteo** son procedimientos simples que realizan una exploración limitada del espacio de búsqueda y dan soluciones de calidad aceptable en tiempos de cálculo generalmente moderados. Las heurísticas clásicas para el VRP son:

-El **algoritmo de Clarke y Wright** o **el algoritmo de los ahorros**, consiste en conectar todos los clientes de dos en dos con el almacén y se calculan los ahorros obtenidos en el coste de transporte; se clasifican las alternativas de unión por ahorros decrecientes; se toma la alternativa de unión de máximo ahorro y que a la vez sea consistente con el número de vehículos y sus capacidades (FRANCESCO, 2005).

- El **algoritmo de pétalos** supone que se dispone de un conjunto de rutas  $R$ , de modo que cada ruta  $r \in R$  es factible, pero cada cliente es visitado por varias de las rutas. El problema de seleccionar un subconjunto de  $R$  de costo mínimo que visite exactamente una vez a cada cliente puede formularse como un *Set Partitioning Problem* (SPP) (ANEXO C 6)

- El siguiente es el **método rutear primero - asignar después**, también se procede en dos fases. Primero se calcula una ruta que visita a todos los clientes resolviendo un TSP. En general esta ruta no respeta las restricciones del problema y se particiona en varias rutas, cada una de las cuales sí es factible. (BEASLEY, 1983) (ANEXO C 6)

Es por ello que la **simulación** es el estudio de un sistema o sus partes mediante manipulación de su representación matemática o de su modelo físico; permite comparar distintos diseños y procesos que todavía no están en operación y ensayar hipótesis sobre sistemas o procesos antes de llevarlos a la práctica, permite estudiar el efecto de la modificación de las variables y parámetros con resultados reproducibles. En el modelo matemático se puede introducir o retirar a voluntad un error, lo cual no es posible en la realidad, ya que constituye una importante ayuda material para el estudio de los sistemas de control y se puede ensayar la sensibilidad de los parámetros de costes y los parámetros básicos del sistema. (HIMMELBLAU, y otros, 1992) Las **aplicaciones de software de planificación y optimización de rutas de transporte** son efectivas para el mejoramiento de la utilización de los recursos de transporte, entre sus beneficios se encuentran la reducción del tiempo de trayecto de los viajes, del kilometraje en los vehículos, la disminución de costos y el mejoramiento en las entregas a los clientes, lo que a su vez se traduce en un mejor control y servicio al cliente. Todo esto se obtiene procesando rápidamente la información de ubicación de las bodegas donde se encuentren los productos a despachar, de los clientes a satisfacer, y las cantidades y los tipos de carga a ser transportados, acoplando todo esto a la flota disponible para optimizar el uso de los recursos (MORA, 2010).

El proceso de la solución de un programa de matemáticas requiere un gran número de cálculos y es, por lo tanto, realiza mejor mediante un programa informático llamado **LINGO System** (Lineal INteractive, and General Optimizer) es una herramienta de gran alcance para la solución lineal, entero, y problemas de programación cuadrática. El principal propósito de LINGO es permitir al usuario introducir rápidamente una formulación del modelo, resolverlo, evaluar la exactitud o idoneidad de la formulación a base de la solución, de forma rápida hacer

modificaciones menores a la formulación, y repetir el proceso. (LINDO Systems, Inc., 2003)

Para dichas restricciones se emplea el **estudio de tiempos** que es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida. (Anexo C 2.1, 2, 3)

La **valoración del ritmo de trabajo** y los **suplementos de tiempo** que se deben prever para recuperarse de la fatiga y para otros fines siguen siendo en gran parte cuestión de criterio. La calificación del operador debe hacerse única y exclusivamente en el curso de las observaciones de los tiempos elementales. (Anexo Tablas 1) El **suplemento por retrasos por fatiga** es la reducción de la habilidad para hacer un debido trabajo a lo previamente efectuado en porcentaje de los tiempos básicos posee factores que deben tenerse en cuenta para calcular el suplemento variable. (Anexo Tablas 2) (GARCÍA, 1999)

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Qué impacto produce la planificación de rutas, en base a un modelo matemático en los costos del reparto de carga de la empresa San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015?

#### **1.5. Justificación del estudio**

El presente estudio se **justifica** teóricamente porque en el ámbito del modelo matemático se transforma la descripción de un objeto no matemático al lenguaje matemático para que se construya la representación numérica de dicho objeto en forma de variables involucrando así el sistema de reparto y la optimización de planificación de rutas, para tomar decisiones que ayuden a mejorar la gestión de distribución de la empresa en estudio. Así mismo de manera práctica permite solucionar el problema del sistema de reparto, logrando reducir el tiempo de envío de mercancía lo cual repercute en el costo de distribución generando mayor grado de satisfacción en el cliente y mejorando la competitividad de la empresa a nivel

regional, mediante la aplicación del modelo y el involucramiento del personal. Por otro lado metodológicamente es adecuada, pues la manera como se aborda esta investigación servirá como referencia a investigadores futuros interesados en temas similares, pues propone un método de investigación que alimenta el uso de un modelo matemático que permite optimizar la planificación de rutas del sistema de reparto así como un método para probar la hipótesis desde el diseño pre-experimental.

## **1.6. Hipótesis**

La aplicación de un modelo matemático de planificación de rutas minimiza los costos del reparto de la empresa San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. General**

Planificar las rutas de reparto de carga a través de un modelo matemático para minimizar los costos del reparto de cargas de la empresa San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015

### **1.7.2. Específicos**

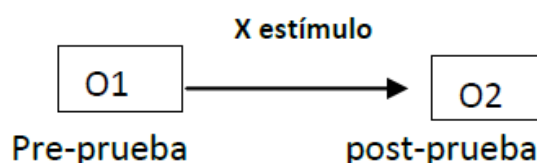
- Analizar la situación actual del reparto de carga, con sus respectivos costos de reparto.
- Mapear los clientes del sistema de reparto.
- Determinar los costos actuales del reparto de carga.
- Desarrollar el modelo matemático de planificación de rutas.
- Simular los resultados de los costos en distintos panoramas de ocurrencia, con LINGO Systems.
- Medir el impacto del modelo matemático de planificación de rutas elegido en el costo del sistema de reparto, mediante el análisis técnico y estadístico.

## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de investigación

**Pre experimental.** Existe un control mínimo de la variable independiente, se trabaja con un área de reparto al cual se le aplica un modelo matemático (planificación del reparto de carga a través de un modelo matemático de rutas) para determinar su efecto en la variable dependiente (costos de reparto), aplicándose mediciones de tiempo y costo antes y después del estudio.

Diseño de la investigación: G O1 X O2



Donde:

G: Muestra de la cartera de clientes de San Isidro Labrador S.R.L.

O1: Observación actual del costo de distribución.

O2: Observación del costo de distribución con el modelo de transporte propuesto. X: Estímulo, Modelo matemático de rutas.

### 2.2. Variables, operacionalización

**Variable independiente, cuantitativa:** Aplicación del modelo matemático de planificación de rutas: es la representación de la realidad basada en variables de secuencia de tramos que generan una ruta teniendo en cuenta al tiempo de recorrido en una determinada zona geográfica para prever con anticipación la secuencia lógica de los clientes visitados teniendo en cuenta el tiempo total del recorrido brindando un servicio de calidad minimizando costos.

**Variable dependiente, cuantitativa:** Costos del reparto de carga de San Isidro Labrador S.R.L.: costos generados en el recorrido que une a los diferentes puntos que generan demanda; compuestos de costo de combustible, mano de obra y mantenimiento.

#### 2.2.1. Operacionalización de variables

Tabla 3: Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES DEL PROYECTO TESIS 2015-II				
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
<b>Modelo matemático de planificación de rutas</b>	Es la representación de la realidad basada en variables de secuencia de tramos que generan una ruta para prever con anticipación la secuencia lógica de los clientes visitados teniendo en cuenta el tiempo total del recorrido minimizando costos brindando un servicio de calidad. (KONG, 2010)	Calidad del servicio de reparto por zonas geográficas, medido a través de un cuestionario dirigido a los clientes.	Insatisfecho: [19 - 44] Ni insatisfecho ni satisfecho: [45 - 70] Satisfecho: [71 - 95]	Ordinal
		Lógica de secuencia Minimizar = $\sum \text{Costos}_{ij} * Y_{ij}$ $\sum Y_{ij} = 1$	Sumatoria de costos de transporte x distancia recorrida entre nodos	Razón
		$\sum$ Tiempos de Tramos % de Variación de Tiempo $\frac{t_{actual} - t_{modelo\ mat.}}{t_{actual}} * 100$	Tiempos total de recorrido Tiempos de recorrido entre nodos con modelo < Tiempos de recorrido entre nodos actual	Razón
<b>Costos del Sistema de reparto</b>	Costos generados en el recorrido que une a los diferentes puntos que generan demanda. (FRANCESC, 2005)	Costo mensual de reparto de carga de la empresa San Isidro Labrador S.R.L.	Costos: combustible+ mano de obra+ mantenimiento de vehículo = Soles /mes	Razón

Fuente y elaboración: propia

### 2.3. Población y muestra

La **población** será la cartera de clientes de la empresa San Isidro Labrador S.R.L. constituida por 275 clientes que son empresas a las que le brinda el servicio de reparto de carga en La Libertad.

Para determinar la muestra se aplicó la fórmula de poblaciones finitas, calculando una muestra de 161 clientes. La **unidad de análisis** está compuesta por cada uno de los clientes que conforman la base de datos de la empresa, y el tipo de **muestreo** empleado es aleatorio por conveniencia; ya que los clientes son seleccionados dada la conveniente accesibilidad y proximidad para realizar el enrutamiento.

Calculando el tamaño de muestra:

N = 275 clientes



Muestra:

$$n = \frac{Z^2 x P x Q x N}{E^2(N - 1) + Z^2 x P x Q}$$

Donde:

- n = Número de elementos de la muestra
- N = Número de elementos del universo
- P/Q = Probabilidad con las que se presenta el fenómeno, si no se conoce P= 0.5 y Q= 0.5
- Z2 = Valor crítico correspondiente al nivel de confianza elegido; siempre se opera con valor sigma2, grado de confianza de 95% luego Z = 1.96
- E = Margen de error permitido: 0.05

$$n = \frac{1.96^2 x 0.5 x 0.5 x 275}{0.05^2(275 - 1) + 1.96^2 x 0.5 x 0.5}$$
$$n = 161$$

**Muestra (n)** Finalmente la fórmula arrojó el valor de: n = 161 Clientes

#### **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

Para el logro de cada uno de los objetivos específicos se procederá a emplear las siguientes técnicas y herramientas:

- Para analizar la situación actual del reparto de carga, se realizará una encuesta de calidad del reparto de carga a los clientes (Anexo Tabla 4) a través de la herramienta del cuestionario con la finalidad de zonificar a clientes que reciban un mal servicio de entrega de mercancía, validada por el juicio de expertos y determinada su confiabilidad con el alfa de Conbrach con un valor de 0.7(Anexo C 1)
- Para mapear los clientes del sistema de reparto se empleará una Hoja de ruta (Anexo C 2.4) la cual pretende anotar secuencialmente el ruteo del vehículo durante el día y ubicarlas en el grafo de la zona geográfica de Trujillo en Google MAP con la finalidad de visualizar la ubicación de los clientes y la distancia que existe entre los nodos descritos por el camión.

- Para determinar los costos actuales del reparto de carga, se recurre a la técnica de análisis de información recolectando los datos de los costos del área de reparto tales como: costo de combustible, mano de obra y mantenimiento incurridos durante el periodo marzo 2014 – 15 a través de facturas emitidas por proveedores, registrándolos en la ficha de registro de costos (Anexo C 2.5).
- Para desarrollar el modelo matemático de optimización de rutas con sus restricciones se realizará las asignaciones a las variables de decisión (clientes, vehículo) de tiempo de descarga, capacidad, Horas hombre, entre otros; anotados en la Hoja de ruta (Anexo C 2.4) el cual detalla el modelo de camión, capacidad neta, nombre del conductor, fecha del recorrido, número de estibadores, por otro lado se debe determinar los tiempos para ello se emplea la técnica del estudio de tiempos y la observación directa plasmando sus resultados en el formato de estudio de tiempos (Anexo C 1.1,2,3) con la cual se ordenará secuencial y cronológicamente las entregas realizadas a los clientes realizando una toma de tiempos desde el inicio del recorrido, tiempo de embotellamiento o congestión vehicular, tiempo de recepción de guía de transporte hasta tiempo de descarga; teniendo en cuenta el peso de la carga (kg.) por cada cliente. Estos datos alimentaran la función objetivo y restricciones de los distintos modelos matemáticos de rutas a probar
- Para simular los resultados de los costos en distintos panoramas de ocurrencia se empleará LINGO Systems que es un software para modelos de optimización en el cual se plasmará el objetivo anterior para realizar los análisis de sensibilidad en cada posible tipo de modelo de rutas de transporte descritos en el marco teórico; a fin de obtener la ruta óptima que minimice los costos de reparto.
- Para medir el impacto del modelo matemático de planificación de rutas en el costo del sistema de reparto se realizará una comparación de costos y se calculará el % de ahorro generado en el sistema de reparto, esto se probará estadísticamente con el software SPSS Vs 22, probándose en primer lugar la normalidad del comportamiento de los datos de los costos dependiendo de los resultados se procede a emplear la pruebas estadísticas de t-student o Wilcoxon.

Para determinar la validez del contenido se sometió el cuestionario de calidad del servicio al juicio de tres expertos procediéndose a acomodar las preguntas según sus recomendaciones, obteniéndose un 0.64 de alta validez y concordancia. (Anexos C 1)

Para determinar la confiabilidad se empleó el alfa de Conbrach, dando como resultado 0.667, corroborando la confiabilidad del cuestionario aplicado a un 13.04% del total de la muestra. (Anexo C 1)

## **2.5. Métodos de análisis de datos**

A nivel descriptivo se analizarán los datos de acuerdo a su escala, tabulándolos en tablas de frecuencia, contingencia o presentándolos en gráficos, calculando sus medidas de tendencia central.

Para probar la hipótesis se recurre a pruebas de escala razón a la comparación de muestras a grupos pareados empleando la prueba estadística de Shapiro - Wilk para comprobar la normalidad de los datos por corresponder a datos cuantitativos. Si cumple se emplea la prueba estadística de t-student.

## **2.6. Aspectos éticos**

El investigador se compromete a respetar la propiedad intelectual, la veracidad de los resultados, la confiabilidad de los datos suministrados por la empresa y a no revelar la identidad de los individuos que participan en el estudio, así como a solo tomar los datos consentidos por los encuestados.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Generalidades

##### 3.1.1. Datos de la empresa

San Isidro Labrador S.R.L. con RUC 20167057218 es una empresa dedicada al transporte de carga entre los departamentos Lima – La Libertad y también se extienden a lo largo de la costa norte del país. Los servicios que brinda son entrega de carga y mercaderías en general, mudanzas, traslado de maquinarias y equipos. Posee 275 clientes principales quienes adquieren el servicio de entrega al menos 2 veces al mes; San Isidro Labrador se ha consolidado como una empresa sólida en el mercado con 26 años de experiencia y servicio a sus clientes con un porcentaje de participación del 0.0039% a nivel nacional.

##### 3.1.2. Organigrama

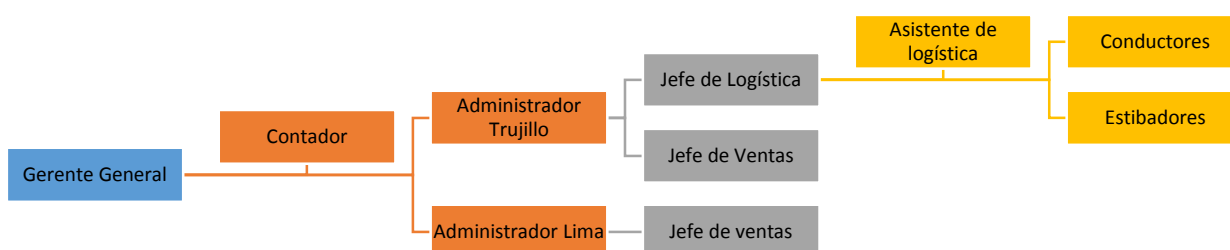


Figura 1. Organigrama de San Isidro Labrador S.R.L.

Fuente: San Isidro Labrador S.R.L.

#### 3.2. Situación actual

Se analizó mediante una encuesta de calidad del reparto de carga dirigida a la muestra de 161 clientes, obteniéndose los niveles de insatisfacción de 20% en puntualidad de entrega, 18% en rapidez de descarga, 27% en seguridad e higiene en el transporte, 27% en fiabilidad del estado de la carga y 19% en condiciones impuestas por el cliente; resultando que 45 clientes se encuentran insatisfechos por el servicio de reparto. (Anexo C 5)

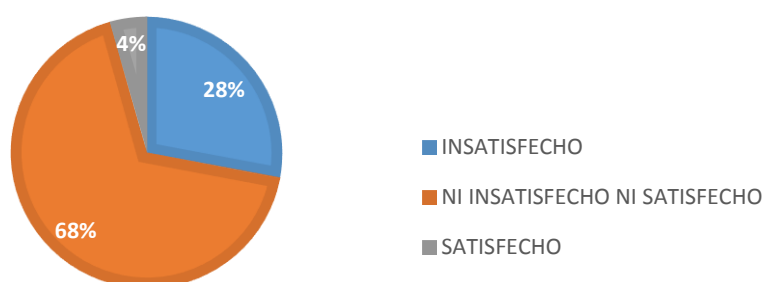


Figura 2. Nivel de satisfacción de la calidad del reparto de carga de los clientes de San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015.

Fuente: Encuesta de calidad del reparto de carga realizada a los clientes de San Isidro Labrador S.R.L.

### 3.3. Mapeo de clientes insatisfechos

Luego de identificar los clientes insatisfechos se procedió a ubicarlos en Google MAPS y se midió la distancia entre nodos y se calculó el tiempo estándar del vehículo y el tiempo de desestiba (Anexo Tabla 5, 6) con la finalidad de zonificarlos por cercanía de puntos y por la restricción del centro histórico solo ingresa vehículos de carga menor a 10 TM.

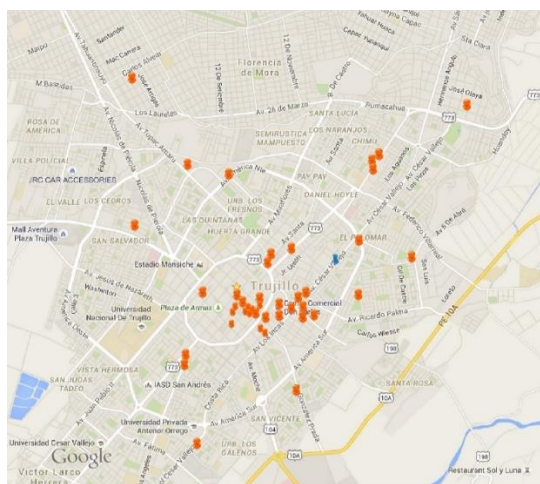


Figura 3. Mapeo de clientes de San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015.

Fuente: Google Maps

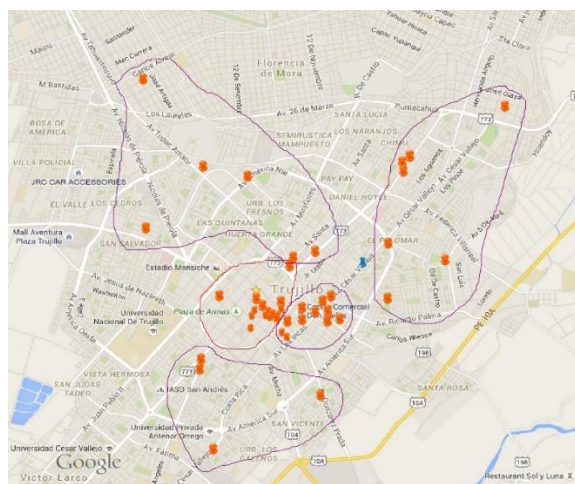


Figura 4. Zonificación de clientes y formación de *clusters* de San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015.

Fuente: Google Maps

### 3.4. Costos actuales del reparto de carga

Los costos de distribución como mano de obra, mantenimiento y combustible en el periodo marzo 2014-15 fueron recolectados por el área de contabilidad al ser registradas en facturas. Luego se calculó el costo por horas de mano de obra, mantenimiento y combustible.

- Costo del combustible: El costo del combustible por km se obtiene al dividir el precio del combustible: S/9.69 al 26/08/15, entre el rendimiento (km/gl.) del vehículo.

Tabla 7. Capacidad, velocidad inversa y costos del combustible por Km de los vehículos de San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015.

ÍTEM	VEHÍCULO	PLACA	PESO (TM)	VELOCIDAD (Km/Hr)	INVERSA DE VELOCIDAD (Hr/Km)	RENDIMIENTO (Km/Gl.)	COSTO (S/. /KM)
1	INTERNATIONAL	C1Q766T7B993	30	13	0.07692	54	0.18
2	FREIGHTINER	T5A899T7B992	32	12	0.08333	47	0.21
3	VOLVO	T45885T7F972	32	18	0.05556	58	0.17
4	FREIGHTINER	T6D893T71999	30	19	0.05263	56	0.17
5	VOLVO	C9C714	10	17	0.05882	51	0.19

Elaboración: Propia

Fuente: Área de Logística de San Isidro Labrador S.R.L.

- Costo hora hombre: La empresa emplea 4 estibadores más 1 conductor del camión resultando el Costo total H-H =  $4 \times 8.03 + 10.66 = S/. 42.80$ , coeficiente del modelo

Tabla 8. Cálculo del costo Hora-Hombre de los trabajadores de San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015.

ÍTEM	PUESTO	SUELDO (S/.)	GRATIFIC. (S/.)	S.S.S. (S/.)	CTS (S/.)	VACNES. (S/.)	ASIG. FAMILIAR (S/.)	TOTAL BONIF. (S/.)	TOTAL RMV+BON (S/.)	H-H (S/.)
1	Estibador	1200	100	112.5	50	50	30	342.5	1542.5	8.03
2	Conductor	1600	133.3	150	66.7	66.7	30	446.7	2046.7	10.7

Elaboración: Propia

Fuente: MINTRA - Régimen Laboral de la Micro y Pequeña Empresa.

- Costo de mantenimiento

El costo de la hora de mantenimiento se calcula:  $S/. 2621.00/\text{año} \times 1 \text{ año}/2304 \text{ horas} = S/. 1.14/\text{H-Mant.}$

Tabla 9. Costo del mantenimiento correctivo de San Isidro Labrador S.R.L., marzo 2014 - 2015.

FECHA	DESCRIPCIÓN	COSTO (S/.)
19/07/2014	Cambio de aceite	197.00
14/11/2014	Dirección	743.00
30/01/2015	Lubricación de rodamiento	528.00
06/05/2015	Lavado del radiador con agua a presión y cambio del líquido refrigerante	815.00
23/08/2015	Cambio de frenos	338.00
<b>Total</b>		<b>2,621.00</b>

Elaboración: Propia

Fuente: Área de Logística de San Isidro Labrador S.R.L.

### 3.5. Desarrollo del modelo matemático de planificación de rutas

La función objetivo y restricciones se escribieron en lenguaje de programación de Lingo a fin de optimizar el modelo matemático, las variables fueron:(Anexos C 4, 5).

