

Información Importante

La Universidad de La Sabana informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad de La Sabana.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento para todos los usos que tengan finalidad académica, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le de crédito al documento y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, La Universidad de La Sabana informa que los derechos sobre los documentos son propiedad de los autores y tienen sobre su obra, entre otros, los derechos morales a que hacen referencia los mencionados artículos.

BIBLIOTECA OCTAVIO ARIZMENDI POSADA
UNIVERSIDAD DE LA SABANA
Chía - Cundinamarca

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS ESTOCÁSTICOS DE LOCALIZACIÓN-RUTEO

**Presentado por:
NILSON SEBASTIAN HERAZO PADILLA**

**Asesor y coautor
JAIRO RAFAEL MONTOYA TORRES**

**UNIVERSIDAD DE LA SABANA
ESCUELA INTERNACIONAL DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y
ADMINISTRATIVAS
MAESTRÍA EN GERENCIA DE OPERACIONES
Chía, Diciembre de 2013**

Tabla de contenido

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y LITERATURA RELACIONADA.....	9
1.1 PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN-RUTEO ESTOCÁSTICO (SLRP).....	10
1.2 TIPOS DE PROBLEMAS DE LOCALIZACIÓN-RUTEO.....	13
1.3 MÉTODOS DE SOLUCIÓN	16
2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN	19
2.1 ETAPA DE LOCALIZACIÓN PARA EL SLRP	20
2.2 SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE RUTEO ASOCIADO (CVRP)	21
2.3 MODELO DE OPTIMIZACIÓN-SIMULACIÓN.....	27
2.4 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	28
3. EXPERIMENTOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	29
3.1 GENERACIÓN DE INSTANCIAS.....	29
3.2 COMPARACIÓN ENTRE EL MODELO EXACTO DE MILP Y EL ALGORITMO ACO	30
3.3 RESULTADOS PARA INSTANCIAS DE 50 NODOS	33
3.4 ANÁLISIS DE INSTANCIAS SOLUCIONADAS	34
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	37
3.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS E IMPACTO GERENCIAL	40
3.7 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	41
4. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.....	42
REFERENCIAS	44
ANEXO 1: Tablas comparativas para soluciones ACO y soluciones óptimas	52
ANEXO 2: Soluciones a instancias generadas del SLRP.....	56
ANEXO 3: Análisis de datos	96

Lista de Figuras

- Figura 1.** Área de servicio con ubicación de clientes y posibles depósitos y una solución factible al problema
- Figura 2.** Área de servicio con ubicación de clientes y posibles depósitos
- Figura 3.** Clasificación de la literatura sobre SLRP según el parámetro estocástico en el modelo
- Figura 4.** Distribución del número de artículos según método de resolución empleado
- Figura 5.** Esquema jerárquico
- Figura 6.** Diseño de rutas desde depósitos
- Figura 7.** Pseudo-código de algoritmo basado en Colonia de Hormigas
- Figura 8.** Estructura del modelo de simulación
- Figura 9.** Ejemplos de distribución de puntos de servicio en una instancia
- Figura 10.** Distribución de frecuencias de los diferentes porcentajes de desviación para instancias de 5 y 10 nodos
- Figura 11.** Distribución de frecuencias de los diferentes porcentajes de desviación para instancias de 20 nodos
- Figura 12.** Tiempos computacionales empleados por el algoritmo para solucionar instancias grandes
- Figura 13.** Topología del área de servicio considerada en el experimento

Lista de Tablas

- Tabla 1.** Áreas de aplicación de problemas de localización-ruteo
- Tabla 2.** Clasificación de los problemas de ubicación y ruteo estocásticos
- Tabla 3.** Porcentajes de desviación de la solución ACO con respecto al óptimo para instancias de 5 y 10 nodos
- Tabla 4.** Porcentajes de desviación de la solución ACO con respecto al óptimo para instancias de 20 nodos
- Tabla 5.** Comparación entre la versión determinística y la versión estocástica del LRP
- Tabla 6.** Costo esperado del SLRP entre el conjunto de posibles depósitos
- Tabla 7.** Pruebas de los efectos inter-sujetos
- Tabla 8.** Prueba de Tukey para depósitos
- Tabla 9.** Prueba de Tukey para capacidades

Resumen

El problema de localización-ruteo estocástico (SLRP por sus siglas en inglés) es un problema muy común en empresas de manufactura, comercializadoras y transportadoras. El problema consiste en simultáneamente localizar uno o varios depósitos centrales entre un conjunto de ubicaciones potenciales, determinar un tamaño de flota y diseñar rutas para cada uno de los vehículos para visitar un conjunto de clientes considerando la incertidumbre que existe en algunos aspectos de la operación. En las soluciones presentadas en la literatura para este tipo de problemas se ha considerado mayoritariamente soluciones determinísticas o las soluciones estocásticas presentadas solo consideran en su mayoría la demanda como componente estocástico del sistema. La presente investigación propone un modelo para resolver la versión estocástica con incertidumbre en los costos de transporte y velocidades de los vehículos a través de un enfoque jerárquico de dos fases basado tanto en optimización como en simulación de eventos discretos. Se presenta una estrategia de selección aleatoria en la fase de localización; la fase de ruteo se resuelve empleando un algoritmo basado en colonia de hormigas, y finalmente se incluye al modelo el comportamiento estocástico del sistema a través de simulación de eventos discretos. Se presenta un análisis comparativo para validar la calidad de las soluciones obtenidas por el algoritmo y se realiza un estudio experimental permitiendo el análisis estadístico de resultados. Los resultados obtenidos permiten validar el presente enfoque como una buena herramienta de apoyo a la toma de decisiones para la localización de centros de distribución, la determinación de flotas de vehículos, la asignación de zonas de servicio y el ruteo de vehículos.

Palabras clave: Localización de instalaciones, ruteo de vehículos, optimización, simulación, estocástico

Abstract

The stochastic location routing problem (SLRP), is a common issue in manufacturing, distribution and courier companies. The problem is to simultaneously locate one or more central depots among a set of potential locations, determine a fleet size and design routes for each vehicle to visit a set of customers taking in account the uncertainty existing in some aspects of the operation. Among the solutions presented in the literature concerning these problems, it has been mainly considered deterministic solutions or those stochastic solutions presented only consider demand of customers as the stochastic factor in the system. This research work propose a model to solve the stochastic version with uncertainty in travel costs and vehicle speeds through a two phase hierarchical approach based both in optimization and discrete event simulation (DES). A random selection strategy is presented in the location phase; the routing phase is solved using an Ant Colony Optimization algorithm (ACO), and finally the stochastic behavior of the system is included through discrete event simulation. A comparative analysis is presented in order to test the quality of the solutions obtained with ACO and an experimental study is carried out for the statistical analysis of the results. The results obtained validate this approach as a good tool to support decision making for location of distribution centers, allocation of vehicle fleet, service area assignment and vehicle routing.

Keywords: Location, vehicle routing, optimization, simulation, stochastic

INTRODUCCIÓN

La distribución eficiente de mercancías en cuanto a tiempos de operación, según el Departamento Nacional de Planeación de Colombia es uno de los retos del sistema de logística de transporte a nivel nacional (Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES 2008). Además, teniendo en cuenta que el crecimiento de la economía de Colombia trae consigo nuevos retos para el sistema de logística del transporte, resulta imperioso el desarrollo de metodologías y procedimientos para la solución eficiente de problemas de distribución con miras a la reducción de costos, principalmente. Esto traerá consigo un impacto positivo en los indicadores de la economía nacional. En este contexto, el Gobierno Colombiano busca incentivar proyectos de alto impacto para la distribución física de mercancías tanto nacional como de comercio exterior.

Según informes del Banco Mundial, el pobre desempeño de las operaciones de la logística de transporte a nivel nacional, en cuanto a tiempos y costos de distribución, genera poca competitividad de nuestro sistema logístico (*World Bank* 2012). Según un análisis del Índice de Desempeño Logístico (*Logistics Performance Index – LPI*) del Banco Mundial, Colombia ocupa el puesto 82 del ranking de una muestra de 150 países. Al comparar a Colombia con los países de la región, su puesto corresponde al penúltimo lugar, ubicándose por debajo del promedio de Suramérica, e incluso de Latinoamérica y el Caribe.