#### Parámetros:

$i = 1, 2, 3, \dots, m$        $m$ : número de orígenes

$j = 1, 2, 3, \dots, n$        $n$ : número de destinos

$u = 1, 2, 3, \dots, p$        $p$ : número de vehículos

$z = 1, 2, 3, \dots, q$        $q$ : número de viajes

#### Constantes:

CMO: Factor Mano de obra

CMA: Factor Mantenimiento

A: Factor de determinar la hora de salida a partir del segundo viaje

N: Factor de relación entre las variables  $T_{IETOTALuz}$  y  $T_{uz}$

M: Factor de relación entre las variables  $X_{ijuz}$  y  $Y_{ijuz}$

R: Factor hora de inicio de recorrido

#### VARIABLES:

Tabla 10. Variables del modelo matemático para San Isidro Labrador S.R.L., en el año 2015

VARIABLE	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
Cantidad de carga a entregar	$X_{ijuz}$	Cantidad de carga a entregar en el lugar "j", partiendo del lugar "i" en el vehículo "u" en el viaje "z".
Entregar la carga	$Y_{ijuz}$	1 Si se entrega carga en el lugar "j", partiendo del lugar "i" en el vehículo "u" en el viaje "z". 0 Si no se entrega carga en el lugar "j", partiendo del lugar "i" en el vehículo "u" en el viaje "z".
Tiempo del vehículo	$T_{IEMPOijuz}$	Tiempo en que se demora en ir del lugar "j", partiendo del lugar "i" en el vehículo "u" en el viaje "z".
Tiempo de desestiba	$T_{DESCijuz}$	Tiempo que se utiliza en bajar la carga en el lugar "j", partiendo del lugar "i" en el vehículo "u" en el viaje "z".
Cantidad de carga entregada	$CANTOTAL_{ijuz}$	Cantidad de carga entregada por el vehículo "u" en el viaje "z".
Hora de salida	$H_{SALIDAuz}$	Hora de salida del vehículo "u" en el viaje "z"
Tiempo total de reparto	$T_{IETOTALuz}$	Tiempo total utilizado por el vehículo "u" en el viaje "z"
Realizar el viaje	$T_{Suz}$	1 Si el vehículo "u" realiza el viaje "z", 0 Si el vehículo "u", no realiza el viaje "z"

Kilómetros del vehículo	KILOMETRAJE	Kilómetros recorridos por el vehículo “u” en el viaje “z”
-------------------------	-------------	---

Elaboración: Propia

**Datos:**

DEMANDA<sub>j</sub> = Demanda del lugar “j”, expresada en TM.

CAPACIDAD<sub>u</sub> = Capacidad del vehículo “u”, expresada en TM

VELOCIDAD<sub>u</sub> = Velocidad a la inversa del vehículo “u”, expresada en Hrs/km

COSTO<sub>u</sub> = Costo del vehículo “u” por consumo de petróleo expresado en S/. /km

TEST<sub>j</sub> = Tiempo de descarga de la demanda “j” en el destino “j” expresado en Hr./TM

D<sub>ij</sub> = Distancia del lugar “i” al lugar “j”, expresada en km

**Función objetivo:**

Minimizar =  $CMO * \sum_{u=1}^p \sum_{z=1}^q TIETOTAL + CMA * \sum_{u=1}^p \sum_{z=1}^q TIETOTAL + CCOM$

Programación LINGO: **MIN** = @SUM( VEHIVIA(U,Z): CMO \* TIETOTAL(U,Z)) + @SUM( VEHIVIA(U,Z): CMA \* TIETOTAL(U,Z)) + CCOM;

**Restricciones:**

Tabla 11. Restricciones del modelo matemático para San Isidro Labrador S.R.L., en el año 2015

RESTRICCIÓN	FORMULACIÓN MATEMÁTICA	PROGRAMA LINGO
Demanda	$\sum_{i=1}^n \sum_{u=1}^p \sum_{z=1}^q X_{ijuz} =$ Demanda <sub>j</sub> { $\forall j$ , donde: $i=1$ $\wedge j \neq 1 \vee i > j \wedge j \neq 1$	@FOR(DESTINO (J) : @SUM(RUTA(I,J,U,Z) (I#EQ#1 #OR# I#GT#J) #AND# J#NE#1 : X(I,J,U,Z)) = DEMANDA (J));
Cantidad de carga	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ijuz} =$ Canttotal <sub>uz</sub> { $\forall uz$ , donde: $i=1 \vee i > j$	@FOR( VEHIVIA (U,Z) : @SUM(RUTA(I,J,U,Z) (I#EQ#1 #OR# I#GT#J) #AND# J#NE#1 : X(I,J,U,Z)) = CANTOTAL (U,Z));
Capacidad	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=2}^m X_{ijuz} =$ Capacidad <sub>u</sub> { $\forall uz$ , donde: $i=1 \vee i > j$	@FOR( VEHIVIA (U,Z) : @SUM(RUTA(I,J,U,Z) (I#EQ#1 #OR# I#GT#J) #AND# J#NE#1 : X(I,J,U,Z)) < = (CAPACIDAD (U));
Tiempo del vehículo	$Y_{ijuz} * D_{ijuz} * Velocidad_u =$ Tiempo <sub>ijuz</sub> { $\forall ijuz$ : $i=1 \wedge j \neq 1$ $\vee i > j$	@FOR( RUTA(I,J,U,Z) (I#EQ#1 #AND# J#NE#1) #OR# I#GT#J : Y(I,J,U,Z) * D(I,J) * VELOCIDAD (U) = TIEMPO (I,J,U,Z));
Tiempo de descarga	TEST <sub>j</sub> * Demanda <sub>j</sub> * X <sub>ijuz</sub> = TDESC <sub>ijuz</sub> { $\forall ijuz$ , donde: $i=1 \wedge j \neq 1 \vee i > j$	@FOR( RUTA(I,J,U,Z) (I#EQ#1 #OR# I#GT#J) #AND# J#NE#1 : TEST(J) * DEMANDA(J)*X(I,J,U,Z) = TDESC(I,J,U,Z));



Tiempo total	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=2}^m TDESC_{ijuz} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \text{Tiempo}_{ijuz} = \text{Tietotal}_{ijuz} \{ \forall uz: i=1 \vee i>j \}$	@FOR( VEHIVIA(U,Z): @SUM(RUTA(I,J,U,Z)) (I#EQ#1 #AND# J#NE#1) #OR# I#GT#J : TDESC(I,J,U,Z)) + @SUM(RUTA(I,J,U,Z)) (I#EQ#1 #AND# J#NE#1) #OR# I#GT#J : TIEMPO(I,J,U,Z)) = Tietotal(U,Z));
Hora de salida	$\text{HSALIDA}_{u,z-1} + \text{Tietotal}_{u,z-1} - A * \text{TS}_{uz} \leq \text{HSALIDA}_{uz} \{ \forall uz, \text{donde: } z \neq 1 \}$	@FOR( VEHIVIA(U,Z)   @INDEX (VEHIVIA,U,Z) #AND# Z#NE#1 : HSALIDA(U,Z-1)+Tietotal(U,Z-1)- A*TS(U,Z) <=HSALIDA(U,Z));
Kilometraje	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (Y_{ijuz} * D_{ij}) - \text{Kilometraje}_{uz} = 0 \{ \forall ijuz, \text{donde: } i=1 \wedge j \neq 1 \vee i>j \}$	@FOR( VEHIVIA(U,Z)   @INDEX (VEHIVIA,U,Z) : @SUM (RUTA(H,K,U,Z)) (H#EQ#1 #AND# K#NE#1) #OR# H#GT#K : - KILOMETRAJE(U,Z)+ Y(I,J,U,Z) * D(I,J)) =0);
Costo del combustible	$\sum_{u=1}^p \sum_{z=1}^q (\text{Costo}_u * \text{Kilometraje}_{uz}) = \text{CCOM}$	@SUM(VEHIVIA(U,Z) : COSTO(U)*KILOMETRAJE(U,Z))=CCOM;

Elaboración propia

Se realizó las optimizaciones por pétalos y luego se unieron los clusters con los clientes más cercanos al depósito, obteniéndose el ruteo por cada pétalo y el ruteo general. (Anexo Figura 5, 6, 7, 8, 9)

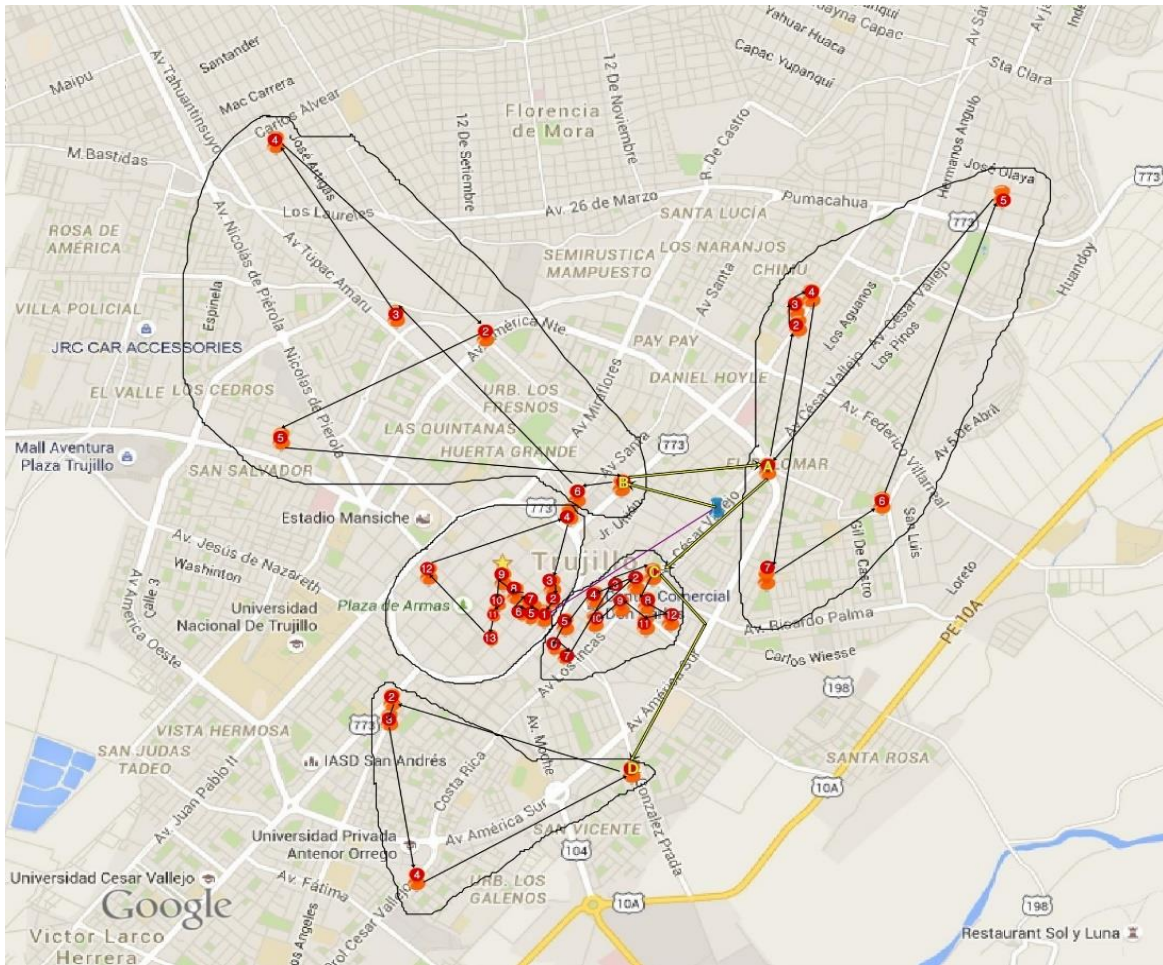


Figura 10. Ruteo de vehículos con algoritmo de pétalos de San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015

Fuente: LINGO System, Google Maps.

Tabla 12. Costos optimizados por Algoritmo de pétalos de San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015

CLUSTER	RUTA	COSTO (S/.)	DISTANCIA IDEAL (Km)	TIEMPO TOTAL (Hr)
1	A-2-3-4-7-6-5-A	1343.72	6.92	30.58086
2	B-6-3-4-2-5-B	483.78	18.14	11.01005
3	C-8-12-11-9-10-2-4-5-6-7-3-C	1321.72	14.40	22.894488
4	D-2-3-4-D	573.29	7.84	13.04717
5	0-9-7-8-6-5-14-1-3-2-13-11-10-12-4-0	1005.98	10.46	30.08009
6	0-B-A-C-D-0	475.29	12.6	10.81681
<b>Total</b>		<b>5203.79</b>	<b>70.37</b>	<b>118.42947</b>

Elaboración: Propia

Fuente: Empresa San Isidro Labrador S.R.L., LINGO Systems

### 3.6. Impacto del modelo matemático de planificación de rutas en los costos de reparto de carga

#### 3.6.1. Análisis técnico

El costo real obtenido es de S/. 9241.284 en el mes de agosto (Anexo Tabla 11) y el costo optimizado es S/.5203.79; entonces el porcentaje de ahorro obtenido es:

$$\text{Ahorro}(\%) = \frac{\text{Costo}_{\text{actual}} - \text{Costo}_{\text{modelado}}}{\text{Costo}_{\text{actual}}} \times 100$$

$$\text{Ahorro}(\%) = \frac{9241.28 \text{ S/./mes} - 5203.79 \text{ S/./mes}}{9241.28 \text{ S/./mes}} \times 100 = 43.7\%$$

El modelo matemático de algoritmo de pétalos reduce 43.7% los costos de distribución. De la misma forma la distancia real empleada es de 139.099 km reduciendo 49.4% la distancia recorrida entre nodos modelado en el ruteo.

#### 3.6.2. Análisis inferencial

Para analizar muestras pareadas entre el costo actual y costo modelado de cada cliente se efectuó la diferencia entre ellos a fin de probarlos estadísticamente en el software SPSS Vs 22.

Tabla 13. Diferencia de muestras pareadas entre costo actual y costo modelo por cliente del reparto de carga de San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015

Clientes																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Costo Actual (S/.)	277.6	200.5	286.5	140.2	172.9	125.1	153.6	123.8	209.3	193.2	113.8	285.9	241.3	195	257	137.5	104.8	131.3	253.9	120.4	163.6	162.1
Costo Modelado(S/.)	100.2	48.45	16.86	54.07	26.66	54.05	68.2	67.35	50.35	52.15	96.85	174.6	73.79	57.17	157.6	44.48	44.62	69.86	70.86	61.59	105.2	136.8
Diferencia (S/.)	177.5	152.1	269.6	86.09	146.2	71.06	85.43	56.43	159	141	16.94	111.4	167.5	137.8	99.33	93	60.17	61.45	183	58.78	58.42	25.31

Clientes																							
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Costo Actual (S/.)	264.8	193.3	294.4	252.2	199.3	259.3	208.6	287.9	234.8	255.8	146.8	106	149.3	116.8	217.1	287.1	300.5	298.4	271.4	223.5	148.5	243.1	231.3
Costo Modelado(S/.)	207	164.5	30.23	44.52	70.38	254	193.9	93.46	51.06	98.35	192.1	25.36	176.2	114.8	139.3	194.1	236.2	47.15	108.9	257.3	151.5	181.8	122.6
Diferencia (S/.)	57.88	28.85	264.2	207.7	128.9	5.24	14.69	194.5	183.8	157.4	-45.3	80.61	-26.9	1.96	77.72	93.08	64.31	251.2	162.5	-33.9	-3.03	61.28	108.7

Elaboración: Estadística y muestreo, Martínez Ciro  
Fuente: Empresa San Isidro Labrador S.R.L., LINGO Systems

### 3.6.2.1. Prueba de Normalidad

Para validar la hipótesis se realizó primero la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk a la muestra de 45 clientes a la variable costos de distribución, teniendo como hipótesis:

Ho: Los costos de distribución tienen un comportamiento normal.

H1: Los costos de distribución no tienen un comportamiento normal.

Tabla 14. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la diferencia de los costos de distribución Pre modelo y Post modelo en la empresa San Isidro Labrador S.R.L.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
DIFERENCIA	,977	45	,503

Fuente: Empresa San Isidro Labrador S.R.L., LINGO Systems Estadístico SPSS

Obteniéndose  $p = 0.503$  mayor a la significancia de 5% por tanto se acepta Ho: el costo de distribución tiene una distribución normal.

### 3.6.2.2. Prueba Inferencial

Luego se realizó la prueba de contrastación de hipótesis con la prueba estadística de t-student a la variable costos de distribución, teniendo como hipótesis:

Ho: El modelo matemático de rutas no minimiza los costos de reparto de carga.

H1: El modelo matemático de rutas minimiza los costos de reparto de carga.

Tabla 15. Prueba estadística t-student para contrastación de hipótesis

Estadísticas de muestras emparejadas			
	Media	N	Desviación estándar
			Media de error estándar

Par 1	PRE_MODELO	205.3122	45	62.37835	9.29882
	POST_MODELO	153.0289	45	136.96854	20.41806

**Prueba de muestras emparejadas**

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
Par					Inferior	Superior			
Par 1	PRE_MODELO - POST_MODELO	52.28333	141.32970	21.06819	9.82319	94.74348	2,482	44	,017

Fuente: Empresa San Isidro Labrador S.R.L., LINGO Systems Estadístico SPSS

Al ser  $p = 0.017$  menor a la significancia 0.05 se rechaza  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ , por ende el modelo matemático de rutas minimiza los costos de reparto de carga.

#### IV. DISCUSIÓN

- La encuesta de satisfacción aplicada a la muestra de 161 clientes determinó que 45 clientes están insatisfechos por el servicio de reparto, siendo estos los clientes elegidos para desarrollar el modelo matemático; no obstante la investigación hecha por Gonzales Daniel solo consideró como insumo de su modelo matemático la muestra de su población sin ningún otro criterio como así lo estableció la presente investigación la cual tomó en cuenta la satisfacción del cliente en base a la calidad del servicio recibido que depende de las diferentes características del servicio como puntualidad, rapidez, seguridad e higiene, fiabilidad y condiciones impuestas por el cliente (BALLOU, 2004). Estos métodos permiten reconocer a la proporción de clientes insatisfechos de la muestra poblacional de los diferentes distritos siendo de menor magnitud para el modelo matemático de rutas.
- El mapeo de clientes permitió ubicarlos geográficamente en Google MAPS y hallar la distancia real por carretera que realiza el origen al visitar cada uno de los destinos, esto facilitó la unión de los clientes por cercanía de puntos y permitió formar los 5 *clusters* para el algoritmo de pétalos; sin embargo, la investigación realizada por E. J. Manleya consideró la decisión de elegir una ruta en las zonas urbanas y la cognición humana de optar por la ruta modelada en el sistema; este análisis permitió que la elección de ruta sea óptima a partir de la decisión que toma el conductor en el momento; para lograr dicha decisión en este estudio se realizó el seguimiento de las rutas frecuentes que toma el conductor mediante una Hoja de ruta que es una adaptación de un estudio de tiempos de cronometraje continuo para un vehículo (GARCÍA, 1999); pues permitió describir la trayectoria del vehículo en la visita a los clientes y optar por la ruta frecuente; aunque es ideal que solo exista una ruta pues el conductor debe decidir entre 2 o más alternativas pero solo una es óptima y es en la que se basa el presente estudio.
- Los costos del reparto que se empleó son los costos operativos de combustible, mano de obra y mantenimiento ya que se consumen en todas las actividades del reparto, pues en ellas se mostró el impacto del modelo matemático; en las investigaciones de de Cadillo José, Gonzales Daniel y E. J. Manleya fueron exceptuados dichos costos debido a que solo analizaron

las distancias entre nodos para hallar la secuencia de visitar los clientes; adicional a esto las investigaciones de Pérez Cecilia y Silva Consuelo solo consideraron el costo de combustible de cada vehículo como restricción al modelo; a pesar que el costo de mano de obra representa el mayor porcentaje de los costos totales por las aportaciones de la empresa al trabajador y de indemnizaciones si existiese, este costo es afectado por el número de personal (estibadores) contratado mensual que difiere de otros meses por temporadas según requiera la demanda; así mismo no se consideró el costo de mantenimiento a los vehículos de carga lo cual es vital para la disponibilidad de camiones ya que permite prolongar la vida útil de los vehículos y prever los repuestos para prolongar su operatividad. Razones por lo cual la presente investigación consideró incluirlos como parte de la función objetivo; ya que la empresa no solo quiere minimizar las distancias y el consumo de combustible, también quiere optimizar los costos de mano de obra y mantenimiento por cada visita al cliente a fin de obtener una mayor ganancia.

- El software LINGO permitió expresar el modelo matemático en el lenguaje de modelado, pues programó a las sumatorias y las variables subindicadas de la restricción en una sola sintaxis para todos los datos ingresados en el modelo y facultó optimizar el modelo de rutas rápidamente (LINDO Systems, Inc., 2003); así mismo las investigaciones de Gonzales Daniel, Cadillo José y E. J. Manleya emplearon el software LINDO solo tiene una interfaz de programación y limita el número de variable y restricciones a emplear, pues en estos estudios solo se tomó la restricción de distancias entre nodos; obviándose las restricciones hechas en este estudio de capacidad, tiempo de visita por cliente y kilometraje de cada camión, con los cuáles se determinó el ruteo con mayor reflejo de la realidad del servicio del reparto de carga.
- Se eligió el modelo matemático de algoritmo de pétalos, desarrollándolo en el software LINGO para optimizar la variable con los parámetros de origen, destino, vehículo y viaje de los 5 *clusters* en Trujillo para rutear cada pétalo, logrando reducir en un 49.4% los km recorridos por el vehículo, determinando el orden de repartir la carga con el menor costo teniendo el

tiempo de descarga por cliente y el tiempo del vehículo en ruta; del mismo modo Gonzales Daniel empleó el algoritmo de pétalos a con el criterio de un solo un pétalo reduciendo un 33.3% los km recorridos. este criterio no siempre es el mismo como se pudo ver en la investigación de Cadillo José quién realizó un mapeo de los 42 puntos de venta para la resolución del VRP (Vehicle Routing Problem) empleando el Modelo matemático de Cercanía de puntos con el cual logró reducir en un 14.11% los km recorridos, de igual forma la investigación realizada por E. J. Manleya empleó el desarrollo heurístico de elección de itinerarios, con el cual logró reducir la distancia media observada en un 98.03%; siendo este heurístico el que mayor reducción tuvo en distancia recorrida ya que abala las distancias por carreteras y las rutas frecuentes tomadas por decisión de los conductores. Cabe señalar sin embargo, que los criterios usados dependen de la naturaleza del estudio, pues el método de los pétalos es apropiado para para la cantidad de clientes ya que respeta la restricción de capacidad de variables Siendo estas las características de la realidad donde se aplicó; por su parte la cercanía de puntos se emplea cuando la distancia entre nodos es menor, pese a esto no fue tomado erróneamente por Cadillo pues esto no está contemplado en su realidad ya que obvia el resto de pétalos para el impacto de toda la muestra de clientes.

- Se probaron estadísticamente los datos antes y después de aplicado el modelo. Primero se realizó la prueba de normalidad con Shapiro Wilk al ser la muestra de 45 clientes; pues se considera para muestras pequeñas  $< 50$  (MARTÍNEZ, 2012) y luego la prueba estadística de contrastación de hipótesis t-student  $p = 0.017$  menor a la significancia 0.05; no obstante las investigaciones realizadas por Pérez Cecilia y Silva Consuelo solo realizaron prueba de normalidad Kolmogorov Smirnov a una muestra de 11 proveedores eludiendo la prueba estadística de contrastación de hipótesis en minimizar el costo de combustible y el costo de merma.