Una alternativa probada para lograr mayor eficiencia y eficacia logística consiste en la puesta en marcha de modelos formales (i.e., modelos de optimización) para el apoyo de la toma de decisiones gerenciales (Shim et al 2002). Sin embargo, se presenta una gran dificultad al momento de aplicar algunos de los modelos de optimización del transporte existentes en la literatura puesto que la mayoría de ellos no consideran restricciones o características propias de la realidad de las operaciones logísticas de muchas empresas (e.g., información determinística, restricciones simples, etc.). Con el objetivo de acercar más los modelos de optimización a las situaciones reales en las empresas, ha surgido una nueva temática de investigación, llamada “Rich Vehicle Routing” (Pellegrini, P., Favaretto, D., & Moretti, E. (2007)). Este trabajo de investigación busca contribuir al desarrollo de modelos de apoyo a la toma de decisiones gerenciales a través del estudio de un problema de diseño de redes de transporte de mercancías en el cual se considera tanto la localización de centros de distribución (depósitos) y el diseño de rutas de distribución (ruteo de vehículos) y se incluyen algunos aspectos estocásticos (tiempos y costos de transporte). Este problema se conoce en la literatura como *Stochastic Location-Routing Problem* (SLRP). Desde finales de la década de 1990, Min et al. (1998) ya concluían en su revisión de los problemas de ruteo y localización propuestos hasta la fecha, el hecho de que más del 70% de los trabajos presentes en la literatura consideraban modelos determinísticos y no

estocásticos en los que se considere la incertidumbre de algunos parámetros. Una revisión más actual (Hassanzadeh et al. 2009) revela que los problemas estocásticos de localización y ruteo siguen siendo poco estudiados y sin embargo son los más aplicables a las situaciones reales de las operaciones logísticas de empresas transportadoras. Con el fin de acercar los modelos de toma de decisiones en la administración de flotas de transporte se requiere pues el desarrollo de un modelo ideal optimizado que permita conocer puntos estratégicos de ubicación de centros de distribución, corredores logísticos, plataformas logísticas, centros de transporte, centros de carga, etc., que sirvan de referente tanto a operadores logísticos como a entidades del sector público.

En la presente investigación se analizan los principales avances en la literatura en las soluciones planteadas para los problemas que se pretende solucionar. Una vez definidas las características del problema en estudio se desarrollarán modelos de optimización para la solución de los problemas de secuenciación y asignación así como un modelo de simulación de eventos discretos para incluir el comportamiento estocástico de algunos parámetros del sistema.

Este documento está estructurado de la siguiente manera. En el Capítulo 1 se presenta en detalle el problema bajo estudio y se realiza un análisis de la literatura académica publicada. El Capítulo 2 presenta la metodología propuesta para resolver el problema estocástico de localización-ruteo bajo estudio incorporando tanto modelos de optimización como simulación de eventos discretos. El Capítulo 3 presenta los experimentos computacionales desarrollados. Finalmente, las conclusiones del trabajo y algunas perspectivas se presentan en el Capítulo 4.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y LITERATURA RELACIONADA

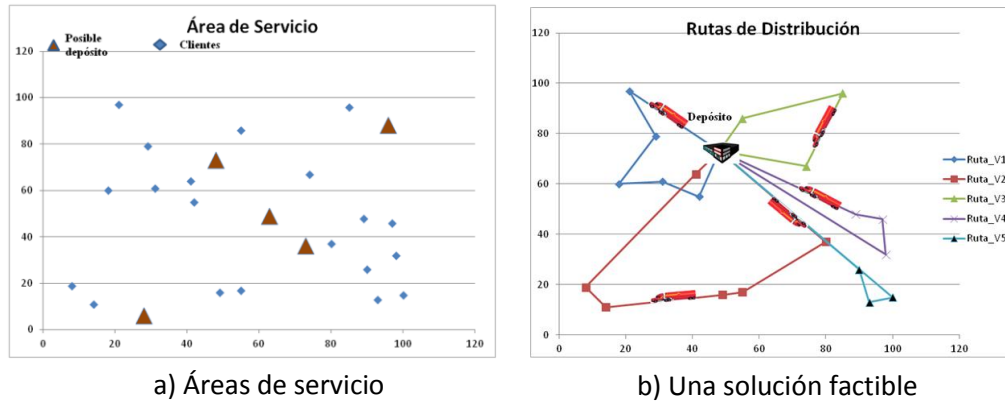
La logística, como parte de la Gestión de la Cadena de Suministro (SCM, *Supply Chain Management*), es de gran importancia para la industria actual debido a la gran cantidad de recursos financieros que se destinan a estas operaciones. Según el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES 2008), el valor del sector logístico ascendió al 13,8% del Producto Interno Bruto - PIB mundial en el año 2005, representando entre 10% y 15% del costo final de un producto elaborado. Teniendo en cuenta que la productividad de Colombia ha experimentado en la última década una aceleración importante, pasando de un comportamiento recesivo en los últimos años de la década de 1990, a tasas de crecimiento reales positivas y crecientes a partir del año 2000, se infiere que en la próxima década habrá grandes oportunidades de crecimiento para el país convirtiendo el sector logístico en un eje fundamental del crecimiento económico del país, según la revisión realizada por el mismo documento CONPES (2008).