## V. CONCLUSIONES

- La empresa tiene trayectoria en el mercado trujillano, pues percibe ingresos por la lealtad de sus clientes hecho que demostró la encuesta de satisfacción de calidad del servicio del reparto de carga, pues el 68% de clientes poseen un nivel de satisfacción medio, pero no lo excluye que alguna vez recibió un mal servicio del reparto de carga.
- Se determinó que no existe un único criterio para elegir un modelo de rutas, esto depende de la realidad específica y de la habilidad del investigador, para abstraer de la realidad las variables y restricciones que verdaderamente afectan a la gestión de distribución estudiada.
- Se consideró como variables para alimentar el modelo matemático de algoritmo de pétalos: el número de orígenes, destinos, vehículos y viajes; factores de costo. Y como restricciones: demanda, cantidad de carga, capacidad, tiempo del vehículo, tiempo de desestiba, tiempo total, hora de salida y kilometraje, lo cual fue adecuado pues se ajustó a la realidad problemática y a los objetivos empresariales.
- El modelo matemático desarrollado permitió reducir los costos de reparto un 43.7%; en costo de combustible empleado obtuvo una reducción de 33.5%; el costo de mano de obra disminuyó un 30.04%; en cuanto al costo de mantenimiento generado es de S/.172.95 para su posible uso como mantenimiento preventivo.
- Se probó la hipótesis con la prueba estadística t-student obteniéndose  $p = 1.7\%$  menor el 5% de error aceptado por la prueba por ende se acepta que la aplicación de un modelo matemático de planificación de rutas minimiza los costos del reparto de la empresa San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015.



## **VI. RECOMENDACIONES**

- Capacitar al personal encargado de reparto la interpretación del reporte en LINGO Sytems además de dar seguimiento a las rutas obtenidas en LINGO y a las realizadas por el conductor.
- Revisar periódicamente el número de clientes y los datos para la corrida del sistema; además de las variables para su continua mejora.
- Prever el abastecimiento de combustible si el camión va en ruta y se abastece incluirlo en el modelo, o si lo realiza al término de la ruta.
- Establecer como parte de la cultura de mejora continua el medir periódicamente la satisfacción de los clientes para tomar medidas correctivas, y con ello mejorar su fidelidad hacia la empresa.
- Realizar el estudio de tiempos para la desestiba con implementos de seguridad y con métodos ergonómicos, para mejorar la calidad laboral y verificar los beneficios de la gestión de seguridad y Salud Ocupacional sobre el desempeño de los colaboradores.

## VII. REFERENCIAS

### a) Textos

**BALLOU, Ronald.** *Lógica, Administración de la Cadena de Suministro.* México D.F. : PEARSON Educación, 2004. ISBN: 9702605407.

**BEASLEY, J.** *Omega.* EE.UU. : Elsevier Ltd., 1983. págs. 403-408. Vol. 11. 03050483.

**BELFIORE, Patricia y YOSHIZAKI, Hugo.** *Computers & Industrial Engineering.* EE.UU. : Elsevier Ltd., 2012. págs. 589-601. Vol. 64. 03608352.

**BERNAL, César.** *Metodología de la Investigación .* Bogotá : Pearson Ed., 2010. ISBN:9789586991285.

**CASTELLANOS, Andrés.** *Manual de gestión logística y del transporte y distribución de mercancías.* [ed.] Universidad del Norte. Ediciones Uninorte. Barranquilla : s.n., 2009. pág. 260. ISBN:9789587410013.

**CHAVEZ, Rodolfo y TORRES, Jorge.** *Supply Chain Management.* Segunda ed. Santiago de Chile : RIL editores, 2012. pág. 32. ISBN:978-956-284-909-8.

**DAVAENDRA, Donald.** *Traveling Salesman Problem: an Overview of Applications, Formulations, and Solution Approaches.* EE.UU. : INTECH, 2010. ISBN:9789533074269.

**FRANCESCO, Anton.** *Logística del transporte.* Madrid : Ediciones UPC, 2005. ISBN:9788483017739.

**GARCÍA, Roberto.** *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo.* México D.F. : Mc Graw Hill, 1999. ISBN:970-10-4657-9.

**GOLDEN, B. [et al.].** *Computers & Operations Research.* EE.UU. : Elsevier Ltd., 1984. págs. 49-66. Vol. 11. 03050548.

**HILLER, Frederick y LIEBERMAN, Gerald.** *Investigación de Operaciones.* 7 ed. México D.F. : Mc Graw Hill, 2002. ISBN:9789701034.

**HILLER, Frederick y LIEBERMAN, Gerald.** *Introducción a la Investigación de operaciones.* Quinta ed. México D.F. : McGRAW-HILL, 2010. págs. 2-3. 9786071503084.

**HIMMELBLAU, David y BISCHOFF, Kenneth.** *Análisis y Simulación de procesos.* Madrid : Editorial Reverte, 1992. ISBN:9788429172355.

**KONG, Maynard.** *Investigación de Operaciones.* 1 edición. Lima : Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2010. pág. 300. ISBN:9789972429217.

**MARTÍNEZ, Ciro.** *Estadística y Muestreo.* Bogotá : Ecoe Ediciones, 2012. ISBN:978958648702-3.

**MORA, Luis.** *Gestión logística integral : las mejores prácticas en la cadena de abastecimientos.* Primera ed. Bogotá : Ecoe Ediciones, 2010. pág. 210. ISBN:9789586485722.

**SUNIL, Peter.** *Administración de la Cadena de Suministro. Estrategia, planeación y operación.* México : PEARSON Educación, 2008. ISBN:978-970-26-1192-9.

**TAHA, Hamdy.** *Investigación de Operaciones*. Novena ed. México D.F. : PEARSON, 2012. pág. 11. ISBN:9786073207966.

**TRIOLA, Mario.** *Estadística*. México D.F. : PEARSON, 2009. ISBN:789702612872.

**WEATHERFORD, Moore, SCHMIDT, Gould y EPPEN.** *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa*. Quinta ed. México D.F. : Prentice-Hall, 2000. pág. 68. 9701702700.

**WINSTON, Wayne.** *Investigación de Operaciones: Aplicaciones y Algoritmos*. Cuarta ed. México D.F. : Thomson, 2005. págs 20-24. ISBN: 9706863621.

**WREN, Anthony.** *Computers in transport planning and operation*. EE.UU. : Universidad de Wisconsin - Madison, 1971. ISBN:9780711002357.

b) Informes

**CADILLO, José.** *Estudio comparativo de la aplicación de heurísticas al problema de ruteo de vehículos*. Trabajo de Titulación (Ingeniero Industrial) Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011. 70p.

**GONZALES, Daniel.** *Optimización del sistema de control de verificación de supervivencia de pensionistas de renta vitalicia en una compañía aseguradora*. Trabajo de Titulación (Ingeniero Industrial) Lima, Perú : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011. 86p.

**MANLEYA, E.** *A heuristic model of bounded route choice in urban areas*. Trabajo de Titulación (Environment and Geomatic Engineering) Londres, Inglaterra : University College London, 2014.

**PÉREZ, Jimena y PIMENTEL, Consuelo.** *Optimización del transporte de materia prima de una empresa esparaguera*. Trabajo de Titulación (Ingeniero Industrial) Trujillo, Perú : Universidad Nacional de Trujillo, 2000.

*The Vehicle Routing Problem: An overview of exact and approximate algorithms.* **LAPORTE, GILBERT.** 1991. 6128, Montreal : European Journal of Operational Research, Vol. I. H3C 3J7.

c) Lincografía

**Instituto Nacional de Estadística e Información** . Transportes y Comunicaciones [En línea]. Perú: INEI. *inei.gob.pe*. 06 de Junio de 2014. [Fecha de consulta: 11 de Abril de 2015.] Disponible en: <http://www.inei.gob.pe/>

**LINGO Systems, Inc.** LINGO User's Manual. *LINGO Web site*. [En línea] 2003. [Citado el: 3 de Junio de 2015.] Disponible en: <http://www.lindo.com> .

**Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Oficina de Estadística.** Indicadores [En línea]. Sectoriales Perú: MTC. *mtc.gob.pe*. [En línea] Mayo de 2013. [Citado el: 11 de Abril de 2015.] Disponible en: [http://www.mtc.gob.pe/estadisticas/indicadores\\_sectoriales.htm](http://www.mtc.gob.pe/estadisticas/indicadores_sectoriales.htm). 2013-07609.

# **ANEXOS**

## A) Anexo Tablas

Tabla 1: Sistema de valoración Westinghouse

SISTEMA DE VALORACIÓN WESTINGHOUSE PARA HALLAR EL TIEMPO NORMAL DE REPARTO DE CARGA DE LA EMPRESA SAN ISIDRO LABRADOR, 2015-I											
HABILIDAD			ESFUERZO			CONDICIONES			CONSISTENCIA		
+0.15	A1	Habilísimo	+0.13	A1	Excesivo	+0.06	A	Ideales	+0.04	A	Perfecta
+0.13	A2	Habilísimo	+0.12	A2	Excesivo	+0.04	B	Excelentes	+0.03	B	Excelente
+0.11	B1	Excelente	+0.10	B1	Excelente	+0.02	C	Buenas	+0.01	C	Buena
+0.08	B2	Excelente	+0.08	B2	Excelente	0.00	D	Medias	0.00	D	Media
+0.06	C1	Bueno	+0.05	C1	Bueno	-0.03	E	Regulares	-0.02	E	Regular
+0.03	C2	Bueno	+0.02	C2	Bueno	-0.07	F	Malas	-0.04	F	Mala
0.00	D	Medio	0.00	D	Medio						
-0.05	E1	Regular	-0.04	E1	Regular						
-0.10	E2	Regular	-0.08	E2	Regular						
-0.16	F1	Malo	-0.12	F1	Malo						
-0.22	F2	Malo	-0.17	F2	Malo						

Fuente: Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo. México: Mc Graw Hill, 1999.

Tabla 2: Sistema de suplementos por descanso en porcentaje de los tiempos básicos

<b>SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO EN PORCENTAJE DE LOS TIEMPOS BÁSICOS PARA CALCULAR EL TIEMPO ESTÁNDAR DEL REPARTO DE CARGO EN SAN ISIDRO LABRADOR S.R.L., 2015</b>		
	H	M
<b>1.- SUPLEMENTOS CONSTANTES</b>		
SUPLEMENTOS POR NECESIDADES PERSONALES	5	7
SUPLEMENTO BASICO POR FATIGA	4	4
<b>SUMA</b>	<b>9</b>	<b>11</b>
<b>2.- CANTIDADES VARIABLES AÑADIDAS AL SUPLEMENTO BASICO POR FATIGA</b>		
<b>A. SUPLEMENTO POR TRABAJAR DE PIE</b>		
	2	4
<b>B. SUPLEMENTO POR POSTURA ANORMAL</b>		
I. LIGERAMENTE INCOMODA	0	1
II. INCOMODA (INCLINADO)	2	3
III. MUY INCOMODA (ECHADO, Estirado)	7	7
<b>C. LEVANTAMIENTO DE PESO Y USO DE FUERZA (TIRAR, EMPUJAR)</b>		
2.5 .....	0	1
5.0 .....	1	2
7.5 .....	2	3
10 .....	3	4
12.5.....	4	6
15 .....	6	9
17.5.....	8	12
20 .....	10	15
22.5.....	12	18
25 .....	14	-
30 .....	19	-
40 .....	33	-
50 .....	58	-
<b>D. DENSIDAD DE LA LUZ</b>		
I. LIGERAMENTE POR DEBAJO DE LO RECOMENDADO	0	0
II. BASTANTE POR DEBAJO	2	2
III. ABSOLUTAMENTE INSUFICIENTE	5	5
<b>E. CALIDAD DEL AIRE</b>		
I. BUENA VENTILACION O AIRE LIBRE	0	0
II. MALA VENTILACION SIN EMANACIONES	5	5
<b>TOXICAS Y NOCIVAS</b>		
III. PROXIMIDAD DE HORNOS, ESCALERAS, ETC.	5-15	5-15
<b>F. TENSION VISUAL</b>		
I. TRABAJOS DE CIERTA PRECISION	0	0
II. TRABAJOS DE PRECISION FATIGOSOS	2	2
III. TRABAJOS DE GRAN PRECISION O MUY FATIGOSOS	5	5
<b>G. TENSION AUDITIVA</b>		
I. SONIDO CONTINUO	0	0
II. INTERMITENTE Y FUERTE	2	2
III. INTERMITENTE Y MUY FUERTE	5	5
IV. ESTRIDENTE Y FUERTE	5	5
<b>H. TENSION MENTAL</b>		
I. PROCESO BASTANTE COMPLEJO	1	1
II. PROCESO COMPLEJO O ATENCION MUY DIVIDIDA	4	4
III. MUY COMPLEJO	8	8
<b>I. MONOTONIA MENTAL</b>		
TRABAJO ALGO MONOTONO	0	0
TRABAJO BASTANTE MONOTONO	1	1
TRABAJO MUY MONOTONO	4	4
<b>J. MONOTONIA FISICA</b>		
I. TRABAJO ALGO ABURRIDO	0	0
II. TRABAJO ABURRIDO	2	2
I. III. TRABAJO MUY ABURRIDO	5	2

Fuente: Introducción al estudio del trabajo O.I.T.

Tabla 4: Muestra de clientes de la empresa San Isidro Labrador S.R.L.

**MUESTRA DE CLIENTES A ENCUESTAR PARA DETERMINAR LA SATISFACCIÓN DEL REPARTO DE MERCADERÍA DE LA EMPRESA SAN ISIDRO LABRADOR EN TRUJILLO, 2015**

Razón Social	Dirección	Razón Social	Dirección
Ymys Electronic Sa	Sinchi Roca 329	Tiendas Tia Sac	Cal Manuel Asencio Segura 322 Urb Palermo
Agricola Mirinsa Eirl	Panamericana Norte 1525	Rumi Import Sa	Prolong. Inio 2018 La Riconada
Paredes Días Maria Olinda	Pasaje Albarracin 336 Urb Palermo	Julio Lau Sa	Gamarra 663
BG ELECTRICISTAS INDUSTRIALES EIRL	Union 349 Barrio La Intendencia Trujillo	Agrotecnologia Eirl	Mz B Lote 10 A Urb Los Portales
Femaco Srl	Av Victor Larco 1367 Urb La Merced	Distribuidora Planiplastic Sac	Av Ricardo Plama 203 Urb Palermo
Wang De Ping	Mz V Int 101 Lte 10 Urb La Merced	Guerrero Martinez Henry	Av Cesar Vallejo 297
XIE SHI YA	Av America Sur 4172 Urb San Andres	Avalos Pozo Carmen Elena	Mercado Mayorista
Casa Solano Sac	Av Larco 1341 Urb La Merced III Trujillo	Rosas Pineda Eulogio	Prolong Union 1835 Urb Los Granados
Maviks Brasil Eirl	Ayacucho 642	DINABINSE SAC	Prolong Vallejo 1623
Ferreteria Larco SRL	Av Larco 900 Urb San Andres	Venegas Gutierrez Silvia Del Pilar	Av Españaint A 62 A Trujillo
Grupo Empresarial Alfer Sac	Av. 28 De Julio 504	Bobadilla Alvarez Linda Jenny	Jr Gamarra 851 CC El Virrey
Haro Vargas Walter Evelio	Ayacucho 580	Librería Bazar Fabiana Eirl	Psj San Agustin 110
Caycho Salcedo Elva Amalia	Jr. Grau 400 Int A5 Cboulevard 1 Piso	Inversiones Sllirka Sac	Av Teresa De Jesús Mz C Lote 01 Monserrate
Latin Audio Eirl	Av España 2224	Castillo Rodriguez David Alonso	Av Nicolas De Pierola 1642 Alto Chicama
Ordinola Nureña Cesar Vidolino	Jr Gamarra 664	Alvarado Castillo Angelita	Jr Sinchi Roca 651 Barrio Chicago
Julio Campana Jimeno SAC	Jr Bolivar 608	Maurici Luna Victoria Rodrigo Alberto	Cal Los Diamantes 125 Urb Santa Ines
Repuestos Santa Monica SAC	Av Cesar Vallejo 773 Urb Palermo	Cespedes De Los Santos Carlos	Sinchi Rocacquad 1 Mercado Mayorista
Mangueras Hidraulicas Eirl	Av Cesar Vallejo 826 Urb Palermo	Vargas Horna Segunda Lucia	Gamarra 885
García Cribilleros Augusto Marcos	Av Cesar Vallejo 2007 La Rinconda	Merceria Viky Mervik Sac	Mcdo Indoamericano Pto 538 Urb Santo Dominguito
Matizados Oriente Eirl	Union 1835 Urb Los Granado	Lam Reyes Rosa	Aguaytia 157
Sistemas Hidraulicos Sanches Rivas Eirl	Av America Norte 1479 Urb Las Quintanas	Compen Kong Genaro	Gamarra 791
Distribuidora Marco Antonio Sac	Mz H Lote 36 Urb San Isidro	Ferreteria Rodriguez Eirl	Republica De Panama 425 Urb Torres Araujo
Kcomt De Zavala Maria Adela	Gamarra 768	Ramos Marrufi Jose	Albarracin 386
Tecnoplast Srl	Colon 768	Distribuidora Paperisa Sa	Mz Y Lote 9 Urb San Andres 5 Etapa
Muebles Y Diseños Sac	Mz B Lote 5 A Semirustica Mampuesto	Distribuidora Ferretera Amiga Sac	Albarracin 325
Correa Estrada Juan Bautista	Jr. Manuel Encinas 119 Urb Miraflores	Agrotecnia Solucion Sac	Av Cesar Vallejo 320
Jahaira Yana Daniel	Av Perú Mercado Union Int 543	Inversiones Y Servicios Tiara Sac	Prolong Union 2018
Urtecho De Cipriano Blanca Estela	Av Eguren Sur 146 Urb Chicago Trujillo	Comercial Hatada Eirl	Gamarra 557
Amparito Inversiones Sac	Cal Manuel Asencio Segura 255 Urb Palermo	Rojas Serna Juan	Orbegoso 172
Grupo Moreno Eirl	Jr Asencio Segura 247 Urb Palermo	Distribuidora Agroveterinaria Trujillo Sac	Av Cesar Vallejo 368
Inversiones Y Servicios Tiara Sac	Prolong Union 2018	Repuestos Santa Monica SAC	Av Cesar Vallejo 773 Urb Palermo
Depositos El Palomar	Tupac Amaru 1417 Urb Alto Chicama	Distribuidora Marco Antonio Sac	Mz H Lote 36 Urb San Isidro
Tiendas Reyes Srl	Av Jose Maria Eguren Norte 136	Tienda Gigante Eirl	Av España 2187 Urb Sabta Maria
Vera Cueva Vilma	Colon 755	Medina Rabinez Gabriel	Cal Jose Ortigas 1374 La Esperanza
Inversiones Sani Peru Sac	Av Peru 547	Pretell Cruz Corina Noemi	Av 26 De Marzo 963 Florencia De Mora
Nessil Eirl	Cal Leonidas Yerovi 201 El Porvenir	Librería Bazar Fabiana Eirl	San Agustin 110
Gopesa El Constructor Sac	Av Pucamahua 1562 El Porvenir	Sandoval Vargas Jessica	Junin 822
Gil Rodriguez Wilder	Av America Sur 714	Chinchay Huancas Felicitia	Av Cesar Vallejo 195

Perfiles Y Proyectos Metalicos Eirl	Av Mariano Melgar 440 Urb Santo Dominguito	Agroinversiones Del Valle Sac	Av Cesar Vallejo 286
Cheng Blando Fernando	Jr Puno 554	Textil Del Carmen Sac	Cal Huascar 230
J.R. Distribuidor Eirl	Jr Union 575 Urb Aranjuez	La Casa Del Perno Srl	Prolon Union 1987
Coniri Esparza Sac	Av Peru 446	Probinse Industrial Sac	Av America Sur 692
Tecnoplast Srl	Colon 768	Makel Inversiones Y Promociones Eirl	Psj Las Golondrinas 265 Urb Los Pinos
Julio Campana Jimeno SAC	Av Bolivar 608	BG ELECTRICISTAS INDUSTRIALES EIRL	Union 349 Barrio La Intendencia Trujillo
Bazar Toshi Sac	Gamarra 639	Maviks Brasil Eirl	Ayacucho 642
Ferreteria Oriental Srl	Gamarra 756	Corporacion Farro Sac	Orbegoso 548
Textil Huascar Srl	Jr Huascar 230 Urb Santa Maria	Vargas Castro Francisco	Av America Sur 583
Atencia Sisneros Jhon	Av Jose Maria Eguren 293	Vasquez Escobedo Cinthia	Av España 2132
Rey Vin Sac	Cal Guzman Barron 975 Urb El Bosque	Arana Seminario Marleny	Av España CC El Virrey
Procesos Y Productos Quimicos Srl	Cal. Teofilo Castillo 1017 Urb El Bosque	Montero Trujillo Justina	Psje Para Del Riego 456
Rojas Gonzales Jose Luis	Mercado La Hermelinda	Distribuidora Ferretera Amiga Sac	Psje Gregorio Albarracin 325
Gomez De Neciosup Eusebia	Mercado Mayorista	Via Solutec Sac	Av Jose Maria Eguren Sur 333
Medina Anticona Miguel	Mro Zonal Palermo	Rafael Raymundo Leny	Av Jose Maria Eguren 115
Chinchay Huancas Felicita	Av Cesar Vallejo 195	Corinor Eirl	Cal Gregorio Albarracin 305 Urb Chicago
Utiles Oficina Asi Sac	Jr Diego De Almagro 239-241	Tortol Chavez Johanna	Av Jose Maria Eguren Sur 344 Urb Palermo
Maurici Luna Victoria Rodrigo Alberto	Cal Los Diamantes 125 Urb Santa Ines	Distribuidora Milagritos Jkm Eirl	Av Gonzales Prada 151 Barrio Chicago
Distribuidora Ferretera Srl	Av Husares De Junin 374 Urb La Merced	B Esparza Y Cia Sa	Av Peru 446
Acuña Urrutia Regulo	Av Condorcanqui 2153 La Esperanza	Vera Cueva Vilma	Jr Colon 755
Chingn Plast Eirl	Jr Sinchi Roca 1059	Julio Campana Jimeno SAC	Av Bolivar 608
Asbear International Sac	Av Gonzales Prada 151 Barrio Chicago	Julio Lau Sa	Gamarra 663
Daysa Representaciones E	Cal Cedros 109 Int 3 Urb Fatima	Inversiones El Pozito Sac	Jr Colon 786
Importaciones Srl			
Quezada Gamarra Segundo	Av Santa 331 El Molino	Gabriella Perfumeria Eirl	Jr Gamarra 708
Importaciones Peruvian Sa	Prolong Union 1849	Tifannys La Perfumeria Srl	Jr Gamarra 724
Ramirez Lujan Hector Manuel	Av Condorcanqui 2257 La Esperanza	Cruz Quito Alvaro	Av Sinchi Roca 1176 Urb Palermo
Bodegas Y Viñedos Sac	Benavides 474 Mirafloers	Maviks Brasil Eirl	Jr Ayacucho 576
Rafael Jara Carlos Manuel	Tupac Amaru 305 Urb Huerta Grande	Inversiones R&M Sac	Av Peru 588
Rodriguez Mantilla Jose Manuel	Mercado Central	Ventas Y Servicios Titanics Eirl	Av Peru 528 Urb La Intendencia
Calvanapon Velasquez Milagritos	Mz K Lt 6 Urb Los Portales	Torres Ambrocio Nanci	Av Jose Maria Eguren Norte 185
Via Solutec Sac	Av Jose Eguren 333	Textil Huascar Srl	Jr Huascar 230 Urb Santa Maria
Calvanapon Velasquez Milagritos	Mercado Mayorista	Solutions Electronic Sac	Cal Huayna Capac 133 Urb Santa Maria
Infantes Alegria Gladis	Psje Albarracin 217 Urb Palermo	Electronica Peter Sac	Cal Sinchi Roca 306 Urb Santa Maria I
Agroinversiones Del Valle Sac	Av Cesar Vallejo 286	San Remo Sa	Av Husares De Junin 450
Corporacion Mios Sac	Av Cesar Vallejo 382 Urb Palermo	Caycho Salcedo Elva Amalia	Jr Grau 400
Chinchay Huancas Felicita	Av Cesar Vallejo 195	Espinal Cueva Santos	Av España 2001-Zona Franca
Guerrero Martinez Doris Mariza	Av Cesar Vallejo 297	La Floristeria Eirl	Aj Husares De Junin 316 Urb La Merced
Garcia Ventura Nelly Flor	Jr Gamarra 664	Goray Itakura Blanca	Jr Ayacucho 619
Ordonila Palacios Diego	Jr Grau 655	Max Sac	Jr Gamarra 717
Jca Electronics Eirl	Cal Sinchi Roca 310 Urb Barrio Chicago	Ramos Garcia Arabela	Av Peru 525 Barrio La Intendencia
Proquitech Service Srl	Jr Huascar 265 Urb Chicago	Productos Y Servicios De Mantenimiento Srl	Jr Bolivar 970
Representaciones Exclusivas Sac	Jr Huascar 252 Urb Santa Maria	Comercial Hatada Eirl	Jr Gamarra 557
Vereau Moreno Guillermo	Av Lon Incas 540	Cetpro Virgen De La Puerta Dori-Fer	Av España 180



Castillo Velasquez Carlos	Cal Atahualpa 428 Urb Santa Maria	Ferreteria Egular Sac	Av Eguren Norte 188 Urb Palermo
Corporacion Ferretera El Sol Sac	Psj Albarracin 299	Distribuidora Europlast	Av Jose Maria Eguren Sur 351
Castro Vasquez Gisella	Av Peru 397 Urb El Molino	Ferreteria Y Representaciones Los Leo Sac	Cal Gregorio Albarracin 382 Urb Chicago
Inversiones Sani Peru	Av Peru 547	Bazaares Sac	Jr Ayacucho 657
Tienda Gigante Eirl	Iav España 2187 Urb Santa Maria II	Inversioes Pucara Sac	Av Ricardo Palma 278 Urb Palermo
Cheng Blanco Fernando	Jr Puno 554	Distribuidora Mallpi Eirl	Av Ricardo Palma 243 Urb Palermo
Gil Rodriguez Wilder Alfredo	Av America Sur 714 Urb Palermo	Meza Yupanqui Mario	Psj Albarracin 352
Compañía Ferretera Kelly Sac	Av Peru 1286 Barrio El Molino	Repuestos Santa Monica SAC	Av Cesar Vallejo 773 Urb Palermo
Tecnoplas Srl	Jr Colon 768	Ferreteria Industrial Kou Sac	Av Cesar Vallejo 839 Urb Aranjuez
Fok Tou Sac	Cal Junin 750	Infantes Gonzales Dora	Av Husares De Junin 625 Urb Monserrate
Imprenta & Publicidad Fresita Eirl	Av España 1485	Distribuidora Ferretera Srl	Av Husares De Junin 374 Urb La Merced
Agropecuaria Jaos Sac	Av Cesar Vallejo 230 Urb Palermo	S&S Representaciones Sac	Av America Sur 552 Urb Palermo
Inver Agro Veterinarias Trujillo Sac	Av Cesar Vallejo 349 Urb Palermo	Disvar Lubricantes Sac	Av America Sur 583
Grupo Empresarial Alfer Sac	Jr Ayacucho 538	Luvisa Representaciones Eirl	Av America Sur 2177 Urb Los Pinos
García Miñano Sonia	Jr Gamarra 743	Parihuaman Saavedar Jesy	Av Ricardo Palma 989 Urb El Bosque
Kcomt Kooseng De Zavala Maria Adela	Jr Gamarra 768	Servicios Alimenticios M&A Sac	Av Juan Pablo II 155 Urb San Andres
Ferreteria Oriental Srl	Jr Gamarra 756	Centro Ferretero Solano Sac	Av Larco 1341 Urb La Merced III Trujillo
Ferreteria San Pedro Eirl	Av Los Incas 717	Bueno Gonzalez Eduardo Valentin	Av Victor Larco 1363 Urb La Merced
Mendoza Rodriguez Juan Carlos	Av Husares De Junin 513	Merino Mogollon Maria Felicia	Av Husares De Junin 1258 Urb La Merced
Distribuidora Davila Sac	Av Jose Maria Eguren 405 Urb Palermo	Librería Bazar Fabiana Eirl	Av Husares De Junin 1250 Urb La Merced
Ramos Asociados Srl	Av España 602	Ferro Plast International Sac	Av America Sur 1149 Urb Santo Dominguito
Probinse Industrial Sac	Av America Sur 692 Urb Palermo	Castillo Gonzales Edinson	Mz M Lt 13 Urb Santa Teresa De Avila
Distribuidora Planiplastic Sac	Av Ricardo Plama 203 Urb Palermo	Rodriguez Moreno Maria	Av 26 De Marzo 401 Florencia De Mora
Sevillano Sifuentes Elio	Jr Bolivar 768	Bocanegra Castillo Catalina	Av 8 De Octubre Mz D Lt 10 Mcdo La Hermelinda
Ideal Book Sac	Psje San Agustin 150	Gopesa El Constructor Sac	Av Pucamahua 1562 El Porvenir
Zorrilla Torres Carlos	Av Cesar Vallejo 320	Rojas Gonzales Jose Luis	Mercado La Hermelinda
Mallqui Pizarro Marilyn	Av Ricardo Palma 741 Urb Palermo	Ferreteria Oliva Eirl	Cal 17 De Agosto 1072 Florencia De Mora
Pretell Cruz Corina Noemi	Av 26 De Marzo 963 Florencia De Mora	Inversiones Ferretera Balboa Eirl	Cal Balboa 999 Urb Chicago
Inversiones Plasticas Trujillo Eirl	Cal Micaela Bastidas 1734 El Porvenir	Servicios Generales Jovilse Eirl	Cal 18 Mz G Lt 17 Urb Covicorti
Ferreteria Contreras La Solucion Sa	Cal Jose Olaya 1260 El Porvenir	Representaciones Yenny M&D Eirl	Cal Balboa 1051 Urb Palermo
Urcia Cruz Manuel	Av Sanchez Carrion 604 El Porvenir	Tcf Import Sac	Cal Baltazar Gavilan 707 Urb Santo Dominguito
Bazan Gomez Alejandro	Cal Manuel Ubalde 936 El Porvenir	Distribuidora Pintel Sac	Cal Mariano Melgar 112 Urb Palermo
Ferreteria El Porvenir Sac	Av Jose Sanchez Carrion 677 El Porvenir	Sistemas Hidraulicos Sanchez Rivas Eirl	Av America Norte 1479 Urb Las Quintanas
Auper Sa	Av Huayna Capac 947 Rio Seco El Porvenir	Chong Wha Sac	Av Larco Mz B Lt 31 Urb San Andres V Etapa
Vega Cruz Segunda	Av Jose Sanchez Carrion 1016 El Porvenir	W&H Engineer Construction Sac	Av 28 De Julio 304 Urb Torres Araujo
Acosta Caballero Ericka Jazmin	Cal 24 De Abril 1720 Florencia De Mora	Inversiones Bemmosa Srl	Jr Rimac 220 Barrio El Molino
Distribuidora Winesyosa	Av Tupac Amaru 1501	Moscoso Guzman Abelardo	Av Pablo Casals 557 Urb Los Cedros
Agrotecnia Campos Sac	Av America Norte 152 Urb Daniel Hoyle	Bg Electricistas Industriales Eirl	Jr Union 349 Barrio La Intendencia
Medina Rabinez Gabriel	Cal Jose Ortigas 1374 La Esperanza	Abanto Arias De Acuña Nancy	Av Manuel Seoane 991 Urb Vista Alegre Victor Larco
Diaz Ruiz Lesly	Cal Jose Marti 892 La Esperanza	Librería Universitario Sac	Av America Sur Mz V Lt 19 Urb Monserrate
Llapo Uriol Maria	Cal Jose Marti 739 La Esperanza	Ortiz Chuquimango Leonila	Mz R Lote 1 Urb San Isidro
Otiniano Mendez Margarito	Cal Benito Juarez 930 La Esperanza	Repuestos Y Ferreteria Ramos Srl	Cart. Panamericana Mz 28 Lt 35 AAHH Wichanza
Mercado Ferretero Sac	Av Nicolas De Pierola 1500	Olivia Mendez Guillermo	Mz F Lte 4 Urb Los Laureles 4 Etapa Santa Maria
D & C Ferreteros Eirl	Av Nicolas De Pierola 1642 Alto Mochica II	Alfaro Nieto Walther	Mz 5 Lote 11 Urb Libertad

Hernandez Alvarado Hector Alfredo	Cal Marco Del Pont 1642 La Esperanza	Jk Consorcio Srl	Mz J Lt 11 Urb Upao II
Florian Florian Fredy	Jr Carlos Maria Alvear 1439 La Esperanza	Seproquid Eirl	Mz X Lt 15 Urb Covicorti
Salazar Villegas Gilmer	Av Condorcanqui 2481 Jerusalem La Esperanza	Ferreteria Gamboa Srl	Mz E Lt 25 Urb Los Portales
Ferreteria Kong Sac	Av Tahuantisuyo 1136 La Esperanza	Servicios & Negocios Awr Sac	Mz C Lt 12 Sec Valdivia Baja Huanchaco
Inversiones Y Servicios Tiara Sac	Prolong Union 2018 La Rinconada	Distribuidora San Salvador Sac	Cal Baratolome De Las Casas 366 Urb San Andres
La Casa Del Perno Srl	Av Prolong Union 1987 Urb Chimu	Maurici Luna Victoria Rodrigo Alberto	Cal Los Diamantes 125 Urb Santa Ines
Ana Fuentes Srl	Prolong Union 1983	Lucho Ruiz Manuel Jesus	Cal Sucre 317
Repuestos San Juan Srl	Prolong Union 1957 Urb Chimu	Makel Inversiones Y Promociones Eirl	Psj Las Golondrinas 265 Urb Los Pinos
Rodriguez Sergio Francisco	Av Prolong Vallejo 1606 Urb La Rinconada	Chifa Chuy Zhen Eirl	Av Salvador Lara 890 Urb Huerta Grande
Injgasek Sac	Cal Las Casuarina Mz 18 Lt 24 Urb La Rinconada	Almer Chemicals Sa	Psje Ganoza 199 Vista Alegre
Jm Ferreteros Y Servicios Sac	Jr Ica 443 Urb Palermo	Distribuidora Atm Srl	Cal El Palmar 395 Urb El Golf
Espejo Guzman Margarita	Calle Sucre 355 Urb Chicago	Villanueva Puma Luis	Cal San Martin Mz 16 Lt 14 Psj El Milagro Huanchaco
Animascotas Inversiones Eirl	Los Granados 404 Victor Larco		

---

Fuente: Área de ventas, Empresa de transportes San Isidro Labrador S.R.L.

Tabla 5: Distancias entre clientes (km)

Dij	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	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
1	0	3.7	1.4	3.9	2.5	6.3	3.2	4.8	4.5	4.9	2.4	3	2.8	1.1	3.1	3.8	1.38	2.7	2.6	2.6	3	1.95	1.65	3.2	1.6	4.4	5.6	1.6	3.6	1.65	1.8	2.4	1.3	4.5	2	2.1	1.9	2.3	2	1.3	2.5	3	1.55	4.9	3.7	2.9
2	12.4	0	3.4	3.2	2.2	4.8	14	5.7	0.8	1.8	3.2	3.9	1.2	3.4	3.8	0.17	3.4	3.1	3	3	3.1	3.4	2.8	2.3	3.5	4.2	0.25	3	0.3	3.3	3.2	2.9	2.8	3.8	3	4.1	3.4	1.9	2.4	2.5	3.2	3.6	3.7	5.8	4.5	3.1
3	7.8	3.5	0	0.85	1.7	4.7	1.4	3	3.7	4.2	1.1	1.6	2.1	0.35	1.7	3.4	0.3	1.5	1.2	1.2	1.6	0.75	0.17	2.1	0.27	2.1	2.6	0.6	3.1	0.21	0.11	1.1	0.35	2.8	0.85	0.85	0.268	1.6	1.1	0.55	1.3	1.6	0.45	3.1	3.2	1.5
4	2.4	2.8	3.8	0	2.2	3.5	4.7	6.3	3.6	4.4	3.3	3.4	1.8	3.3	2.9	2.8	3.3	3.3	3.1	3.2	3.3	3.6	3.3	3	3.5	3.6	2.9	3.2	2.6	3.4	3.4	3	3.3	1.6	3.2	3.4	3.58	2.3	2.6	3	3.8	3.4	4.3	4.3	3.8	3.3
5	1.7	2.8	1.1	1.8	0	3.6	2.3	4.1	3.6	4.4	1	1	1.8	0.9	1.1	2.8	0.95	0.95	0.85	0.8	1	1.2	1	2.5	1.8	1.5	3	0.9	2.6	1.2	1.3	0.7	0.9	1.7	0.75	2.4	1.4	0.45	0.2	1.3	1.7	1	1.1	2.9	2.5	0.95
6	5.4	4.9	4.7	2.9	3.6	0	7.7	7.1	4.8	5.5	4.8	4.7	4.8	4.5	4.4	5	5	4.6	4.5	4.5	4.6	5	5.2	6	4.7	4.1	2.9	4.5	4.8	4.6	4.8	4.4	4.5	2.3	4.6	4.7	5.1	3.9	3.8	4.8	5	4.7	4.7	5.7	5.3	4.6
7	3.2	4.1	1.5	4.6	2.7	7.3	0	2.4	4.8	5.3	1.9	1.8	3.2	1.8	2.6	4.2	1.7	1.8	3	2.1	1.9	1.4	1.65	3	1.7	3	4.1	2	3.9	1.6	1.4	2.1	1.8	4.9	1.7	1.5	1.3	3	2.4	2	1.7	1.9	1.7	2.6	2.7	1.8
8	4.7	5.6	3	5	4.1	6.9	2.1	0	6.3	6.8	3.4	2.7	4.7	3.3	3.5	5.7	3.3	2.6	3.7	3.6	2.7	2.6	3.2	4.5	3.2	3	4.9	3.5	5.4	3.1	2.9	3.5	3.3	4.9	3.3	2.3	2.7	4.5	3.9	3.3	3.2	2.7	2.8	1.6	1.9	2.6
9	2.4	0.75	3.8	3.9	3	5.6	4.7	6.2	0	1.2	3.9	3.8	1.9	3.3	4.5	0.85	3.9	4.3	4.2	3.7	3.8	4.6	3.4	2.6	4	4.9	5.3	3.5	1	3.5	3.7	3.5	3.5	4.1	3.7	4.7	4.7	3.3	3.1	3.1	4.2	3.9	4.2	6.3	6.5	3.8
10	3.1	1.9	4.5	4.8	4.2	5.2	8	6.9	1.2	0	5	5.3	3	4.1	5.3	2	4.1	5.2	5.1	5.1	5.2	5.4	4.1	3.3	4.8	5.7	6.2	4.5	2.1	4.6	4.5	4.9	4.1	5	5.1	5.5	5.5	4.2	4.5	3.8	5.6	5.3	4.9	7	7.2	5.2
11	1.9	3	1.1	2.9	1	4.6	1.4	2.9	3.7	4.8	0	0.7	2.1	0.85	1.2	3.1	0.9	0.6	0.85	0.75	0.65	0.29	0.85	3	0.75	1.6	3	0.2	2.9	1.3	1.2	0.65	0.85	2.7	0.4	1.1	0.3	1.2	0.85	1.1	0.45	0.7	0.6	1.6	1.8	0.6
12	1.983	3.083	1.183	2.983	1.083	4.683	1.483	2.983	3.783	4.883	0.083	0	2.183	0.933	1.283	3.183	0.983	0.683	0.933	0.833	0.733	0.373	0.933	3.083	0.833	1.683	3.083	0.283	2.983	1.383	1.283	0.733	0.933	2.783	0.483	1.183	0.383	1.283	0.933	1.183	0.533	0.783	0.683	1.683	1.883	0.683
13	0.6	1.5	2	2.6	1.8	4.6	2.9	4.4	2.3	2.8	2.6	2.6	0	1.6	3.1	1.5	1.5	2.5	2.49	2.4	2.6	2.8	1.9	1.2	2.2	3.6	4.2	1.6	1.2	2.1	1.9	2.3	1.3	2.9	2.4	3	2.7	1.9	1.8	1.3	3.4	2.6	2.3	4.5	4.7	2.5
14	1.1	2.6	0.3	2.8	1.4	5.2	2.1	3.7	3.4	3.8	1.3	1.9	1.7	0	2	2.7	0.28	1.6	1.5	1.5	1.9	0.85	0.55	2.1	0.5	3.3	4.5	0.5	2.5	0.55	0.7	1.3	0.2	3.4	0.9	1	0.8	1.2	0.9	0.2	1.4	1.9	0.45	3.8	2.6	1.8
15	2.25	3.35	1.45	3.25	1.35	4.95	1.75	3.25	4.05	5.15	0.35	1.05	2.45	1.2	0	3.45	1.25	0.95	1.2	1.1	1	0.64	1.2	3.35	1.1	1.95	3.35	0.55	3.25	1.65	1.55	1	1.2	3.05	0.75	1.45	0.65	1.55	1.2	1.45	0.8	1.05	0.95	1.95	2.15	0.95
16	0.14	0.14	3.54	3.34	2.34	4.94	14.14	5.84	0.94	1.94	3.34	4.04	1.34	3.54	3.94	0	3.54	3.24	3.14	3.14	3.24	3.54	2.94	2.44	3.64	4.34	0.39	3.14	0.44	3.44	3.34	3.04	2.94	3.94	3.14	4.24	3.54	2.04	2.54	2.64	3.34	3.74	3.84	5.94	4.64	3.24
17	1.5	2.7	0.9	2.6	0.8	4.4	2.3	3.4	3.3	4.2	1	1.4	1.8	0.7	1.6	2.7	0	1.4	1.3	1.2	1.3	1.3	0.75	2.4	1.2	2.1	3.7	0.21	2.5	0.8	1	1	0.7	2.4	0.8	1.4	1.2	1	0.6	0.95	1.4	1.4	0.85	2.6	2.7	1.3
18	2.5	3.1	1.3	3	1.1	4.6	1.7	2.7	3.7	4.8	0.35	0.26	2.2	1.2	1.1	3.1	1.2	0	0.7	0.65	0.21	0.55	1.4	3.3	1.1	0.9	1.8	1.4	2.9	1.4	1.5	0.5	1.2	2.7	0.8	0.55	0.6	1.3	0.85	1.4	0.6	0.23	0.95	1.5	1.2	0.17
19	2.57	3.03	1.23	2.93	1.03	4.53	1.63	2.63	3.63	4.73	0.28	0.19	2.13	1.13	1.03	3.03	1.13	0.07	0	0.72	0.28	0.62	1.47	3.37	1.17	0.97	1.87	1.47	2.97	1.47	1.57	0.57	1.27	2.77	0.87	0.62	0.67	1.37	0.92	1.47	0.67	0.3	1.02	1.57	1.27	0.24
20	2.19	3.29	1.39	3.19	1.29	4.89	1.69	3.19	3.99	5.09	0.29	0.99	2.39	1.14	1.49	3.39	1.19	0.89	1.14	0	0.94	0.58	1.14	3.29	1.04	1.89	3.29	0.49	3.19	1.59	1.49	0.94	1.14	2.99	0.69	1.39	0.59	1.49	1.14	1.39	0.74	0.99	0.89	1.89	2.09	0.89
21	2.03	3.13	1.23	3.03	1.13	4.73	1.53	3.03	3.83	4.93	0.13	0.83	2.23	0.98	1.33	3.23	1.03	0.73	0.98	0.88	0	0.42	0.98	3.13	0.88	1.73	3.13	0.33	3.03	1.43	1.33	0.78	0.98	2.83	0.53	1.23	0.43	1.33	0.98	1.23	0.58	0.83	0.73	1.73	1.93	0.73
22	1.8	4.1	0.85	3.5	2.2	5.1	1.3	2.2	4.7	5.2	1.1	0.75	2.4	0.75	1.5	4.12	0.8	0.7	1.3	1.3	0.7	0	0.75	2.9	0.65	2.1	3.2	1	3.9	0.85	1.1	1.1	0.75	3.1	0.85	0.12	0.077	2.4	1.3	1	0.55	0.8	0.5	1.8	2	0.75
23	2.25	3.45	1.65	3.35	1.55	5.15	3.05	4.15	4.05	4.95	1.75	2.15	2.55	1.45	2.35	3.45	0.75	2.15	2.05	1.95	2.05	2.05	0	3.15	1.95	2.85	4.45	0.96	3.25	1.55	1.75	1.75	1.45	3.15	1.55	2.15	1.95	1.75	1.35	1.7	2.15	2.15	1.6	3.35	3.45	2.05
24	1.2	2.2	2.1	3.3	4.3	6	3	4.5	2.7	3.2	3.2	3.1	1.5	1.9	3.5	2.3	1.9	3	3	2.9	3.1	2.9	2.1	0	2.3	3.9	5.7	2.1	2	2.1	2	2.8	1.9	4.5	3	3.1	2.8	2.2	2.3	1.9	3.4	3.1	2.5	4.6	4.8	3.1
25	0.6	2.1	0.8	2.3	0.9	4.7	1.6	3.2	2.9	3.3	0.8	1.4	1.2	0.5	1.5	2.2	0.78	1.1	1	1	1.4	0.35	0.05	1.6	0	2.8	4	0.7	2	0.05	0.2	0.8	0.7	2.9	0.4	0.5	0.3	0.7	0.4	0.7	0.9	1.4	0.95	3.3	2.1	1.3
26	3.3	4.1	2.1	2.7	1.6	4.2	2.5	2.9	4.9	5.6	1.8	1.1	3	2	0.75	4.1	2	0.95	0.8	0.85	1	1.3	2	3.5	1.9	0	1.5	2	3.9	2.1	2.2	1.3	2	2.5	1.6	1.4	1.3	2.4	1.6	2.2	0.8	1	1.7	1.6	1.2	1
27	4.7	5.2	3.3	2.2	2.9	2.9	4.2	4.3	6.1	6.8	2.5	2.4	4.1	3.1	2.3	5.2	3.1	2.3	2.4	2.3	2.4	2.6	3.2	6.2	3.2	1.3	0	3.1	5	3.3	3.3	2.4	3.1	1.9	2.7	2.8	2.7	3.7	2.6	3.3	2.1	2.4	3.1	3.3	2.5	2.3
28	2.1	2.6	0.9	2.4	0.6	4.2	2.3	3.2	3.3	4.3	0.8	1.2	1.7	0.7	1.4	2.7	0.75	1.1	1	1	1.1	1.3	0.75	2.8	0.95	1.8	2.5	0	2.4	0.8	1	0.8	0.7	2.2	0.65	0.9	1.2	0.8	0.4	0.9	1.2	1.1	0.85	2.3	2.1	1.1
29	0.6	0.6	4	3.8	2.8	5.4	14.6	6.3	1.4	2.4	3.8	4.5	1.8	4	4.4	0.77	4	3.7	3.6	3.6	3.7	4	3.4	2.9	4.1	4.8	0.85	3.6	0	3.9	3.8	3.5	3.4	4.4	3.6	4.7	4	2.5	3	3.1	3.8	4.2	4.3	6.4	5.1	3.7
30	2.3	3.5	1.7	3.4	1.6	5.2	3.1	4.2	4.1	5	1.8	2.2	2.6	1.5	2.4	3.5	0.8	2.2	2.1	2	2.1	2.1	1.55	3.2	2	2.9	4.5	1.01	3.3	0	1.8	1.8	1.5	3.2	1.6	2.2	2	1.8	1.4	1.75	2.2	2.2	1.65	3.4	3.5	2.1
31	2.5	3.7	1.9	3.6	1.8	5.4	3.3	4.4	4.3	5.2	2	2.4	2.8	1.7	2.6	3.7	1	2.4	2.3	2.2	2.3	2.3	1.75	3.4	2.2	3.1	4.7	1.21	3.5	0.2	0	2	1.7	3.4	1.8	2.4	2.									