Dentro del campo de acción de la logística se encuentran los problemas de ruteo de vehículos. Estos se presentan en la etapa de distribución de mercancías en la administración de la cadena de abastecimiento. Entre los diferentes problemas estudiados en la literatura, encontramos los problemas estocásticos de localización-ruteo. En este tipo de problemas encontramos dos tipos de sub-problemas logísticos: por un lado, la ubicación de centros de distribución y, por otro lado, la asignación de clientes y vehículos así como el ruteo de estos. Se puede, adicionalmente, tener la particularidad de incorporar componentes probabilísticos en las demandas, los tiempos de ruta y de servicio. En otras palabras, no se tiene certeza de los valores iniciales de estos parámetros al momento de resolver el problema, pero sí es posible conocer una distribución de probabilidad para representar dicho componente del problema. Gendreau et al. (1996) presentan una revisión de trabajos concernientes al problema de ruteo de vehículos estocástico, clasificando cada una de sus contribuciones. Para este tipo de problemas solo es posible resolver pequeñas instancias y las heurísticas difíciles de diseñar y de evaluar. Otra revisión de este tipo de problemas la encontramos en Bastian y Kan (1992). Yang et al (2000) presentan un planteamiento que inserta puntos de reabastecimiento a lo largo de la ruta para evitar los retornos al depósito al momento en que un vehículo se desocupa. También presentan dos procedimientos heurísticos para construir las múltiples rutas para minimizar el costo total de viaje. Un caso para demanda estocástica es presentado a su vez por Chepuri y Homem-de-Mello (2005).

1.1 PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN-RUTEO ESTOCÁSTICO (SLRP)

El problema de localización-ruteo estocástico es un problema que se presenta en empresas de manufactura, comercializadoras y transportadoras. Para un conjunto de clientes con una demanda que requiere ser atendida, el problema consiste en definir la ubicación de uno o varios depósitos para despachar productos, asignar áreas de servicio y los vehículos requeridos para la operación, así como el diseño de rutas considerando que al momento de decidir, la información sobre tiempos y costos de ruta no se conoce de manera exacta o se presenta variabilidad en el sistema. Esto hace que haya mucha incertidumbre al momento de estimar la duración y el costo total de la operación. El objetivo es minimizar el costo total esperado de la operación de distribución. En enfoques clásicos para abordar este tipo de problemas se realizan estimaciones de los parámetros del sistema y se trabaja como un problema determinístico. Sin embargo, en la mayoría de las situaciones en problemas reales las decisiones se toman en ambientes de incertidumbre por lo cual es preferible incorporar esta situación de incertidumbre en los modelos propuestos para solucionar el problema. Revisiones de trabajos que estudian este tipo de problemas en la literatura las encontramos en Laporte(1988), Kenyon y Morton (2001), Nagy y Salhi (2007), Hassanzadeh et al (2009). La mayoría de trabajos presentes en la literatura consideran como componente estocástico en estos problemas la demanda en los nodos, es decir, consideran situaciones en las que se realiza el ruteo para sistemas en los que al momento de programar las rutas se ignora cuál será la demanda en cada nodo, solo se conoce este valor al momento de llegar a la ubicación del nodo. Se presentan múltiples enfoques para solucionar este tipo de situaciones. El presente trabajo considera un problema de localización-ruteo basado en las condiciones de operación de una empresa colombiana que se encarga del transporte por carretera de materiales ambientalmente peligrosos; en dichas operaciones encontramos que hay incertidumbre en los tiempos de viaje para cada ruta así como en los costos asociados. Por lo anterior los factores estocásticos que se consideran en el modelo solucionado en el presente trabajo son tiempos y costos de ruta. La figura 1a muestra una representación de un área de servicio con las ubicaciones de los clientes y las posibles ubicaciones del depósito central. La figura 1b ilustra una solución con el depósito central elegido con rutas para 5 vehículos que empiezan y terminan en el depósito central.