Tabla 6: Tiempo estándar por tonelada de cada cliente insatisfecho

<b>CÁLCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR POR TONELADA DE CADA CLIENTE INSATISFECHO DE LA EMPRESA SAN ISIDRO LABRADOR S.R.L.</b>								
ÍTEM	Empresa	N° de ciclos	T. observado por ciclo (min)	T. base por ciclo (min)	T. estándar por ciclo (min)	Peso TM	Peso/Ciclo	T EST/PESO (Hr/TM)
1	San Isidro Labrador	0	0	0	0	0	0	0
2	ana fuentes srl	22	3.64	4.13	6.11	0.88	0.04	2.55
3	reps yenny m&d eirl	11	2.38	2.69	4.65	0.452	0.04	1.94
4	sist hidr sanchez rivias eirl	5	1.69	1.89	3.26	0.269	0.05	1.09
5	inversiones bemmosa srl	7	4.85	5.57	9.63	0.664	0.09	1.78
6	diaz ruiz lesly	8	1.74	1.98	3.42	0.468	0.06	0.95
7	olivia mendez guillermo	9	3.9	4.51	7.8	0.447	0.05	2.6
8	jk consorcio srl	11	4.18	4.79	8.29	0.633	0.06	2.3
9	ferreteria gamboa srl	3	2.46	2.76	4.77	0.157	0.05	1.59
10	inv plasticas trujillo eirl	10	2.86	3.27	5.66	0.708	0.07	1.35
11	vargas horna segunda	8	4.28	4.86	8.4	0.653	0.08	1.75
12	compen kong genaro	12	5.74	6.47	11.19	0.81	0.07	2.66
13	distribuidora paperisa sa	6	5.04	5.64	9.76	0.457	0.08	2.03
14	agrotecnia solucion sac	10	4.39	4.96	8.59	1.188	0.12	1.19
15	comercial hatada eirl	5	7.09	7.82	13.53	0.822	0.16	1.41
16	invers y servicios tiara sac	16	6.56	7.41	12.83	1.503	0.09	2.38
17	tiendas reyes srl	3	10.35	11.38	19.69	0.451	0.15	2.19
18	librería bazar fabiana eirl	5	5.89	6.65	11.5	0.611	0.12	1.6
19	Julio Campana SAC	8	6.12	6.82	11.8	0.724	0.09	2.19
20	bazar toshi sac	10	5.26	5.78	9.99	0.654	0.07	2.38
21	ferreteria oriental srl	10	4.39	4.96	8.59	0.752	0.08	1.79
22	textil huascar srl	16	8.34	9.57	16.56	0.973	0.06	4.6
23	atencia sisneros jhon	24	10.27	12.05	20.85	1.096	0.05	6.95
24	rey vin sac	29	12.52	13.72	23.74	1.154	0.04	9.89
25	chinchay huancas felicita	17	11.26	12.79	22.13	1.137	0.07	5.27
26	utiles oficina asi sac	19	3.24	3.72	6.44	0.315	0.02	5.37
27	maurici luna victoria	11	2.32	2.72	4.71	0.198	0.02	3.93
28	chingn plast eirl	11	4.27	4.7	8.13	0.467	0.04	3.39
29	impor peruvian sa	29	9.78	10.74	18.58	1.021	0.04	7.74
30	via solutec sac	22	6.47	7.38	12.77	0.603	0.03	7.09
31	corinor eirl	10	5.22	5.87	10.16	0.349	0.03	5.64
32	inversiones el pozito sac	8	4.79	5.45	9.43	0.361	0.05	3.14
33	agroinv del valle sac	29	5.43	6.23	10.78	0.863	0.03	5.99
34	distribuidora winesyosa	28	10.28	11.48	19.86	1.061	0.04	8.28
35	ordonila palacios diego	7	2.21	2.5	4.33	0.145	0.02	3.61
36	jca electronics eirl	29	5.13	5.93	10.26	0.363	0.01	17.1
37	repexclusivas sac	11	7.21	8.33	14.41	0.543	0.05	4.8
38	inversiones sani peru	29	9.28	10.47	18.11	0.972	0.03	10.06
39	impr & publ fresita eirl	10	13.25	14.61	25.28	1.028	0.1	4.21
40	inv agro veter trujillo sac	28	9.86	11.06	19.13	0.928	0.03	10.63
41	grupo emp alfer sac	16	2.76	3.21	5.55	0.11	0.01	9.25
42	kcomt kooseng	17	4.72	5.47	9.46	0.462	0.03	5.26
43	ferreteria san pedro eirl	15	12.56	13.76	23.8	1.004	0.07	5.67
44	san remo sa	17	14.8	17.13	29.63	1.131	0.07	7.05
45	la floristeria eirl	13	8.81	10.16	17.58	0.68	0.05	5.86
46	max sac	26	10.3	12.04	20.83	1.098	0.04	8.68

Elaboración: Propia

Tabla 11: Datos tomados en el mes de agosto de San Isidro Labrador S.R.L.

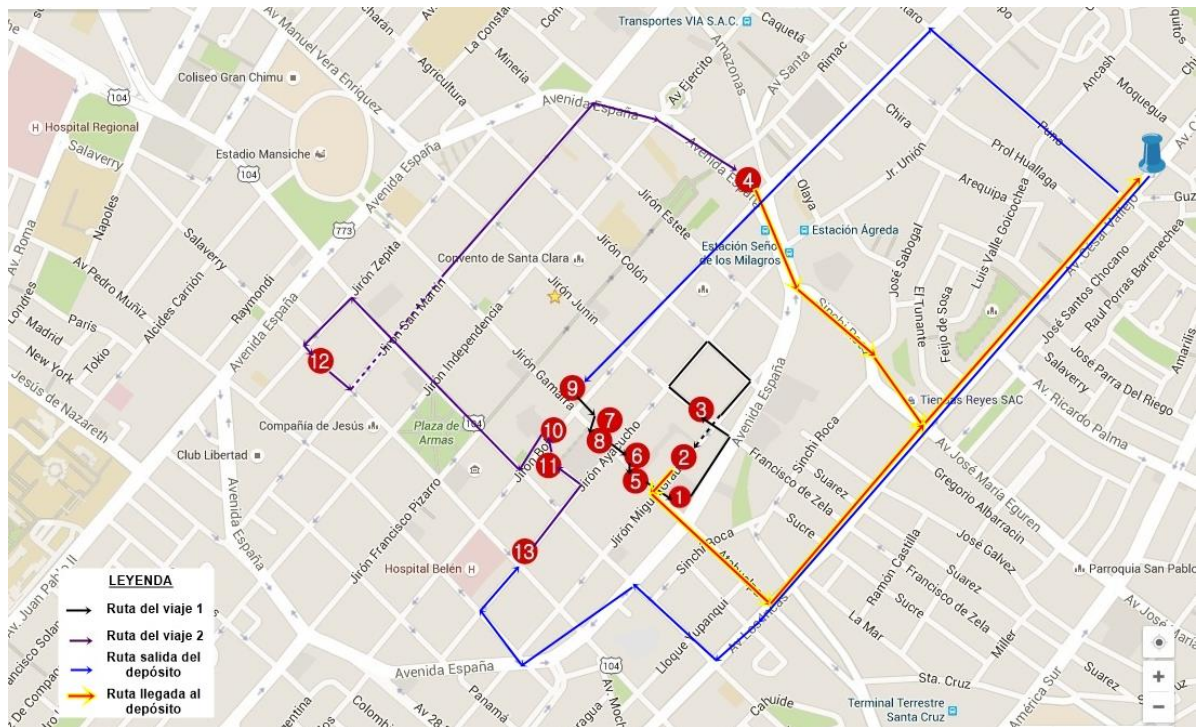
<b>TOMA DE DATOS DE PESO DE CARGA, DISTANCIA RECORRIDA, COSTO DE COMBUSTIBLE Y COSTO DE MANO DE OBRA EN EL MES DE AGOSTO DE SAN ISIDRO LABRADOR S.R.L.</b>					
<b>FECHA</b>	<b>CLIENTES</b>	<b>CANTIDAD TM</b>	<b>DISTANCIA REAL (km)</b>	<b>COMBUSTIBLE (S/.)</b>	<b>TRABAJADORES (S/.)</b>
03/08/2015	jk consorcio srl	0.633	3.8	0.63	153.000
03/08/2015	ferreteria gamboa srl	0.157	0.17	0.03	123.750
03/08/2015	agrotecna solucion sac	1.188	3.4	0.57	240.750
03/08/2015	textil huascar srl	0.973	2.8	0.47	163.125
03/08/2015	rey vin sac	1.154	2.8	0.47	264.375
03/08/2015	corinor eirl	0.349	5	0.84	287.070
03/08/2015	ferreteria san pedro eirl	1.004	4.2	0.7	222.750
03/08/2015	la floristeria eirl	0.68	5.7	0.95	242.125
05/08/2015	representaciones yenny m&d eirl	0.452	0.85	0.14	200.375
05/08/2015	vargas horna segunda lucia	0.653	2	0.33	192.85
05/08/2015	tiendas reyes srl	0.451	3.1	0.52	136.96
05/08/2015	distribuidora winesyosa	1.061	3.183	0.53	146.250
05/08/2015	imprensa & publicidad fresita eirl	1.028	1.5	0.25	286.875
05/08/2015	max sac	1.098	2.7	0.45	230.875
07/08/2015	inversiones bemmosa srl	0.664	3.45	0.58	139.58
07/08/2015	olivia mendez guillermo	0.447	1.4	0.23	124.880
07/08/2015	inversiones y servicios tiara sac	1.503	2.7	0.45	256.500
07/08/2015	importaciones peruvian sa	1.021	3.1	0.52	258.750
07/08/2015	jca electronics eirl	0.363	3.03	0.51	148.83
07/08/2015	inversiones agro veterinarias trujillo sac	0.928	3.39	0.57	299.9
10/08/2015	diaz ruiz lesly	0.468	3.23	0.54	172.34
10/08/2015	distribuidora paperisa sa	0.457	4.12	0.69	285.23
10/08/2015	comercial hatada eirl	0.822	3.45	0.58	194.380
10/08/2015	kcomt kooseng de zavalá maria adela	0.462	2.3	0.38	270.97
10/08/2015	san remo sa	1.131	2.2	0.37	148.08
13/08/2015	inversiones plasticas trujillo eirl	0.708	4.1	0.68	208.64
13/08/2015	compen kong genaro	0.81	4.2	0.7	113.09
13/08/2015	chingn plast eirl	0.467	4.4	0.74	198.56
13/08/2015	inversiones el pozito sac	0.361	3.3	0.55	234.29
13/08/2015	inversiones sani peru	0.972	3.5	0.58	216.48
15/08/2015	sistemas hidraulicos sanchez rivás eirl	0.269	5.3	0.89	285.58
15/08/2015	Julio Campana Jimeno SAC	0.724	3.1	0.52	130.79
15/08/2015	ferreteria oriental srl	0.752	4.1	0.68	119.69
15/08/2015	atencia sisneros jhon	1.096	2.123	0.35	161.79
15/08/2015	chinchay huancas felicita	1.137	4.7	0.79	192.51
24/08/2015	ana fuentes srl	0.88	4.4	0.74	276.88
24/08/2015	librería bazar fabiana eirl	0.611	4.043	0.68	104.11
24/08/2015	bazar toshi sac	0.654	2	0.33	253.52
24/08/2015	maurici luna victoria rodrigo alberto	0.198	3	0.5	251.71
24/08/2015	via solutec sac	0.603	2.5	0.42	208.13
24/08/2015	representaciones exclusivas sac	0.543	3	0.5	116.28
24/08/2015	grupo empresarial alfer sac	0.11	3.21	0.54	297.83
27/08/2015	utiles oficina asi sac	0.315	1.65	0.28	294.1
27/08/2015	agroinversiones del valle sac	0.863	2.1	0.35	255.41
27/08/2015	ordonila palacios diego	0.145	0.8	0.13	105.84
<b>TOTAL</b>		<b>31.365</b>	<b>139.099</b>	<b>23.25</b>	<b>9215.800</b>

Elaboración: Propia

Fuente: San Isidro Labrador

## B) Anexo Figuras

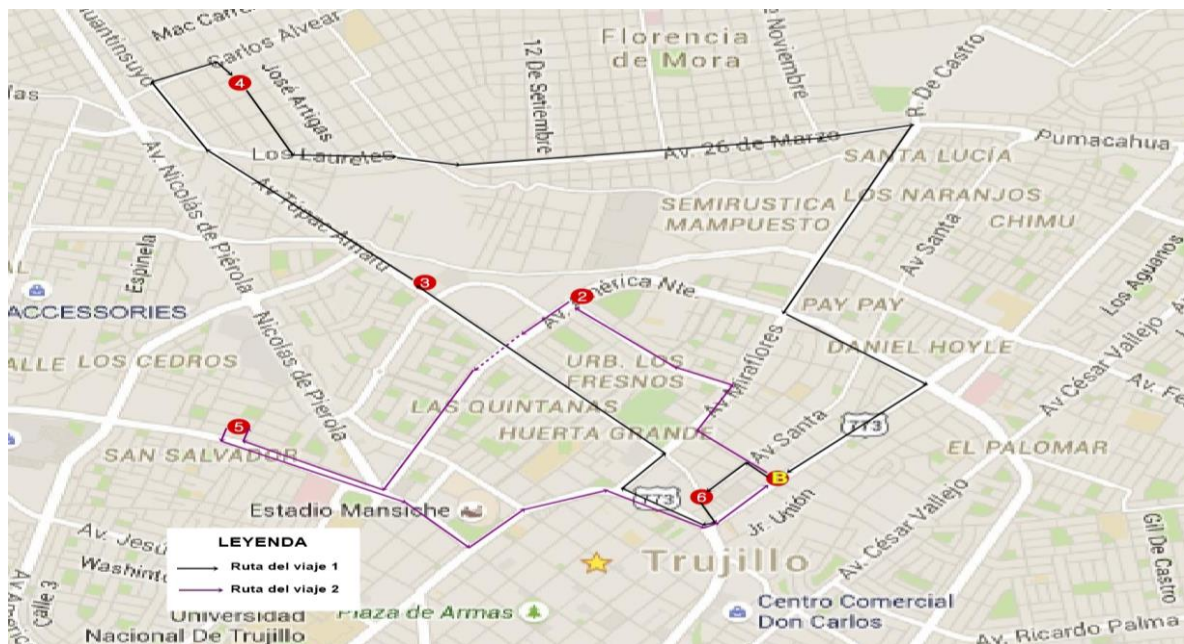
Figura 5: Ruteo de vehículo en Pétalo Centro Histórico



Elaboración: Propia

Fuente: Empresa San Isidro Labrador S.R.L., Google Maps

Figura 6: Ruteo de vehículo en Pétalo La Esperanza

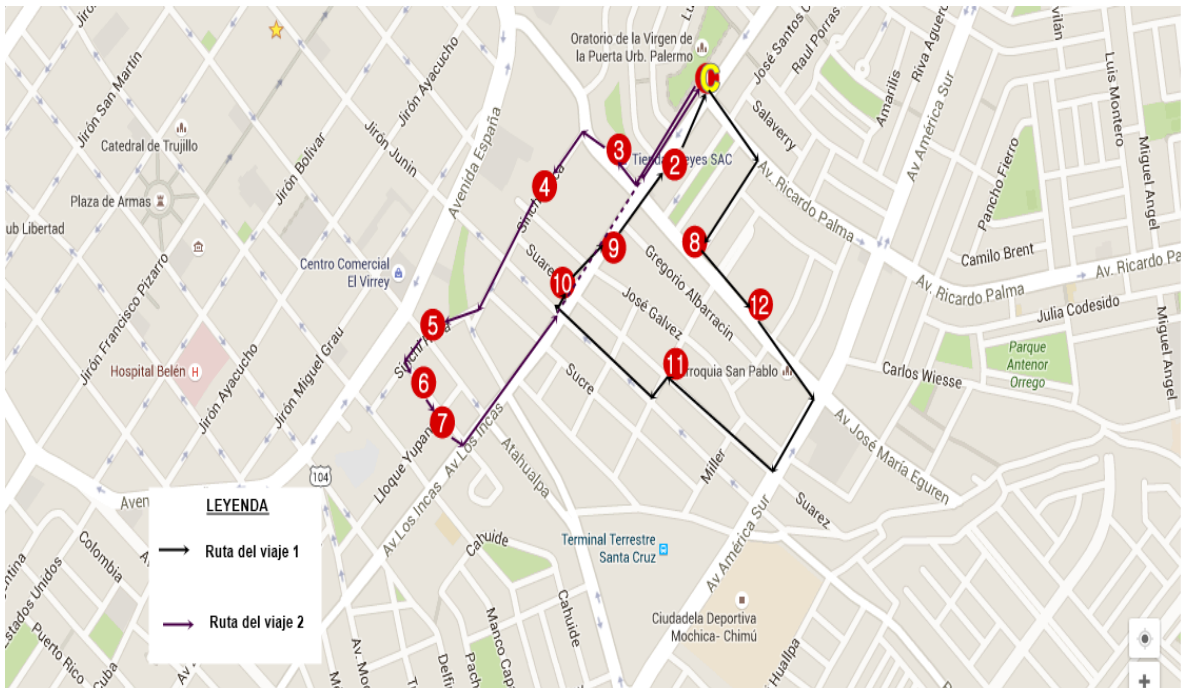


Elaboración: Propia

Fuente: Empresa San Isidro Labrador S.R.L., Google Maps



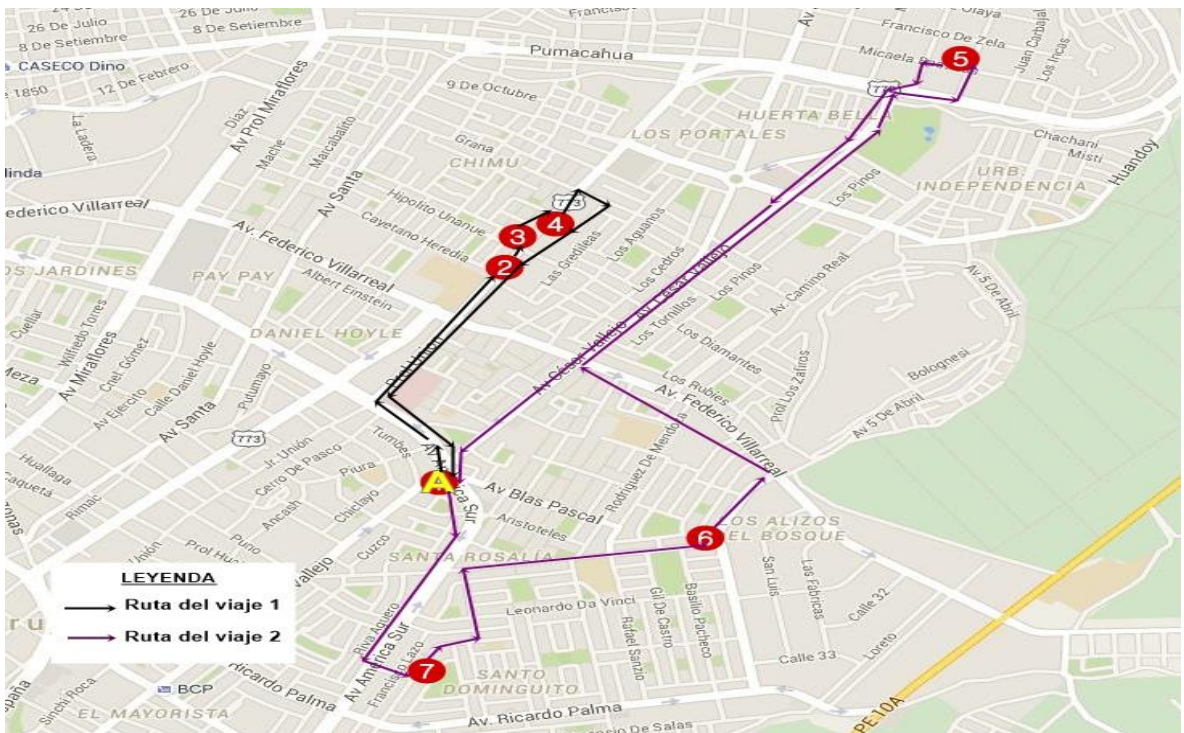
Figura 7: Ruteo de vehículo en Pétalo Mayorista



Elaboración: Propia

Fuente: Empresa San Isidro Labrador S.R.L., Google Maps

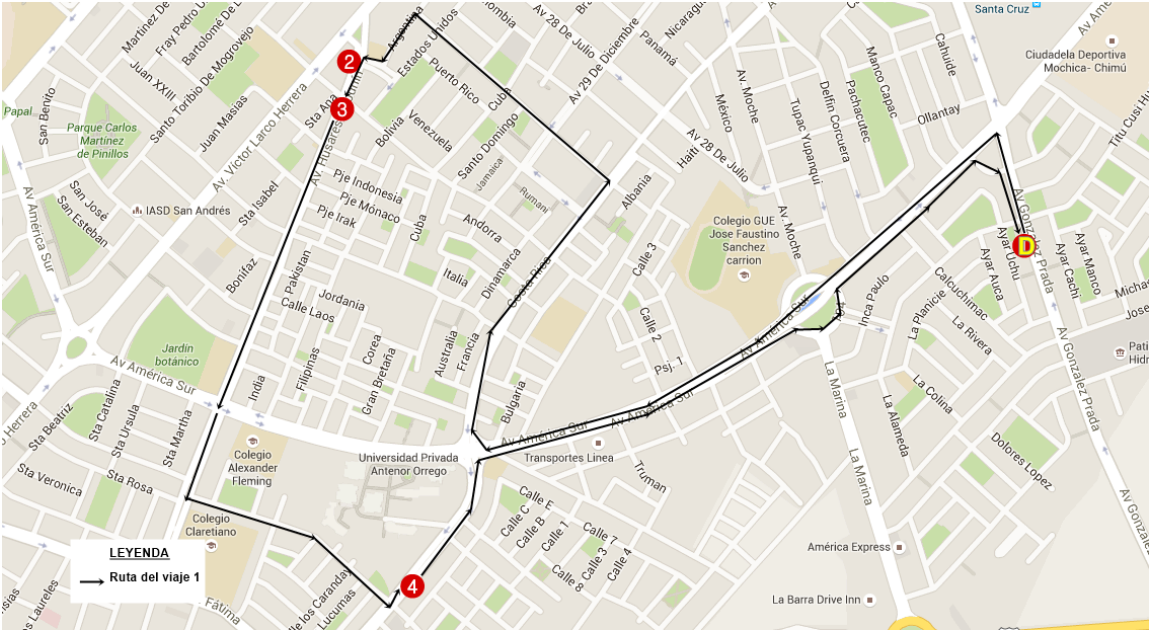
Figura 8: Ruteo de vehículo en Pétalo El Porvenir



Elaboración: Propia

Fuente: Empresa San Isidro Labrador S.R.L., Google Maps

Figura 9: Ruteo de vehículo en Pétalo Víctor Larco



Elaboración: Propia  
Fuente: Empresa San Isidro Labrador S.R.L., Google Maps



## C) Otros Anexos

### C 1: CUESTIONARIO SATISFACCIÓN DEL SERVICIO DE REPARTO

El presente cuestionario tiene el propósito de evaluar la calidad del servicio de reparto de carga a los clientes más importantes de la empresa San Isidro Labrador S.R.L., a fin de conocer y prestar un mejor servicio con calidad y seguridad.

Para llenar el cuestionario, la persona encuestada leerá el ítem y colocará un aspa (X) según la apreciación del servicio que tiene actualmente en uno de los niveles de satisfacción.

<b>CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN DEL SERVICIO DE REPARTO DE CARGA DE LA EMPRESA SAN ISIDRO LABRADOR S.R.L.</b>						
Empresa encuestada					Fecha	
Nombre del encuestado					Edad	
Calidad del servicio	1	2	3	4	5	
	Totalmente en desacuerdo	Desacuerdo	Ni en desacuerdo ni de acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	
<b>Puntualidad de entrega</b>						
1. Se identifica el conductor de la empresa y presenta la documentación necesaria (factura, guía de transporte)						
2. Se respeta su horario de trabajo para la entrega de su carga						
3. Se realiza la entrega en la fecha y hora prometida						
4. Su tiempo de espera es razonable						
<b>Rapidez de descarga</b>						
5. El tiempo de descarga siempre es apropiado						
6. La labor de los estibadores fue efectiva						
7. El número de estibadores fue adecuado para transportar su carga.						
<b>Seguridad e higiene en el transporte</b>						
8. Su carga es entregada limpia						
9. Los estibadores emplean equipos de protección (guantes, zapatos de seguridad, ropa de trabajo) al transportar la carga						
10. Los datos en el manifiesto de carga corresponden con la facturación						
11. Los camiones son modernos						
12. El comportamiento de los estibadores trasmite confianza						
<b>Fiabilidad del estado de la carga</b>						
13. El empaque de la carga es seguro						
14. La carga se entrega ilesa (sin rotura o daño)						
15. Se respeta la simbología de "frágil"						
16. Al presentarse un problema hay interés en solucionarlo						

Condiciones impuestas por el cliente					
17. La compañía toma en cuenta sus opiniones y recomendaciones					
18. El costo del flete es apropiado					
19. La compañía cubre el costo de la carga en caso se entregue totalmente en mal estado					

Fuente: Servicio de transporte, Logística, administración de la cadena de suministro. Ronald Ballou, 2004

----- GRACIAS -----

Validación por juicio de tres expertos

Experto 1:

**Apellidos y Nombres:** Aldana Bonifaz, Julio César

**N° colegiatura:** 61229

**Profesión:** Ingeniero Industrial

Experto 2:

**Apellidos y Nombres:** Padilla Castro Lucía

**N° colegiatura:**

**Profesión:** Ingeniero Industrial

Experto 3:

**Apellidos y Nombres:** Javez Valladares, Santos Santiago

**N° colegiatura:** 139806

**Profesión:** Ingeniero Industrial

C 2.1: Tabulación de los datos respecto a la evaluación del instrumento

VALIDEZ DEL CUESTIONARIO DE CALIDAD DE SERVICIO AL JUICIO DE TRES EXPERTOS				
ITEMS	PREGUNTAS	EVALUADORES		
		Aldana Bonifaz, Julio César	Javez Valladares, Santos Santiago	Padilla Castro, Lucía
Puntualidad de entrega	1,2,3,4	A	A	B
Rapidez de descarga	5,6,7	A	A	B
Seguridad e higiene en el transporte	8,9,10,11,12	B	B	B
Fiabilidad del estado de la carga	13,14,15,16	A	A	B
Condiciones impuestas por el cliente	17,18,19	B	A	B

Fuente: cálculos propios

Puntaje de escala evaluativo de los ítems:

A: Totalmente de acuerdo: 3 puntos

B: De acuerdo: 2 puntos

C: Desacuerdo: 1 puntos

Tabulación según la escala evaluativa de los ítems

OBJETIVOS	PREGUNTAS	EVALUADORES			$\sum r_i$	Promedio pri	Ppri	pe
		Aldana Bonifaz, Julio César	Javez Valladares, Santos Santiago	Padilla Castro, Lucía				
Puntualidad de entrega	1,2,3,4	3	3	2	8	2.667	0.89	0.037
Rapidez de descarga	5,6,7	3	3	2	8	2.667	0.89	0.037
Seguridad e higiene en el transporte	8,9,10,11,12	2	2	2	6	2.000	0.67	0.037
Fiabilidad del estado de la carga	13,14,15,16	3	3	2	8	2.667	0.89	0.037
Condiciones impuestas por el cliente	17,18	2	3	2	7	2.333	0.78	0.037
	Totales	13	14	10	37	12.33	4.11	0.185

Fuente y elaboración: propia

**Coefficiente de proporción de rangos (CPR):**

$$CPR = \frac{PPri}{N}$$

$$CPR = \frac{4.11}{5} = 0.82$$

N: número de ítems

**Coefficiente de proporción de rangos corregidos (CPRc):**

$$CPRc = CPR - pe$$

$$CPRc = 0.82 - 0.185$$

$$CPRc = 0.64, \text{ alta}$$

Mayor que	Menor igual que	Validez y concordancia
0	0.4	Baja
0.4	0.6	Moderada
0.6	0.8	Alta
0.8	1	Muy alta

## Calculo de confiabilidad en SPSS Vs 22

### Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	21	100,0
	Excluido <sup>a</sup>	0	,0
	Total	21	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

### Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,667	19

### Estadísticas de total de elemento

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
VAR00001	63,6190	35,848	,403	,634
VAR00002	64,2857	41,114	,099	,669
VAR00003	64,9524	35,748	,410	,632
VAR00004	63,9524	38,948	,420	,643
VAR00005	64,2381	40,290	,185	,661
VAR00006	64,2381	36,690	,389	,637
VAR00007	64,5238	41,462	-,014	,693
VAR00008	64,2381	35,190	,462	,625
VAR00009	65,0476	33,048	,497	,615
VAR00010	63,7619	33,790	,616	,603
VAR00011	64,8571	36,329	,592	,620
VAR00012	64,7143	37,014	,407	,636
VAR00013	63,7143	39,714	,703	,643
VAR00014	64,6190	46,548	-,363	,725
VAR00015	63,8571	39,429	,397	,646
VAR00016	63,4286	42,757	-,059	,676
VAR00017	63,9048	44,190	-,226	,694
VAR00018	63,4762	42,362	,011	,672
VAR00019	63,4286	39,657	,139	,670

### Estadísticas de escala

Media	Varianza	Desviación estándar	N de elementos
67,7143	42,614	6,52796	19

En el caso de instrumentos con coeficientes de confiabilidad moderados como en este caso (0.667), una manera de saber hasta dónde los mismos pueden ser aceptables, consiste en comparar la desviación estándar de la distribución de puntajes ( $S_y$ ) con el error estándar de medición (EEM) (Carlos Ruiz Bolívar,), cuya fórmula es:

$$EEM = S_y \sqrt{1 - r_{tt}}$$

Donde:

$S_y$  = Desviación estándar de la distribución de puntajes totales.

$r_{tt}$  = Coeficiente de confiabilidad.

En estos casos se recurre al criterio del error estándar de medición para decidir sobre la aceptabilidad de un coeficiente de confiabilidad moderado, se requiere que se cumpla la condición de que  $S_y > EEM$ .

$$EEM = 6.52796 \sqrt{1 - 0.667} = 3.767$$

Como se puede observar, en el caso el EEM (3.767) no excede el valor de la  $S_y$  (6.52796); es decir, que se cumple la condición de aceptabilidad señalada anteriormente. ( $S_y > EEM$ ). En consecuencia, el instrumento puede ser utilizado.

## C 2: Formatos

### C 2.1: Formulario simple de estudio para ciclo breve

<b>ESTUDIO DE TIEMPOS: CICLO BREVE PARA EL REPARTO DE CARGA DE LA EMPRESA SAN ISIDRO LABRADOR, TRUJILLO - 2015</b>																
Departamento:			Sección				Estudio N°:									
Operación:			Estudio de métodos N°:				Hoja N°: de									
Instalación:			Núm.:				Comienzo:									
							Término:									
							Tiempo transc:									
Herramientas y calibradores:						Operario:										
Producto/Pieza:			Núm.:				Ficha N°:									
Plano N°:			Material:				Observado por:									
							Fecha:									
Calidad:			Cond. De trabajo:				Comprobado:									
Nota: Dibuje plano de taller al dorso																
El. Núm.	Descripción del elemento	Tiempo observado										Total T.O.	Prom. T.O.	V.	T.B.	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
Nota: V. = valoración T.O. = Tiempo Observado T.B. = Tiempo Base																

Fuente: Introducción al estudio del trabajo, George Kanawaty.

### C 2.2: Formulario simple de estudio para ciclo breve

Fecha del estudio:		Término:		<b>Hoja de estudio: ciclo breve</b>						Estudio núm.	
		Comienzo:								Hoja núm de	
		Tiempo transc:									
Departamento:				Nombre de la pieza:			Tiempo del ciclo básico o Total de tiempos medios de los elementos			min	
Operación:				Plano núm		Pieza núm	Factor de valoración			min	
				Velocidad:		R/min					
Herramientas utilizadas:				Avance:		MM/min	Tiempo del ciclo básico			min	
Máquina y núm			Tipo		Motivo del estudio			Suplementos		Personales %	min
Función. A autom A pie A mano					Primer estudio					Esperas %	
Material					Modificar estudio de métodos					Descansos %	
					Verif. Tiempo tipo					Varios %	
Disposición del lugar de trabajo						Descripción del método					
											Observación

Fuente: Introducción al estudio del trabajo, George Kanawaty.

### C 2.3: Formulario simple de estudio para ciclo breve

Fecha del estudio: _____	Término: _____	Hoja de estudio: ciclo breve										Estudio núm.: _____
Elemento núm.: _____	Comienzo: _____	Tiempo transcurrido: _____										Hoja núm.: _____ de _____
De pie <input type="checkbox"/>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Nombre del operario _____		
Sentado <input type="checkbox"/>										Ficha núm.: _____		
Moviéndose <input type="checkbox"/>										Observado por: _____		
										Aprobado por: _____		
										Elementos extraños		
Ciclo núm.										Símbolo	Descripción	
1										A		
2										B		
3										C		
4										D		
5										E		
6										F		
7										G		
8										H		
9										I		
10										J		
11										K		
12										L		
13										M		
14										N		
15										O		
16										P		
17										Q		
18										R		
19										S		
20										T		
Total												
Núm. de obs.												
Media												
Valoración %												
Tiempo básico												

Fuente: Introducción al estudio del trabajo, George Kanawaty.

### C 2.4: Hoja de ruta y toma de tiempos en vehículo

HOJA DE RUTA Y TOMA DE TIEMPOS DURANTE EL REPARTO DE CARGA A CLIENTES DE TRUJILLO							
SAN ISIDRO LABRADOR S.R.L.							
N°	DIRECCIÓN	VEHÍCULO	MODELO			FECHA	T. ATENCIÓN
		CONDUCTOR	CAPACIDAD			N°	
					Estibadores		
		H. INICIO	H. EMBOTELLAMIENTO		PENALIDAD POR VELOCIDAD	MOTIVO	H. LLEGADA
			INICIO	FIN			
1							
2							
3							
4							

Fuente: Formato de toma de tiempo acumulativo. Estudio del trabajo.

### C 2.5: Costos de reparto

COSTOS DE REPARTO DE LA EMPRESA SAN ISIDRO LABRADOR, MARZO 2014-15					
Responsable				Fecha	
COMBUSTIBLE		MANO DE OBRA		MANTENIMIENTO	
FECHA	COSTO (S/.)	FECHA	COSTO (S/.)	FECHA	COSTO (S/.)
TOTAL		TOTAL		TOTAL	

Fuente y elaboración: propia

### C 3: Resultados de la encuesta de satisfacción

Se analizó la calidad del servicio por dimensiones de calidad del transporte según los niveles de satisfacción:

La dimensión de puntualidad de entrega es un atributo muy valorado por el cliente pues la empresa se compromete a entregar la cantidad de carga establecida en la fecha pactada con tiempos establecidos u ofrecidos por el cliente a fin de evitar sobre tiempos de espera o el incumplimiento de la entrega. De ahí que el 20% de clientes puntúan en el rango [4-9] de insatisfecho, 56% de clientes puntúan en el rango [10-14] de ni insatisfecho ni satisfecho y 24% de clientes puntúan en el rango [15-20] de satisfecho.

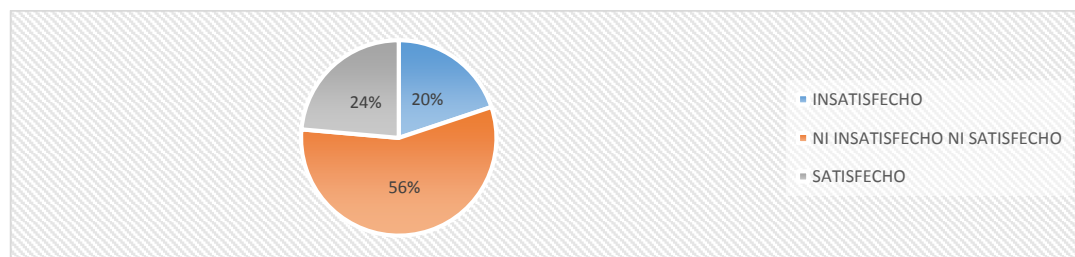


Figura 1 Nivel de satisfacción de puntualidad de entrega en el año 2015

Fuente: Encuesta de calidad del reparto de carga realizada a los clientes principales de San Isidro Labrador S.R.L.

La dimensión de rapidez de descarga mide el nivel de satisfacción del tiempo de descarga empleado por los estibadores, la cantidad de estibadores por cantidad de carga y su labor efectiva por parte del cliente; siendo el 18% de clientes puntúan en el rango [3-6] de insatisfecho, 56% de clientes puntúan en el rango [7-10] de ni insatisfecho ni satisfecho y 26% de clientes puntúan en el rango [11-15] de satisfecho.

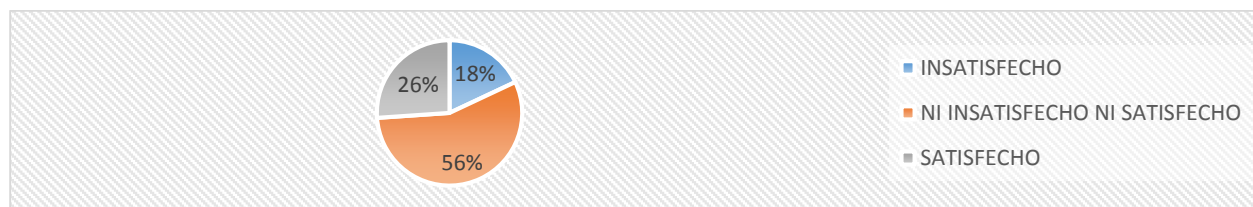


Figura 2 Nivel de satisfacción de rapidez de descarga en el año 2015

Fuente: Encuesta de calidad del reparto de carga realizada a los clientes principales de San Isidro Labrador S.R.L.

La dimensión de seguridad e higiene en el transporte mide el nivel de satisfacción del cliente en limpieza de la carga, uso de equipos de protección individual, correcta facturación, modernidad de los camiones y el comportamiento de los estibadores; siendo el 27% de clientes puntúan en el rango [5-11] de insatisfecho, 54% de clientes puntúan en el rango [12-17] de ni insatisfecho ni satisfecho y 19% de clientes puntúan en el rango [18-25] de satisfecho.



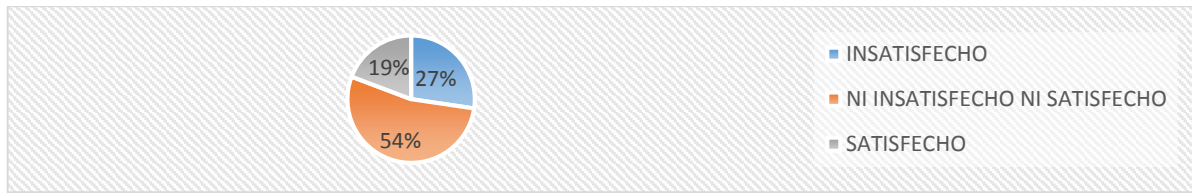


Figura 3 Nivel de satisfacción de seguridad e higiene en el transporte en el año 2015  
 Fuente: Encuesta de calidad del reparto de carga realizada a los clientes principales de San Isidro Labrador S.R.L.

La dimensión de fiabilidad del estado de la carga mide el nivel de satisfacción del cliente en el empaque de la carga, entrega ilesa de la carga, se respeta la simbología de frágil y si existe interés en solucionar el problema; siendo el 27% de clientes puntúan en el rango [4-9] de insatisfecho, 49% de clientes puntúan en el rango [10-14] de ni insatisfecho ni satisfecho y 24% de clientes puntúan en el rango [15-20] de satisfecho.

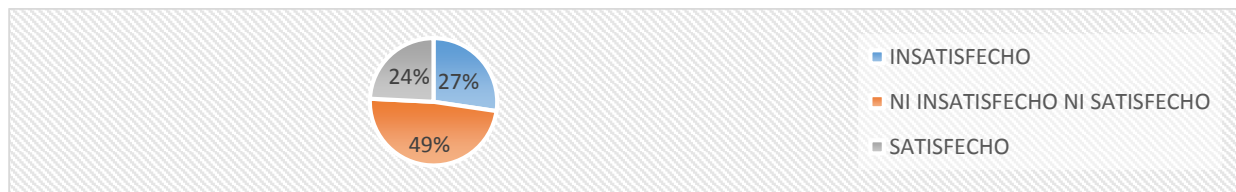


Figura 4 Nivel de satisfacción de fiabilidad del estado de la carga en el año 2015  
 Fuente: Encuesta de calidad del reparto de carga realizada a los clientes principales de San Isidro Labrador S.R.L.

La dimensión de condiciones impuestas por el cliente mide el nivel de satisfacción del cliente en si la empresa toma las sugerencias de los clientes, costo de flete apropiado y si cubre el costo de la carga en caso se entregue totalmente en mal estado; siendo el 19% de clientes puntúan en el rango [3-6] de insatisfecho, 48% de clientes puntúan en el rango [7-10] de ni insatisfecho ni satisfecho y 33% de clientes puntúan en el rango [11-15] de satisfecho.

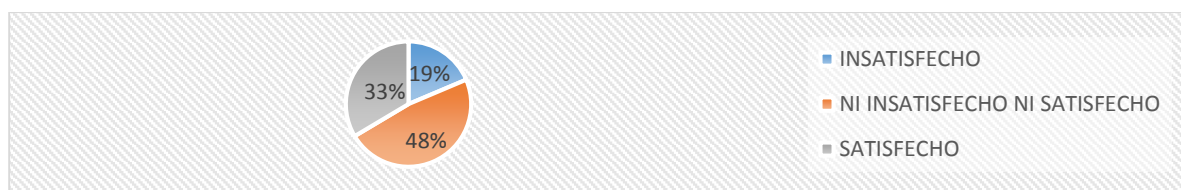


Figura 5 Nivel de satisfacción de condiciones impuestas por el cliente en el año 2015  
 Fuente: Encuesta de calidad del reparto de carga realizada a los clientes principales de San Isidro Labrador S.R.L.

## C 4: Programación en Lingo Systems

MODEL:

SETS:

ORIGEN/ 1..5/;

DESTINO/1..5 /:DEMANDA;

VEHICULO/ 1..2 /: CAPACIDAD,VELOCIDAD,COSTO;

VIAJE/1..2/;

ESTIBA/1..5/:TEST;

RUTA(ORIGEN,DESTINO,VEHICULO,VIAJE): X, Y, TIEMPO,TDESC;

DISTANCIA (ORIGEN,DESTINO)|(&1#EQ#1 #AND# &2#NE#1) #OR# &1#GT#&2: D;

VEHIVIA (VEHICULO,VIAJE): CANTOTAL,KILOMETRAJE,HSALIDA,TIETOTAL,NCARGA,T,TS;

ENDSETS

DATA:

DEMANDA = 0,0.269,0.447,1.188,0.972;

D= 3.9 2.4    1.1    2.3

      3.3    3.3    2.3

      0.85   1.2

      1.2

1.4    1.7    1.6    1.6;

CAPACIDAD = 30,32;

VELOCIDAD = 0.0526,0.833;

COSTO = 0.17,0.21;

TEST = 0,1.01,2.62,1.21,9.01;

CMO = 42.8;

CMA = 1.14;

A = 25;

M =5;

N = 24;

R = 8;

ENDDATA

[COSTOS] MIN = @SUM(VEHIVIA(U,Z): CMO \* TIETOTAL(U,Z)) + @SUM(VEHIVIA(U,Z): CMA \* TIETOTAL(U,Z)) + CCOM;

!RESTRICCIÓN;

DEMANDA!

@FOR(DESTINO (J) : @SUM(RUTA(I,J,U,Z)|(I#EQ#1 #OR# I#GT#J) #AND# J#NE#1 : X(I,J,U,Z)) = DEMANDA (J));

CANTIDAD\_CARGA!

@FOR(VEHIVIA (U,Z) : @SUM(RUTA(I,J,U,Z)|(I#EQ#1 #OR# I#GT#J) #AND# J#NE#1 : X(I,J,U,Z)) = CANTOTAL (U,Z));

CAPACIDAD!

@FOR(VEHIVIA (U,Z) : @SUM(RUTA(I,J,U,Z)|(I#EQ#1 #OR# I#GT#J) #AND# J#NE#1 : X(I,J,U,Z)) <= (CAPACIDAD (U)));

TIEMPO\_VEHÍCULO!

@FOR(RUTA(I,J,U,Z)|(I#EQ#1 #AND# J#NE#1) #OR# I#GT#J : Y(I,J,U,Z) \* D(I,J) \* VELOCIDAD (U) = TIEMPO (I,J,U,Z));

TIEMPO\_DESCARGA!

@FOR(RUTA(I,J,U,Z)|(I#EQ#1 #OR# I#GT#J) #AND# J#NE#1 : TEST(J) \* DEMANDA(J)\*X(I,J,U,Z) = TDESC(I,J,U,Z));

TIEMPO\_TOTAL!

@FOR(VEHIVIA(U,Z) : @SUM(RUTA(I,J,U,Z)|(I#EQ#1 #AND# J#NE#1) #OR# I#GT#J : TDESC(I,J,U,Z)) + @SUM(RUTA(I,J,U,Z)|(I#EQ#1 #AND# J#NE#1) #OR# I#GT#J : TIEMPO (I,J,U,Z)) = TIETOTAL(U,Z));

@FOR(VEHIVIA(U,Z) | @INDEX (VEHIVIA,U,Z) : @SUM(RUTA(I,J,U,Z)|(I#EQ#1 #AND# J#NE#1 #AND# Z#EQ#1) : Y(I,J,U,Z) \* D(I,J) \* VELOCIDAD(U) + HSALIDA(U,Z) = R \* T(U,Z));

TIEMPO\_SALIDA!

@FOR(VEHIVIA(U,Z) | @INDEX (VEHIVIA,U,Z) #AND# Z#NE#1 : HSALIDA(U,Z-1)+TIETOTAL(U,Z-1)- A\*TS(U,Z) <=HSALIDA(U,Z));

@FOR(RUTA(H,K,U,Z) | @INDEX (RUTA,H,K,U,Z) #AND# (H#EQ#1 #OR# H#GT#K) #AND# K#NE#1 : X(I,J,U,Z) <= Y(I,J,U,Z) \* M);

@FOR(VEHIVIA(U,Z) : TIETOTAL(U,Z)<=N \* T(U,Z));

KILOMETRAJE!

@FOR(VEHIVIA(U,Z) | @INDEX (VEHIVIA,U,Z) : @SUM (RUTA(H,K,U,Z)|(H#EQ#1 #AND# K#NE#1) #OR# H#GT#K : - KILOMETRAJE(U,Z)+ Y(I,J,U,Z) \* D(I,J)) =0);

@FOR(VEHIVIA(U,Z) | @INDEX (VEHIVIA,U,Z) : @SUM(RUTA(H,K,U,Z) | H#EQ#1 #AND# K#NE#1 : Y(I,J,U,Z)) <= 1);

@FOR(VEHIVIA(U,Z) | @INDEX (VEHIVIA,U,Z) : @SUM(RUTA(H,K,U,Z) | H#NE#1 #AND# K#EQ#1 : Y(I,J,U,Z)) <= 1);

@FOR( ORIGEN(H): @FOR (VEHIVIA(U,Z):@SUM(RUTA(H,K,U,Z)|(H#EQ#1 #AND# K#NE#1) #OR# H#GT#K : Y (H,K,U,Z)) - @SUM(RUTA(H,K,U,Z)|(K#EQ#1 #AND# H#NE#1) #OR# K#GT#H : Y (H,K,U,Z))=0));

COSTO\_COMBUSTIBLE!