Figura 1. Área de servicio con ubicación de clientes y posibles depósitos y una solución factible al problema

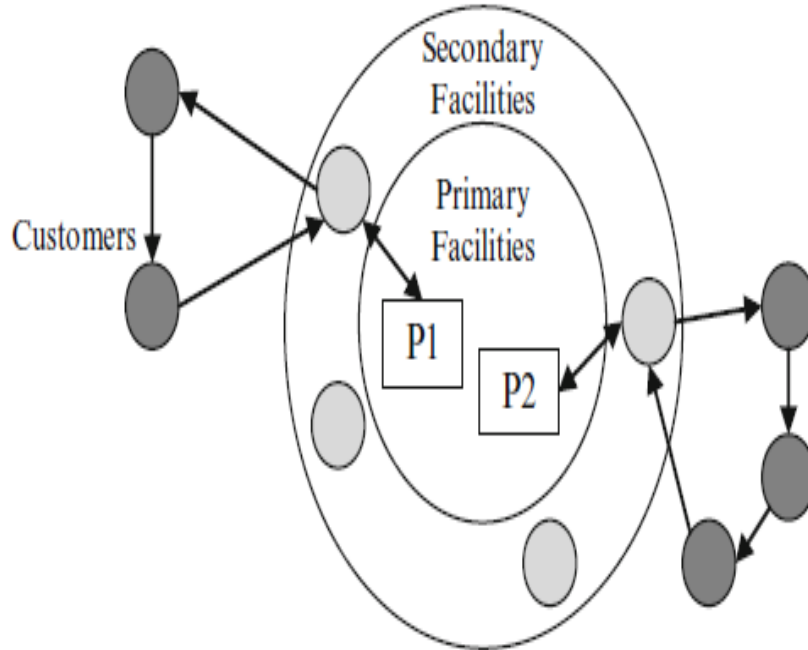


Fuente: Elaboración propia

Formalmente el problema se puede representar como el grafo dirigido $G(A,I)$, donde $I = \{0, 1, \dots, n\}$ representa el conjunto de nodos y A el conjunto de arcos que conectan los nodos. El conjunto de arcos representa el camino desde el nodo i hasta el nodo j . Para cada arco existe un tiempo de ruta cuyo valor es incierto, es decir, no es posible conocer con exactitud el tiempo de ruta al momento de realizar la programación de las rutas. También se tiene un costo de viaje asociado $C_{ij} > 0$ en el que de igual forma se presenta incertidumbre en los costos de ruta para cada arco. Existe un conjunto P de posibles ubicaciones de depósitos entre las cuales se debe escoger la ubicación final del depósito central, esta ubicación se representa en el grafo como el nodo $i = 0$, los nodos $i = 1, 2, 3, \dots, n$ representan las ubicaciones de los clientes, cada uno con una demanda asociada $W_i > 0$. Se asigna una flota $V = \{0, 1, \dots, m\}$ de vehículos al depósito central de capacidad q .

Según la clasificación presentada por Hassanzadeh et al. (2009), el problema que se estudia en el presente trabajo corresponde a una distribución $3/R/T$ donde se realizan envíos de gran tamaño para abastecer el depósito central desde una planta y luego esta mercancía es fraccionada y enviada en pequeños lotes hacia los clientes construyendo rutas desde el depósito central hasta las ubicaciones de estos, como se ilustra en la figura 2. Según Hassanzadeh et al. (2009) estos casos se encuentran comúnmente en la industria de periódicos, donde se cuenta con instalaciones primarias que corresponden a las plantas de impresión; los periódicos son luego despachados diariamente a instalaciones secundarias o puntos de transferencia que corresponden a los depósitos centrales y finalmente a los puntos de venta.

Figura 2. Área de servicio con ubicación de clientes y posibles depósitos



Fuente: Hassanzadeh et al. 2009

A pesar de ser consideraciones mucho más realistas de los problemas industriales de distribución de mercancía, en la literatura se encuentran muy pocas aplicaciones de los problemas de localización-ruteo estocástico en problemas reales, la mayor parte de los problemas de la literatura aplicados a problemas reales corresponden a versiones determinísticas del problema. Entre los trabajos aplicados a problemas industriales encontramos el de Harrison (1979), donde se presenta un sistema para la planeación de instalaciones y recursos en redes de distribución aplicado a una de las compañías farmacéuticas más grandes en Irlanda. El sistema de planeación, que consiste en un modelo de programación estocástico de tres etapas, es capaz de evaluar estrategias alternativas en presencia de costos fluctuantes y movimientos de la población en un horizonte de tiempo extendido. En La Tabla 1. presentada por Hassanzadeh et al. (2009), podemos encontrar más ejemplos de trabajos que estudian problemas de localización-ruteo en problemas reales listando el respectivo campo de aplicación en la industrial.