@SUM(VEHIVIA(U,Z) : COSTO(U)\*KILOMETRAJE(U,Z))=CCOM;

END

## C5: Reporte de LINGO

Global optimal solution found.

Objective value:	475.2908
Infeasibilities:	0.000000
Total solver iterations:	4
Elapsed runtime seconds:	0.07

Model Class: LP

Total variables:	431
Nonlinear variables:	0
Integer variables:	0
Total constraints:	139
Nonlinear constraints:	0
Total nonzeros:	498
Nonlinear nonzeros:	0

Variable	Value	Reduced Cost
CMO	42.80000	0.000000
CMA	1.140000	0.000000
A	25.00000	0.000000
M	5.000000	0.000000
N	24.00000	0.000000
R	8.000000	0.000000
CCOM	2.480000	0.000000
I	1.234568	0.000000
J	1.234568	0.000000
DEMANDA ( 1)	0.000000	0.000000
DEMANDA ( 2)	0.2690000	0.000000
DEMANDA ( 3)	0.4470000	0.000000
DEMANDA ( 4)	1.188000	0.000000
DEMANDA ( 5)	0.9720000	0.000000
CAPACIDAD ( 1)	30.00000	0.000000
CAPACIDAD ( 2)	32.00000	0.000000
VELOCIDAD ( 1)	0.5260000E-01	0.000000
VELOCIDAD ( 2)	0.8330000	0.000000
COSTO ( 1)	0.1700000	0.000000
COSTO ( 2)	0.2100000	0.000000
TEST ( 1)	0.000000	0.000000
TEST ( 2)	1.010000	0.000000
TEST ( 3)	2.620000	0.000000
TEST ( 4)	1.210000	0.000000
TEST ( 5)	9.010000	0.000000
X( 1, 1, 1, 1)	1.234568	0.000000
X( 1, 1, 1, 2)	1.234568	0.000000
X( 1, 1, 2, 1)	1.234568	0.000000
X( 1, 1, 2, 2)	1.234568	0.000000
X( 1, 2, 1, 1)	1.234568	0.000000
X( 1, 2, 1, 2)	0.000000	0.000000
X( 1, 2, 2, 1)	0.000000	0.000000
X( 1, 2, 2, 2)	0.000000	0.000000
X( 1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
X( 1, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
X( 1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000

X( 1, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
X( 1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
X( 1, 4, 1, 2)	0.000000	0.000000
X( 1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
X( 1, 4, 2, 2)	0.000000	0.000000
X( 1, 5, 1, 1)	0.9720000	0.000000
X( 1, 5, 1, 2)	0.000000	0.000000
X( 1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
X( 1, 5, 2, 2)	0.000000	0.000000
X( 2, 1, 1, 1)	1.234568	0.000000
X( 2, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
X( 2, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
X( 2, 1, 2, 2)	0.000000	0.000000
X( 2, 2, 1, 1)	0.000000	0.000000
X( 2, 2, 1, 2)	1.234568	0.000000
X( 2, 2, 2, 1)	1.234568	0.000000
X( 2, 2, 2, 2)	1.234568	0.000000
X( 2, 3, 1, 1)	1.234568	0.000000
X( 2, 3, 1, 2)	1.234568	0.000000
X( 2, 3, 2, 1)	1.234568	0.000000
X( 2, 3, 2, 2)	1.234568	0.000000
X( 2, 4, 1, 1)	1.234568	0.000000
X( 2, 4, 1, 2)	1.234568	0.000000
X( 2, 4, 2, 1)	1.234568	0.000000
X( 2, 4, 2, 2)	1.234568	0.000000
X( 2, 5, 1, 1)	1.234568	0.000000
X( 2, 5, 1, 2)	1.234568	0.000000
X( 2, 5, 2, 1)	1.234568	0.000000
X( 2, 5, 2, 2)	1.234568	0.000000
X( 3, 1, 1, 1)	1.234568	0.000000
X( 3, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
X( 3, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
X( 3, 1, 2, 2)	0.000000	0.000000
X( 3, 2, 1, 1)	0.000000	0.000000
X( 3, 2, 1, 2)	0.000000	0.000000
X( 3, 2, 2, 1)	0.000000	0.000000
X( 3, 2, 2, 2)	0.000000	0.000000
X( 3, 3, 1, 1)	1.234568	0.000000
X( 3, 3, 1, 2)	1.234568	0.000000
X( 3, 3, 2, 1)	1.234568	0.000000
X( 3, 3, 2, 2)	1.234568	0.000000
X( 3, 4, 1, 1)	1.234568	0.000000
X( 3, 4, 1, 2)	1.234568	0.000000
X( 3, 4, 2, 1)	1.234568	0.000000
X( 3, 4, 2, 2)	1.234568	0.000000
X( 3, 5, 1, 1)	1.234568	0.000000
X( 3, 5, 1, 2)	1.234568	0.000000
X( 3, 5, 2, 1)	1.234568	0.000000
X( 3, 5, 2, 2)	1.234568	0.000000
X( 4, 1, 1, 1)	1.234568	0.000000
X( 4, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
X( 4, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
X( 4, 1, 2, 2)	0.000000	0.000000
X( 4, 2, 1, 1)	0.000000	0.000000
X( 4, 2, 1, 2)	0.000000	0.000000
X( 4, 2, 2, 1)	0.000000	0.000000
X( 4, 2, 2, 2)	0.000000	0.000000
X( 4, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
X( 4, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
X( 4, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000

X( 4, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
X( 4, 4, 1, 1)	1.234568	0.000000
X( 4, 4, 1, 2)	1.234568	0.000000
X( 4, 4, 2, 1)	1.234568	0.000000
X( 4, 4, 2, 2)	1.234568	0.000000
X( 4, 5, 1, 1)	1.234568	0.000000
X( 4, 5, 1, 2)	1.234568	0.000000
X( 4, 5, 2, 1)	1.234568	0.000000
X( 4, 5, 2, 2)	1.234568	0.000000
X( 5, 1, 1, 1)	1.234568	0.000000
X( 5, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
X( 5, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
X( 5, 1, 2, 2)	0.000000	0.000000
X( 5, 2, 1, 1)	0.2690000	0.000000
X( 5, 2, 1, 2)	0.000000	0.000000
X( 5, 2, 2, 1)	0.000000	0.000000
X( 5, 2, 2, 2)	0.000000	0.000000
X( 5, 3, 1, 1)	0.4470000	0.000000
X( 5, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
X( 5, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
X( 5, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
X( 5, 4, 1, 1)	1.188000	0.000000
X( 5, 4, 1, 2)	0.000000	0.000000
X( 5, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
X( 5, 4, 2, 2)	0.000000	0.000000
X( 5, 5, 1, 1)	1.234568	0.000000
X( 5, 5, 1, 2)	1.234568	0.000000
X( 5, 5, 2, 1)	1.234568	0.000000
X( 5, 5, 2, 2)	1.234568	0.000000
Y( 1, 1, 1, 1)	1.234568	0.000000
Y( 1, 1, 1, 2)	1.234568	0.000000
Y( 1, 1, 2, 1)	1.234568	0.000000
Y( 1, 1, 2, 2)	1.234568	0.000000
Y( 1, 2, 1, 1)	1.234568	0.000000
Y( 1, 2, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 1, 2, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y( 1, 2, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 1, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y( 1, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 1, 4, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y( 1, 4, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 1, 5, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y( 1, 5, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 2, 1, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 2, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 2, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y( 2, 1, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 2, 2, 1, 1)	1.234568	0.000000
Y( 2, 2, 1, 2)	1.234568	0.000000
Y( 2, 2, 2, 1)	1.234568	0.000000
Y( 2, 2, 2, 2)	1.234568	0.000000
Y( 2, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 2, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 2, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000

Y( 2, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 2, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 2, 4, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 2, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y( 2, 4, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 2, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 2, 5, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 2, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y( 2, 5, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 3, 1, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 3, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 3, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y( 3, 1, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 3, 2, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 3, 2, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 3, 2, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y( 3, 2, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 3, 3, 1, 1)	1.234568	0.000000
Y( 3, 3, 1, 2)	1.234568	0.000000
Y( 3, 3, 2, 1)	1.234568	0.000000
Y( 3, 3, 2, 2)	1.234568	0.000000
Y( 3, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 3, 4, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 3, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y( 3, 4, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 3, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 3, 5, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 3, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y( 3, 5, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 4, 1, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 4, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 4, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y( 4, 1, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 4, 2, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 4, 2, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 4, 2, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y( 4, 2, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 4, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 4, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 4, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y( 4, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 4, 4, 1, 1)	1.234568	0.000000
Y( 4, 4, 1, 2)	1.234568	0.000000
Y( 4, 4, 2, 1)	1.234568	0.000000
Y( 4, 4, 2, 2)	1.234568	0.000000
Y( 4, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 4, 5, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 4, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y( 4, 5, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 5, 1, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 5, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 5, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y( 5, 1, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 5, 2, 1, 1)	0.000000	0.2311244
Y( 5, 2, 1, 2)	0.000000	0.2311244
Y( 5, 2, 2, 1)	0.000000	3.660202
Y( 5, 2, 2, 2)	0.000000	3.660202
Y( 5, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 5, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 5, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000



Y( 5, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 5, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
Y( 5, 4, 1, 2)	0.000000	0.000000
Y( 5, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
Y( 5, 4, 2, 2)	0.000000	0.000000
Y( 5, 5, 1, 1)	1.234568	0.000000
Y( 5, 5, 1, 2)	1.234568	0.000000
Y( 5, 5, 2, 1)	1.234568	0.000000
Y( 5, 5, 2, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 1, 1, 1, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 1, 1, 1, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 1, 1, 2, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 1, 1, 2, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 1, 2, 1, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 1, 2, 1, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 1, 2, 2, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 1, 2, 2, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 1, 3, 1, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 1, 3, 1, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 1, 3, 2, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 1, 3, 2, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 1, 4, 1, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 1, 4, 1, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 1, 4, 2, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 1, 4, 2, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 1, 5, 1, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 1, 5, 1, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 1, 5, 2, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 1, 5, 2, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 2, 1, 1, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 2, 1, 1, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 2, 1, 2, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 2, 1, 2, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 2, 2, 1, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 2, 2, 1, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 2, 2, 2, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 2, 2, 2, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 2, 3, 1, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 2, 3, 1, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 2, 3, 2, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 2, 3, 2, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 2, 4, 1, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 2, 4, 1, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 2, 4, 2, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 2, 4, 2, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 2, 5, 1, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 2, 5, 1, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 2, 5, 2, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 2, 5, 2, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 3, 1, 1, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 3, 1, 1, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 3, 1, 2, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 3, 1, 2, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 3, 2, 1, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 3, 2, 1, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 3, 2, 2, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 3, 2, 2, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 3, 3, 1, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 3, 3, 1, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 3, 3, 2, 1)	1.234568	0.000000

TIEMPO( 3, 3, 2, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 3, 4, 1, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 3, 4, 1, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 3, 4, 2, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 3, 4, 2, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 3, 5, 1, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 3, 5, 1, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 3, 5, 2, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 3, 5, 2, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 4, 1, 1, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 4, 1, 1, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 4, 1, 2, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 4, 1, 2, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 4, 2, 1, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 4, 2, 1, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 4, 2, 2, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 4, 2, 2, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 4, 3, 1, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 4, 3, 1, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 4, 3, 2, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 4, 3, 2, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 4, 4, 1, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 4, 4, 1, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 4, 4, 2, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 4, 4, 2, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 4, 5, 1, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 4, 5, 1, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 4, 5, 2, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 4, 5, 2, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 5, 1, 1, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 5, 1, 1, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 5, 1, 2, 1)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 5, 1, 2, 2)	0.000000	43.94000
TIEMPO( 5, 2, 1, 1)	0.000000	0.000000
TIEMPO( 5, 2, 1, 2)	0.000000	0.000000
TIEMPO( 5, 2, 2, 1)	0.000000	0.000000
TIEMPO( 5, 2, 2, 2)	0.000000	0.000000
TIEMPO( 5, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
TIEMPO( 5, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
TIEMPO( 5, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
TIEMPO( 5, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
TIEMPO( 5, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
TIEMPO( 5, 4, 1, 2)	0.000000	0.000000
TIEMPO( 5, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
TIEMPO( 5, 4, 2, 2)	0.000000	0.000000
TIEMPO( 5, 5, 1, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 5, 5, 1, 2)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 5, 5, 2, 1)	1.234568	0.000000
TIEMPO( 5, 5, 2, 2)	1.234568	0.000000
TDESC( 1, 1, 1, 1)	1.234568	0.000000
TDESC( 1, 1, 1, 2)	1.234568	0.000000
TDESC( 1, 1, 2, 1)	1.234568	0.000000
TDESC( 1, 1, 2, 2)	1.234568	0.000000
TDESC( 1, 2, 1, 1)	0.000000	0.000000
TDESC( 1, 2, 1, 2)	0.000000	0.000000
TDESC( 1, 2, 2, 1)	0.000000	0.000000
TDESC( 1, 2, 2, 2)	0.000000	0.000000
TDESC( 1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
TDESC( 1, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
TDESC( 1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000

TDESC ( 1, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
TDESC ( 1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
TDESC ( 1, 4, 1, 2)	0.000000	0.000000
TDESC ( 1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
TDESC ( 1, 4, 2, 2)	0.000000	0.000000
TDESC ( 1, 5, 1, 1)	8.512504	0.000000
TDESC ( 1, 5, 1, 2)	0.000000	0.000000
TDESC ( 1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
TDESC ( 1, 5, 2, 2)	0.000000	0.000000
TDESC ( 2, 1, 1, 1)	0.000000	43.94000
TDESC ( 2, 1, 1, 2)	0.000000	43.94000
TDESC ( 2, 1, 2, 1)	0.000000	43.94000
TDESC ( 2, 1, 2, 2)	0.000000	43.94000
TDESC ( 2, 2, 1, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 2, 2, 1, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 2, 2, 2, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 2, 2, 2, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 2, 3, 1, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 2, 3, 1, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 2, 3, 2, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 2, 3, 2, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 2, 4, 1, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 2, 4, 1, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 2, 4, 2, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 2, 4, 2, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 2, 5, 1, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 2, 5, 1, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 2, 5, 2, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 2, 5, 2, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 3, 1, 1, 1)	0.000000	43.94000
TDESC ( 3, 1, 1, 2)	0.000000	43.94000
TDESC ( 3, 1, 2, 1)	0.000000	43.94000
TDESC ( 3, 1, 2, 2)	0.000000	43.94000
TDESC ( 3, 2, 1, 1)	0.000000	0.000000
TDESC ( 3, 2, 1, 2)	0.000000	0.000000
TDESC ( 3, 2, 2, 1)	0.000000	0.000000
TDESC ( 3, 2, 2, 2)	0.000000	0.000000
TDESC ( 3, 3, 1, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 3, 3, 1, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 3, 3, 2, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 3, 3, 2, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 3, 4, 1, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 3, 4, 1, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 3, 4, 2, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 3, 4, 2, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 3, 5, 1, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 3, 5, 1, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 3, 5, 2, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 3, 5, 2, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 4, 1, 1, 1)	0.000000	43.94000
TDESC ( 4, 1, 1, 2)	0.000000	43.94000
TDESC ( 4, 1, 2, 1)	0.000000	43.94000
TDESC ( 4, 1, 2, 2)	0.000000	43.94000
TDESC ( 4, 2, 1, 1)	0.000000	0.000000
TDESC ( 4, 2, 1, 2)	0.000000	0.000000
TDESC ( 4, 2, 2, 1)	0.000000	0.000000
TDESC ( 4, 2, 2, 2)	0.000000	0.000000
TDESC ( 4, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
TDESC ( 4, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
TDESC ( 4, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000

TDESC ( 4, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
TDESC ( 4, 4, 1, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 4, 4, 1, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 4, 4, 2, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 4, 4, 2, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 4, 5, 1, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 4, 5, 1, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 4, 5, 2, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 4, 5, 2, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 5, 1, 1, 1)	0.000000	43.94000
TDESC ( 5, 1, 1, 2)	0.000000	43.94000
TDESC ( 5, 1, 2, 1)	0.000000	43.94000
TDESC ( 5, 1, 2, 2)	0.000000	43.94000
TDESC ( 5, 2, 1, 1)	0.7308461E-01	0.000000
TDESC ( 5, 2, 1, 2)	0.000000	0.000000
TDESC ( 5, 2, 2, 1)	0.000000	0.000000
TDESC ( 5, 2, 2, 2)	0.000000	0.000000
TDESC ( 5, 3, 1, 1)	0.5234996	0.000000
TDESC ( 5, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
TDESC ( 5, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
TDESC ( 5, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
TDESC ( 5, 4, 1, 1)	1.707726	0.000000
TDESC ( 5, 4, 1, 2)	0.000000	0.000000
TDESC ( 5, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
TDESC ( 5, 4, 2, 2)	0.000000	0.000000
TDESC ( 5, 5, 1, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 5, 5, 1, 2)	1.234568	0.000000
TDESC ( 5, 5, 2, 1)	1.234568	0.000000
TDESC ( 5, 5, 2, 2)	1.234568	0.000000
D ( 1, 2)	3.900000	0.000000
D ( 1, 3)	2.400000	0.000000
D ( 1, 4)	1.100000	0.000000
D ( 1, 5)	2.300000	0.000000
D ( 2, 1)	3.300000	0.000000
D ( 3, 1)	3.300000	0.000000
D ( 3, 2)	2.300000	0.000000
D ( 4, 1)	0.8500000	0.000000
D ( 4, 2)	1.200000	0.000000
D ( 4, 3)	1.200000	0.000000
D ( 5, 1)	1.400000	0.000000
D ( 5, 2)	1.700000	0.000000
D ( 5, 3)	1.600000	0.000000
D ( 5, 4)	1.600000	0.000000
CANTOTAL ( 1, 1)	2.876000	0.000000
CANTOTAL ( 1, 2)	0.000000	0.000000
CANTOTAL ( 2, 1)	0.000000	0.000000
CANTOTAL ( 2, 2)	0.000000	0.000000
KILOMETRAJE ( 1, 1)	14.60000	0.1700000
KILOMETRAJE ( 1, 2)	0.000000	0.1700000
KILOMETRAJE ( 2, 1)	0.000000	0.2100000
KILOMETRAJE ( 2, 2)	0.000000	0.2100000
HSALIDA ( 1, 1)	0.000000	0.000000
HSALIDA ( 1, 2)	0.000000	0.000000
HSALIDA ( 2, 1)	0.000000	0.000000
HSALIDA ( 2, 2)	0.000000	0.000000
TIETOTAL ( 1, 1)	10.81681	0.000000
TIETOTAL ( 1, 2)	0.000000	0.000000
TIETOTAL ( 2, 1)	0.000000	0.000000
TIETOTAL ( 2, 2)	0.000000	0.000000
NCARGA ( 1, 1)	1.234568	0.000000

NCARGA ( 1, 2)	1.234568	0.000000
NCARGA ( 2, 1)	1.234568	0.000000
NCARGA ( 2, 2)	1.234568	0.000000
T ( 1, 1)	0.4507006	0.000000
T ( 1, 2)	0.000000	0.000000
T ( 2, 1)	0.000000	0.000000
T ( 2, 2)	0.000000	0.000000
TS ( 1, 1)	1.234568	0.000000
TS ( 1, 2)	1.234568	0.000000
TS ( 2, 1)	1.234568	0.000000
TS ( 2, 2)	1.234568	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
COSTOS	475.2908	-1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	-11.93806
4	0.000000	-51.45989
5	0.000000	-63.16287
6	0.000000	-384.8142
7	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000
9	0.000000	0.000000
10	0.000000	0.000000
11	27.12400	0.000000
12	30.00000	0.000000
13	32.00000	0.000000
14	32.00000	0.000000
15	0.000000	0.000000
16	0.000000	0.000000
17	0.000000	0.000000
18	0.000000	0.000000
19	0.000000	0.000000
20	0.000000	0.000000
21	0.000000	0.000000
22	0.000000	0.000000
23	0.000000	0.000000
24	0.000000	0.000000
25	0.000000	0.000000
26	0.000000	0.000000
27	0.000000	0.000000
28	0.000000	0.000000
29	0.000000	0.000000
30	0.000000	0.000000
31	0.000000	0.000000
32	0.000000	0.000000
33	0.000000	0.000000
34	0.000000	0.000000
35	0.000000	0.000000
36	0.000000	0.000000
37	0.000000	0.000000
38	0.000000	0.000000
39	0.000000	0.000000
40	0.000000	0.000000
41	0.000000	0.000000
42	0.000000	0.000000
43	0.000000	0.000000
44	0.000000	0.000000
45	0.000000	0.000000
46	0.000000	0.000000
47	0.000000	0.000000

48	0.000000	0.000000
49	0.000000	0.000000
50	0.000000	0.000000
51	0.000000	0.000000
52	0.000000	0.000000
53	0.000000	0.000000
54	0.000000	0.000000
55	0.000000	0.000000
56	0.000000	0.000000
57	0.000000	0.000000
58	0.000000	0.000000
59	0.000000	43.94000
60	0.000000	43.94000
61	0.000000	43.94000
62	0.000000	43.94000
63	0.000000	43.94000
64	0.000000	43.94000
65	0.000000	43.94000
66	0.000000	43.94000
67	0.000000	43.94000
68	0.000000	43.94000
69	0.000000	43.94000
70	0.000000	43.94000
71	0.000000	43.94000
72	0.000000	43.94000
73	0.000000	43.94000
74	0.000000	43.94000
75	0.000000	43.94000
76	0.000000	43.94000
77	0.000000	43.94000
78	0.000000	43.94000
79	0.000000	43.94000
80	0.000000	43.94000
81	0.000000	43.94000
82	0.000000	43.94000
83	0.000000	43.94000
84	0.000000	43.94000
85	0.000000	43.94000
86	0.000000	43.94000
87	0.000000	43.94000
88	0.000000	43.94000
89	0.000000	43.94000
90	0.000000	43.94000
91	0.000000	43.94000
92	0.000000	43.94000
93	0.000000	43.94000
94	0.000000	43.94000
95	0.000000	43.94000
96	0.000000	43.94000
97	0.000000	43.94000
98	0.000000	43.94000
99	0.000000	43.94000
100	0.000000	43.94000
101	0.000000	43.94000
102	0.000000	43.94000
103	0.000000	43.94000
104	0.000000	43.94000
105	0.000000	43.94000
106	0.000000	43.94000
107	0.000000	43.94000

108	0.000000	43.94000
109	0.000000	43.94000
110	0.000000	43.94000
111	0.000000	43.94000
112	0.000000	43.94000
113	0.000000	43.94000
114	0.000000	43.94000
115	0.000000	0.000000
116	0.000000	0.000000
117	0.000000	0.000000
118	0.000000	0.000000
119	0.000000	0.000000
120	0.000000	0.000000
121	0.000000	0.000000
122	0.000000	0.000000
123	0.000000	0.000000
124	0.000000	0.000000
125	0.000000	0.000000
126	0.000000	0.000000
127	0.000000	0.000000
128	0.000000	0.000000
129	0.000000	0.000000
130	0.000000	0.000000
131	0.000000	0.000000
132	0.000000	0.000000
133	0.000000	0.000000
134	0.000000	0.000000
135	0.000000	-3.697990
136	0.000000	-3.697990
137	0.000000	-58.56323
138	0.000000	-58.56323
139	0.000000	1.000000

### C 6: Formulario de problemas de ruteo de vehículo

FORMULARIO DE PROBLEMAS DE RUTEO DE VEHÍCULO (TSP)		
NOMBRE	EXPRECIÓN MATEMÁTICA	DESCRIPCIÓN
<b>MODELO MATEMÁTICO DE PROGRAMACIÓN LINEAL</b>	Variables de decisión $x_j, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$ Función objetivo $\text{Maximizar o Minimizar } Z = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$ Restricciones $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \{ \leq, =, \geq \} b_1$ $a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \{ \leq, =, \geq \} b_2$ $\dots$ $a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \{ \leq, =, \geq \} b_m$ Restricción de desigualdad $x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$	La <b>formulación de modelos de programación lineal</b> se procede de la siguiente manera: la función objetivo está formada por variables de decisión ( $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ ) a las que se pretende maximizar o minimizar, las restricciones son limitaciones o requerimientos impuestos al grupo de variables de decisión permisibles y finalmente la restricción de desigualdad es el símbolo $\geq$ significa mayor o igual que y consiste en restringir todas las variables $X_j$ a valores no negativos.
<b>MÉTODO DE ASIGNACIÓN</b>	La función objetivo es: $\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}$ Sujeto a: $\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, n,$ $\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, n,$ y $x_{ij} \geq 0, \quad \text{para toda } i \text{ y } j$ ( $x_{ij}$ binarias, para toda $i$ y $j$ )	El modelo matemático para el problema de asignación emplea las variables de decisión: $x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el individuo } i \text{ se asigna a la tarea } j \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$ Para $i = 1, 2, \dots, n$ y $j = 1, 2, \dots, n$ . Entonces cada $x_{ij}$ es una variable binaria que representa las decisiones de si o no debe ser asignado. Siendo $Z$ el costo de distribución. El conjunto de restricciones especifica que cada $n$ individuos se le debe asignar $n$ tareas; siendo $c_{ij}$ , el costo de asignar al individuo la tarea, con la finalidad de establecer una asignación en la que el costo total sea el mínimo.
<b>PROBLEMA DEL AGENTE VIAJE (TSP)</b>	La formulación es la siguiente: $\text{Minimizar } Z = \sum_{i \neq j} c_{ij}x_{ij}$ Sujeto a: $\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad (i \in V, i \neq j)$ $\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad (j \in V, j \neq i)$ $\sum_{i,j \in S} x_{ij} \leq  S  - 1 \quad (S \subset V, 2 \leq  S  \leq n - 2)$ $x_{ij} = 0 \text{ o } 1 \quad (i, j) \in A$	La función objetivo establece que el costo total de la solución es la suma de los costos de los arcos utilizados. Las restricciones indican que la ruta debe llegar y abandonar cada nodo exactamente una vez. Finalmente, las restricciones de eliminación de sub-tours indican que todo subconjunto de nodos $S$ debe ser abandonado al menos una vez.



<p><b>PROBLEMA DE LOS m – AGENTES VIAJEROS (m-TSP)</b></p>	<p>La formulación es la siguiente:</p> $\min Z = \sum_{(i,j) \in E} c_{ij} x_{ij}$ <p>Sujeto a:</p> $\sum_{j \in \Delta^+(0)} x_{0j} = m$ $\sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\}$ $\sum_{i \in \Delta^-(j)} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in V \setminus \{0\}$ $\sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\}$ $u_i - u_j + p x_{ij} \leq p - 1 \quad \forall (i,j) \in E, i \neq 0, j \neq 0$ $x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in E$ $u_i \geq 0 \quad \forall i \in V \setminus \{0\}$	<p>La restricción indica que exactamente <math>m</math> vehículos salen del depósito y aseguran que cada cliente es un nodo intermedio en exactamente una ruta. Finalmente, se eliminan los sub-tours y se impone que en cada ruta no haya más de <math>p</math> clientes. En el caso que <math>p = n</math> (es decir, cuando la cantidad de clientes por ruta no está acotada) el m-TSP puede formularse como un TSP con <math>m</math> copias del depósito tales que la distancia entre ellas es infinita. Las soluciones a ese TSP no utilizarán arcos que conectan dos copias del depósito y por lo tanto, pueden ser interpretadas como soluciones del m-TSP.</p>
<p><b>PROBLEMA CON CAPACIDADES (VRP o CVRP)</b></p>	<p>El problema se formula de la siguiente manera:</p> $\min Z = \sum_{(i,j) \in E} c_{ij} x_{ij}$ <p>Sujeto a:</p> $\sum_{j \in \Delta^+(0)} x_{0j} = m$ $\sum_{i \in \Delta^-(0)} x_{i0} = m$ $\sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\}$ $\sum_{i \in \Delta^-(j)} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in V \setminus \{0\}$ $\sum_{i \in S, j \in \Delta^+(i) \setminus S} x_{ij} \geq r(S) \quad \forall S \subset V \setminus \{0\}$ $m \geq 1$ $x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in E$ <p>Determinar el valor de <math>r(S)</math> requiere la resolución del siguiente problema:</p> $r(S) = \min \sum_{k \in K} y_k$ <p>Sujeto a:</p> $\sum_{i \in S} d_i x_{ik} \leq C y_k \quad \forall k \in K$ $\sum_{k \in K} x_{ik} = 1 \quad \forall i \in S$ $x_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i \in S, \forall k \in K$ $y_k \in \{0,1\} \quad \forall k \in K$	<p>La función objetivo es el costo total de la solución. Las restricciones indican que <math>m</math> es la cantidad de vehículos utilizados en la solución y que todos los vehículos que parten del depósito deben regresar. Las restricciones aseguran que todo cliente es un nodo intermedio de alguna ruta y la última restricción actúa como restricción de eliminación de sub-tours y a la vez impone que la demanda total de los clientes visitados por un vehículo no puede superar la capacidad <math>C</math>. (ANEXO A) Donde <math>k</math> es un conjunto con suficientes vehículos para satisfacer la demanda. Este problema, según Martello (1990) es conocido como <i>Bin Packing Problem</i> (BPP). Una cota inferior para la cantidad de vehículos está dada por el valor óptimo de la relajación lineal del BPP, que es <math>\left\lceil \frac{d(S)}{C} \right\rceil</math>. La formulación es válida incluso cuando se sustituye <math>r(S)</math> por la cota inferior <math>\left\lceil \frac{d(S)}{C} \right\rceil</math>.</p>

<p><b>PROBLEMA CON FLOTO HETEROGÉNEA (FSMVRP)</b></p>	<p>El problema se formula de la siguiente manera:</p> $\text{Minimizar } Z = \sum_{k \in T} f^k \sum_{j \in \Delta^+(0)} x_{0j}^k + \sum_{k \in T} \sum_{(i,j) \in E} c_{ij}^k x_{ij}^k$ <p>Sujeto a:</p> $\sum_{k \in T} \sum_{i \in \Delta^+(j)} x_{ij}^k = 1 \quad \forall j \in V \setminus \{0\}$ $\sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij}^k - \sum_{j \in \Delta^-(i)} x_{ij}^k = 0 \quad \forall i \in V, \forall k \in T$ $r_0 = 0$ $r_j - r_i \geq (d_j + q^{ T }) \sum_{k \in T} x_{ij}^k - q^{ T } \quad \forall i \in V \setminus \{0\}, \forall j \in \Delta^+(i)$ $r_j \leq \sum_{k \in T} \sum_{i \in \Delta^-(j)} q_k x_{ij}^k \quad \forall j \in V \setminus \{0\}$ $x_{ij}^k \in \{0, 1\} \quad \forall (i, j) \in E, \forall k \in T$ $r_j \geq 0 \quad \forall j \in V$	<p>En la siguiente formulación de flujo de vehículos de tres índices se agrega un índice para discriminar entre los tipos de vehículos. Las variables binarias <math>x_{ij}^k</math> indican si el arco <math>(i, j)</math> es utilizado por el vehículo <math>k</math> y las variables <math>r_i</math> positivas indican la carga acumulada en la ruta correspondiente hasta el nodo <math>i</math> (inclusive). La función objetivo mide el costo total de la solución incluyendo costos fijos y variables. Las restricciones establecen que todo cliente debe ser visitado por algún vehículo, en la siguiente restricción se indica que si un vehículo de tipo <math>k</math> visita al nodo <math>i</math>, entonces un vehículo del mismo tipo debe abandonarlo. Las penúltimas restricciones fijan los valores de las variables <math>r_i</math> y actúan como restricciones de eliminación de subtours, mientras que la capacidad de los vehículos se impone en la última restricción.</p>
<p><b>PROBLEMA CON VENTANAS DE TIEMPO (VRPTW)</b></p>	<p>El problema se formula de la siguiente manera:</p> $\text{Minimizar } Z = \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in R} c_{ij}^k x_{ij}^k$ <p>Sujeto a:</p> $\sum_{k \in K} \sum_{j \in \Delta^-(i)} x_{ij}^k = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0, n+1\}$ $\sum_{j \in \Delta^+(0)} x_{0j}^k = 1 \quad \forall k \in K$ $\sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij}^k - \sum_{j \in \Delta^-(i)} x_{ij}^k = 0 \quad \forall k \in K, i \in V \setminus \{0, n+1\}$ $\sum_{i \in V \setminus \{0, n+1\}} d_i \sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij}^k \leq q^k \quad \forall k \in K$ $y_j^k - y_i^k \geq s_i + t_{ij}^k - M(1 - x_{ij}^k) \quad \forall i, j \in V \setminus \{0, n+1\}, k \in K$ $e_i \leq y_i^k \leq l_i \quad \forall i \in V \setminus \{0, n+1\}, k \in K$ $x_{ij}^k \in \{0, 1\} \quad \forall (i, j) \in E, k \in K$ $y_i^k \geq 0 \quad \forall i \in V \setminus \{0, n+1\}, k \in K$	<p>Las variables <math>x_{ij}^k</math> indican si el arco <math>(i, j)</math> es recorrido por el vehículo <math>k</math>. Las variables <math>y_i^k</math> indican la hora de arribo al cliente <math>i</math> cuando es visitado por el vehículo <math>k</math> (si el cliente no es visitado por dicho vehículo el valor de la variable no tiene significado). La función objetivo es el costo total de las rutas. La primera restricción indica que todos los clientes deben ser visitados. Las dos siguientes determinan que cada vehículo <math>k \in K</math> recorre un camino de 0 a <math>n+1</math>. La capacidad de cada vehículo es impuesta en la cuarta, siendo <math>M</math> una constante lo suficientemente grande, la siguiente restricción asegura que si un vehículo <math>k</math> viaja de <math>i</math> a <math>j</math>, no puede llegar a <math>j</math> antes que <math>y_i + s_i + t_{ij}^k</math>, y actúan además como restricciones de eliminación de sub-tours. Finalmente, los límites de las ventanas de tiempo son impuestos en la última restricción.</p>
<p><b>ALGORITMO DE AHORROS</b></p>	<p>Si en una solución dos rutas diferentes <math>(0, \dots, i, 0)</math> y <math>(0, j, \dots, 0)</math> pueden ser combinadas formando una nueva ruta <math>(0, \dots, i, j, \dots, 0)</math>, el ahorro (en distancia) obtenido por dicha unión es</p> $s_{ij} = c_{i0} - c_{ij} + c_{0j}$	<p>Los pasos a seguir son:</p> <p>Paso 1 (inicialización). Para cada cliente <math>i</math> construir la ruta <math>(0, i, 0)</math>.</p> <p>Paso 2 (cálculo de ahorros). Calcular <math>s_{ij}</math> para cada par de clientes <math>i</math> y <math>j</math>.</p> <p>Paso 3 (mejor unión). Sea <math>r_{i^*j^*} = \max s_{ij}</math>, donde el máximo se toma entre los ahorros que no han sido considerados aún. Sean <math>r_{i^*}</math> y <math>r_{j^*}</math> las rutas que contienen a los clientes <math>i^*</math> y <math>j^*</math> respectivamente. Si <math>i^*</math> es el último cliente de <math>r_{i^*}</math> y <math>j^*</math> es el primer cliente de <math>r_{j^*}</math> y la combinación de <math>r_{i^*}</math> y <math>r_{j^*}</math> es factible, combinarlas.</p> <p>Paso 4 Eliminar si <math>s_{i^*}</math> y <math>s_{j^*}</math> de futuras consideraciones. Si quedan ahorros por examinar ir a 3, si no terminar.</p>

<p><b>ALGORITMO DE PÉTALOS</b></p>	<p>Función objetivo:</p> $\min Z \sum_{k \in R} a_{ik} x_k = 1$ <p>Sujeto a</p> $\sum_{k \in R} a_{ik} x_k = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\}$ $x_{ik} \in \{0, 1\} \quad \forall k \in S$	<p>Donde <math>a_{ik}</math> vale 1 si el cliente es visitado por la ruta <math>r_k</math> y 0 si no y donde <math>c_k</math> es el costo de la ruta <math>r_k</math>. La variable <math>x_k</math> indica si la ruta <math>r_k</math> es seleccionada o no en la solución final. Esta formulación se debe a Balinski y Quandt (1964). En el caso extremo de que <math>R</math> contenga todas las posibles rutas factibles, solucionar el SPP es equivalente a resolver el problema en forma exacta. Como la cantidad de rutas factibles es, en el caso general, exponencial en la cantidad de clientes, se suele generar solamente un subconjunto formado por "buenas" rutas.</p> <p>Cada columna del SPP representa una ruta de <math>R</math>. Cuando en toda columna los ceros aparecen de forma consecutiva, el problema verifica la propiedad de Columnas Circulares y el SPP correspondiente puede ser resuelto en tiempo polinomial. Trasladada al problema la propiedad establece que, para determinado ordenamiento de los clientes del problema, el conjunto de clientes visitado por cada ruta forma un intervalo (que en algunos casos tiene forma de pétalo). Diversas técnicas han sido propuestas para generar "buenos" conjuntos de rutas que verifiquen la propiedad llamadas 1-pétalos y 2-pétalos.</p>
<p><b>RUTEAR PRIMERO – ASIGNAR DESPUÉS</b></p>	<p>Cada arco <math>(v_i, v_j)</math> se pondera con el costo de la ruta <math>(0, v_{i+1}, \dots, v_j, 0)</math>, es decir:</p> $\omega(v_i, v_j) = c_{0, v_{i+1}} + c_{v_j, 0} + \sum_{k=i+1}^{j-1} c_{v_k, v_{k+1}}$	<p>Dada <math>r = (0, v_1, \dots, v_n, 0)</math>, la solución del TSP obtenida en la primera fase, se determina la mejor partición de <math>r</math> que respete la capacidad del vehículo. Este problema se puede formular como el de hallar un camino mínimo en un grafo dirigido y acíclico. Para ello, se construye un grafo <math>G = (X, V, W)</math> donde <math>X = \{0, v_1, \dots, v_n\}</math>. Los arcos del <math>G</math> conectan todo par de clientes <math>v_i</math> y <math>v_j</math> con <math>i &lt; j</math> y tales que la demanda total de los clientes <math>v_{i+1}, \dots, v_j</math> no supera la capacidad del vehículo: <math>V = \{(v_i, v_j) \mid i &lt; j, \sum_{k=i+1}^j d_{v_k} \leq Q\}</math>.</p> <p>Un arco <math>(v_i, v_j)</math> representa la ruta <math>(0, v_{i+1}, \dots, v_j, 0)</math>. Cada camino de 0 a <math>v_n</math> en <math>G</math> representa una posible partición de la ruta <math>r</math> en rutas que respetan las restricciones de demanda. Por lo tanto, el camino de costo mínimo entre 0 y <math>v_n</math> representa la partición de costo mínimo de la ruta original en rutas que respetan la restricción de capacidad.</p>

Fuente: Varios Autores

C 7: Cronograma de ejecución, abril - diciembre, 2015

ACTIVIDAD	MESES							
	ABR	MAY -JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Búsqueda de información	■	■						
Redacción de proyecto	■	■						
Aprobación proyecto			■					
Recojo de información				■	■	■		
Tratamiento y análisis de información					■	■		
Redacción de informe					■	■	■	
Presentación y sustentación informe								■

Fuente: sílabo proyecto investigación y desarrollo de investigación UCV

C 8: Presupuesto

PRESUPUESTO DEL INFORME DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN, 2015				
CLASIFICADOR DE GASTOS	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
2. 3. 15	Materiales y útiles			
2. 3. 15. 11.2	Papelería en general, útiles y materiales de oficina			
	Papel bond A4 + tinta	5 mill	21.70	108.50
	Folder A4	6 unid	0.70	4.20
	CD	1 unid	1.00	1.00
2.3.21.21	Pasajes y viajes de transporte	320 viajes	2.00	640.00
2.3.22.1.	Servicio de suministro de energía eléctrica	603 kwh	0.5088	306.81
2.3.22.2.	Servicio de telefonía e internet	9 meses	30.00	270.00
2.3.22.44	Servicios de impresiones, encuadernación y empastado			
	Impresiones	300 hojas	0.10	30.00
	Anillado	18	3.50	63.00
	Empastado	3	30.00	90.00
			<b>TOTAL</b>	<b>S/. 1513.51</b>

Elaboración: Propia

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas

## C 9: Matriz de Consistencia

<b>TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</b>	MODELO MATEMÁTICO DE PLANIFICACIÓN DE RUTAS PARA MINIMIZAR LOS COSTOS DEL REPARTO DE LA EMPRESA SAN ISIDRO LABRADOR S.R.L. EN EL AÑO 2015
<b>PROBLEMA</b>	¿Qué impacto produce la planificación de rutas, en base a un modelo matemático en los costos del reparto de carga de la empresa San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015?
<b>HIPÓTESIS</b>	La aplicación de un modelo matemático de planificación de rutas minimiza los costos del reparto de la empresa San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015.
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	Planificar las rutas de reparto de carga a través de un modelo matemático para minimizar los costos del reparto de cargas de la empresa San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Analizar la situación actual del reparto de carga.</li> <li>-Mapear los clientes del sistema de reparto.</li> <li>-Determinar los costos actuales del reparto de carga.</li> <li>- Desarrollar modelos matemáticos de planificación de rutas.</li> <li>-Simular los resultados de los costos en distintos panoramas de ocurrencia, con LINGO Systems.</li> <li>-Medir el impacto del modelo matemático de planificación de rutas elegido en el costo del sistema de reparto, mediante el análisis técnico y estadístico.</li> </ul>
<b>DISEÑO DEL ESTUDIO</b>	Pre experimental. Existe un control mínimo de la variable independiente, se trabaja en el área de distribución de la Empresa San Isidro Labrador S.R.L. al cual se le aplica un modelo matemático (mejora del sistema de reparto a través de un modelo matemático de rutas) para determinar su efecto en la variable dependiente (costos de reparto), aplicándose mediciones de tiempo y costo antes y después del estudio.
<b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	Población: 275 clientes. Muestra 161 clientes.
<b>VARIABLES</b>	<p><b>Variable independiente, cuantitativa:</b> Aplicación del modelo matemático de planificación de rutas: es la representación de la realidad basada en variables de secuencia de tramos que generan una ruta teniendo en cuenta al tiempo de recorrido en una determinada zona geográfica para prever con anticipación la secuencia lógica de los clientes visitados teniendo en cuenta el tiempo total del recorrida brindando un servicio de calidad minimizando costos.</p> <p><b>Variable dependiente, cuantitativa:</b> Costos del reparto de carga de San Isidro Labrador S.R.L.: costos generados en el recorrido que une a los diferentes puntos que generan demanda; compuestos de costo de combustible, mano de obra y mantenimiento.</p>

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES DEL PROYECTO TESIS 2015-I				
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
<b>Modelo matemático de planificación de rutas</b>	Es la representación de la realidad basada en variables de secuencia de tramos que generan una ruta para prever con anticipación la secuencia lógica de los clientes visitados teniendo en cuenta el tiempo total del recorrido brindando un servicio de calidad minimizando costos. (KONG, 2010)	Calidad del servicio de reparto por zonas geográficas, medido a través de un cuestionario dirigido a los clientes.	Insatisfecho: [19 - 44] Ni insatisfecho ni satisfecho: [45 - 70] Satisfecho: [71 - 95]	Ordinal
		Lógica de secuencia Minimizar $= \sum \text{Costos}_{ij} * Y_{ij}$ $\sum Y_{ij} = 1$	Costos de transporte x distancia recorrida entre nodos	Razón
		Tiempos total de recorrido $\sum \text{Tiempos de Tramos}$ % de Variación de Tiempo $\frac{t_{actual} - t_{modelo\ mat.}}{t_{actual}} \times 100\%$	Tiempos de recorrido entre nodos con modelo < Tiempos de recorrido entre nodos actual	Razón
<b>Costos del Sistema de reparto</b>	Costos generados en el recorrido que une a los diferentes puntos que generan demanda. (FRANCESCO, 2005)	Costos diarios de reparto de carga de la empresa San Isidro Labrador S.R.L	Costos: combustible+ mano de obra+ mantenimiento de vehículo = Soles /día	Razón

<b>MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS</b>	<p>A <b>nivel descriptivo</b> se tabularan los datos en tablas de frecuencias, contingencia o gráficos de tendencia, barras, circular según sea la naturaleza de los resultados; para analizar sus medidas de tendencia central.</p> <p>A <b>nivel inferencial</b> para probar la hipótesis se hará uso de la prueba estadística de t-student de comparación de muestras dependientes para estudios paramétricos por corresponder la variable dependiente a escala razón o intervalo; siempre y cuando cumplan con los supuestos de normalidad probados con la prueba de Shapiro willk por ser su data menor a 50; de no ser así se recurre a la prueba estadística de Wilcoxon de comparación de muestras dependientes para estudios no paramétricos.</p>
<b>RESULTADOS</b>	<p>Se analizó mediante una encuesta de calidad del reparto de carga dirigida a la muestra de 161 clientes, obteniéndose los niveles de insatisfacción de 20% en puntualidad de entrega, 18% en rapidez de descarga, 27% en seguridad e higiene en el transporte, 27% en fiabilidad del estado de la carga y 19% en condiciones impuestas por el cliente; resultando que 45 clientes se encuentran insatisfechos por el servicio de reparto. Con el modelo de rutas propuesto se redujo en un 43.7% los costos totales de distribución y un 49.4% la distancia recorrida entre nodos.</p> <p>Se probó la hipótesis con la prueba estadística t-student, la cual afirma que el modelo matemático de rutas minimiza los costos de distribución. Al ser <math>p = 0.017</math> menor a la significancia 0.05</p>
<b>CONCLUSIONES</b>	<p>- La empresa percibe ingresos por la lealtad de sus clientes hecho que demostró el 68% de clientes con nivel de satisfacción medio del reparto de carga, pero no excluye que alguna vez haya recibió un mal servicio del reparto de carga.</p>

- Mapear a los clientes permite ubicarlos geográficamente y zonificarlos de acuerdo a la proximidad de nodos para la formación de clusters permitiendo controlar el número de clientes por clusters y las distancias que existe entre ellos.
- Los costos por hora permite un mejor costeo en las actividades desempeñadas por distribución, debido a que la empresa aún se desarrolla en un ámbito informal, se calculó el costo de mano de obra para los estibadores y conductores según el Decreto Legislativo 1086 para MYPEs a fin de formalizar las remuneraciones mensuales, en cuanto al costo de combustible se calculó en base al rendimiento del vehículo por km recorrido, así mismo el costo de mantenimiento se calculó a partir de las reparaciones de los camiones durante el periodo marzo 2014-15, pues no existe un plan de mantenimiento preventivo implementado.
- El modelo matemático de planificación de rutas tiene como función objetivo minimizar los costos del reparto de carga, teniendo como datos los costos por hora, los tiempos de desestiba por cliente, el número de vehículos, las distancias entre clientes; las restricciones de capacidad del vehículo y demanda de los cliente, tiempo de descarga expresadas en lenguaje de programación en LINGO.
- Se redujo los costos de reparto un 43.7%; en costo de combustible empleado obtuvo una reducción de 33.5%; el costo de mano de obra disminuyó un 30.04%; en cuanto al costo de mantenimiento generado es de S/.172.95 para su posible uso como mantenimiento preventivo.
- Se probó la hipótesis con la prueba estadística t-student obteniéndose  $p = 1.7\%$  menor a la significancia por ende se acepta la H1: la aplicación de un modelo matemático de planificación de rutas minimiza los costos del reparto de la empresa San Isidro Labrador S.R.L. en el año 2015.