Para más ejemplos de trabajos que consideran problemas de localización-ruteo estocástico, la Tabla 2 muestra un listado de trabajos de este tipo de problemas detallando las características del mismo, los componentes estocásticos que se consideran en y el tipo de solución presentada.

Tabla 1. Áreas de aplicación de problemas de localización-ruteo

Autor	Área de Aplicación	País/Región
Watson et al. (1973)	Distribución de Comidas y Bebidas	Reino Unido
Bender and Strohmeier (1979)	Distribución de Bienes para el Consumidor	Australia
Or and Pierskalla (1979)	Ubicación de Bancos de Sangre	Estados Unidos
Jacobsen and Madsen (1980)	Distribución de Periódicos	Dinamarca
Nambiar et al. (1989)	Ubicación de Plantas de Plásticos	Malasia
Perl and Daskin (1985)	Distribución de Bienes	Estados Unidos
Nambiar et al. (1989)	Ubicación de Plantas de Plásticos	Malasia
Semet and Taillard (1993)	Distribución de Abarrotes	Suiza
Kulcar (1996)	Recolección de Desechos	Bélgica
Murty and Djang (1999)	Ubicación de Equipos Militares	Estados Unidos
Bruns et al. (2000)	Entrega de Paquetes	Suiza
Chan et al. (2001)	Evacuación Médica	Estados Unidos
Lin et al. (2002)	Entrega de Facturas	Hong Kong
Lee et al. (2003)	Diseño de Redes Ópticas	Corea
Wasner and Zäpfel (2004)	Entrega de Paquetes	Australia
Billionnet et al. (2005)	Diseño de Redes Telecom	Francia
Gunnarsson et al. (2006)	Industria de las Compras	Europa

Fuente: Hassanzadeh et al. (2009)

1.2 TIPOS DE PROBLEMAS DE LOCALIZACIÓN-RUTEO

Los primeros estudios se concentraron en estudiar el *Location Travelling Salesman Problem* (LTSP) que consiste en una extensión del *Travelling Salesman Problem* (TSP) donde se encuentra una ubicación óptima para el punto de partida del agente viajero dentro de los cuales el componente estocástico es la demanda (Bumess y White 1976, Simchi-Levi y Berman 1988a, Jamil et al. 1994, y Berman et al. 1995). Por otro lado Berman y Simchi-Levi (1988b), McDiarmid (1992) y Averbakh et al. (1994) presentan una versión del problema en la que además el número y la ubicación de los clientes es un componente estocástico. Este tipo de problemas representan un 9% de los trabajos presentes en la literatura revisada. En otro trabajo, Berman y Simchi-Levi (1989) presentan el estudio de un modelo en el que el componente estocástico es la distancia de los arcos en la red. Finalmente Mosheiov (1995) incluye capacidad fija en vehículos y entrega y recogida de mercancía con lo cual se aumenta la complejidad del mismo. Todas

las soluciones planteadas para este tipo de problemas fueron de tipo exacto o heurístico.

Un modelo un poco más complejo del SLRP es en el que se consideran múltiples vehículos para los cuales se determina cuál es la ubicación óptima del depósito desde el cual inician operaciones. En la revisión realizada encontramos que los trabajos que estudian problemas con múltiples vehículos y múltiples depósitos representan el 77 y 68% respectivamente. Entre este tipo de modelos encontramos el trabajo presentado por Simchi-Levi (1991) en el cual presentan para la solución del problema una heurística capaz de encontrar soluciones cuyo error relativo en el peor caso es de $3/2-3/(2q)$ donde q es la capacidad del vehículo. Daskin (1987) por su parte incluye al modelo además de la demanda, tiempos de viaje estocásticos; Averbakh y Berman (1995) presenta un algoritmo de complejidad $O(n \log n)$ para arboles generales y $O(n)$ para arboles con grado del vértice acotado. En último lugar para el estudio de este tipo de problemas presentamos el trabajo de Ghan y Merrill (1997) donde el algoritmo de solución está basado en la heurística Space-Filling-Curve (SFC); este modelo es probado en un problema de inspección de vuelos de la *United States Air Force*.

La mayor parte de los problemas estudiados en la literatura relacionada a los problemas de tipo SLRP son aquellos que incluyen múltiples vehículos y múltiples depósitos. Modelos de este tipo son los presentados por: Cui y Li (2007a); Ye y Li (2007); Ma y Dai (2007); Zuo-Jun y Lian (2007); Cui y Li (2007b); Bo et al. (2008); Li et al. (2008); Sajjadi (2008); Ma et al. (2008); Ma et al. (2010); Liu et al. (2011).

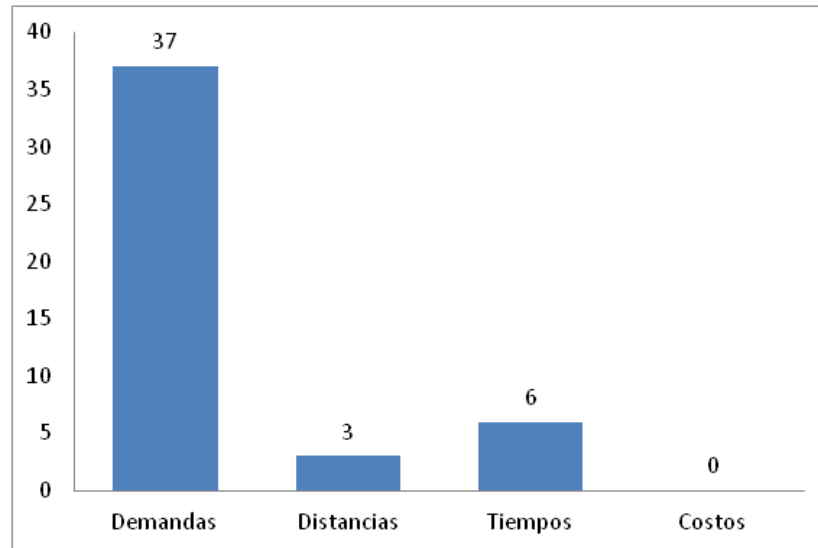
Otros modelos de este tipo pueden presentar también otras restricciones como son capacidades fijas en vehículos o depósitos, ventanas de tiempo, periodicidad y entregas fraccionadas. Wang et al. (2008); Prodhon (2007); Wang y Ma (2011) y Fazel et al. (2012) estudian el problema considerando periodicidad en el modelo, es decir, hay varios periodos de operación para los cuales se optimiza considerando demandas estocásticas, los primeros, incluyen componentes estocásticos como demandas, distancias y tiempos estocásticos con lo que presentan el problema de mayor complejidad entre los revisados.

En Laporte et al. (1989) encontramos un modelo de programación lineal entera de recolección de mercancías en el que por la naturaleza estocástica de la demanda es posible que en una ruta se exceda la capacidad del vehículo, ya que la capacidad de la flota es fija. Para este caso el modelo permite que el vehículo vuelva al depósito y descargue para luego completar su viaje. Otro caso que se presenta es aquel en el cual los depósitos sean de capacidad fija como el que encontramos en Sajjadi y Cheraghi (2008). Cuando se excede la capacidad de los

depósitos, como es posible que ocurra en problemas reales, el modelo permite la tercerización de operaciones logísticas para cubrir el espacio adicional requerido. Este modelo hace parte de una nueva familia de problemas de ubicación y ruteo en la que se integran decisiones de administración de inventarios. Fazel et al. (2011) consideran en su modelo capacidades fijas tanto en la flota como en los depósitos así como ventanas de tiempo. Una característica especial de este modelo es que en vez de considerar demanda estocástica, son los tiempos de viajes los que presentan incertidumbre para el cual se presenta un procedimiento meta-heurístico de solución llamado “*simulation-embedded Simulated Annealing*”. Otro modelo del SLRP presentado para desarrollar un plan de evacuación en el evento de un desastre natural que busca minimizar el tiempo de evacuación y que también considera tiempos de viaje entre nodos como datos estocásticos lo encontramos en Song et al. (2009); este modelo es solucionado a través de un algoritmo genético híbrido. En Jafari y Golzari (2010) estos tiempos de viaje estocásticos son llamados L-R fuzzy numbers y el problema es solucionado a través de un modelo de programación lineal difusa. Este tipo de modelos con variables difusas los encontramos en los trabajos de Wang y Ma (2011) y Fazel et al. (2012). En estos se presentan modelos un poco más complejos ya que incluyen además de demandas estocásticas, ventanas de tiempo, entregas fraccionadas y periodicidad. También encontramos modelos con múltiples depósitos y múltiples vehículos en los trabajos presentados por Sajjadi y Cheraghi (2011); Ma y Dai (2010); Albareda et al. (2007); Liu y Lee (2003); Chanet et al. (2001) y Vidovic et al. (2003). Este último presenta el número y la ubicación de los nodos también como datos estocásticos mientras que Hassan-Pour et al. (2009) incluyeron en un modelo multi-objetivo variabilidad en las distancias de los arcos.

La figura 3 muestra una gráfica obtenida de la revisión bibliográfica realizada donde se observa que la distribución de trabajos de investigación, históricamente se ha sesgado hacia problemas de localización-ruteo cuyo componente estocástico tiende a ser solo la demanda y que aquellos que consideraron otros componentes probabilísticos presentes en problemas reales como son las distancias, tiempos y costos de transporte estocásticos fueron muy pocos.

Figura 3. Clasificación de la literatura sobre SLRP según el parámetro estocástico en el modelo



Fuente: Elaboración propia

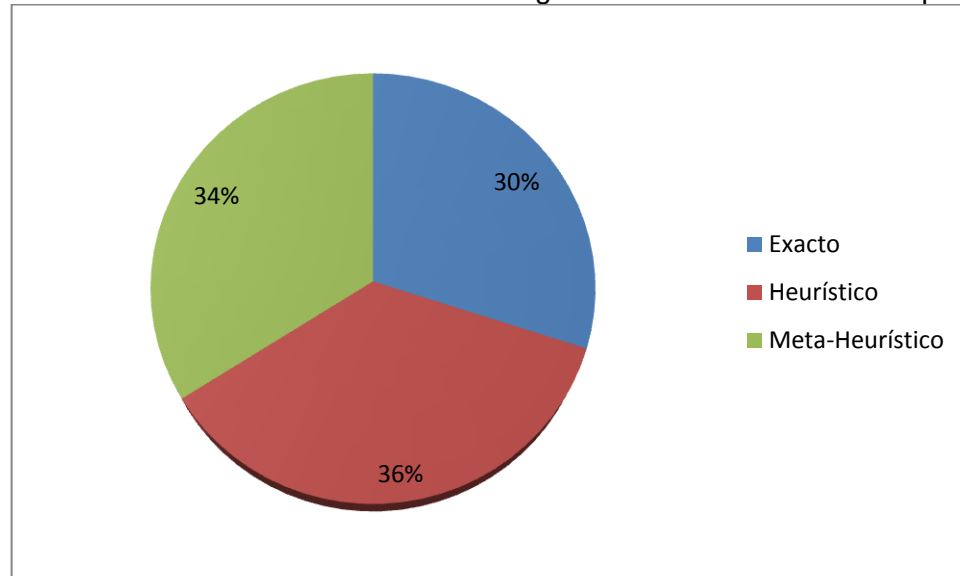
1.3 MÉTODOS DE SOLUCIÓN

Debido a la naturaleza de estos modelos de optimización combinatoria y su complejidad intrínseca es de esperarse que la mayor parte de los métodos de solución planteados sean heurísticos y meta-heurísticos. Los primeros trabajos desarrollados hacia 1976 sin embargo y debido al poco desarrollo de sistemas computacionales presentaron modelos exactos como son los de Bumess and White (1976), Berman, Jaillet and Simchi-Levi (1995), Daskin (1987), Averbakh and Berman (1995), Harrison (1979), Laporte, Louveaux and Mercure (1989), McDiarmid (1992), Averbakh, Berman and Simchi-Levi (1994).

La figura 4 muestra como fue la distribución de los métodos de solución empleados para solucionar los diferentes tipos de problemas de localización-ruteo en los trabajos analizados en la revisión realizada. Recientemente se han desarrollado algunos modelos exactos en la solución de este tipo de problemas entre los que encontramos los trabajos de Chan, Carter and Burnes (2001), Zuo-Jun and Lian (2007), Amir and Nader (2010) y Jafari and Golozari (2010). El 70% de los trabajos revisados presentaron métodos de solución heurísticos o meta-heurísticos con un 36% y 34% respectivamente mientras que el 30% restante presenta métodos exactos. Entre los métodos exactos encontramos modelos de programación estocástica de tres etapas, programas de programación lineal entera, y esquemas *Branch-and-Bound* entre otros. De los métodos meta-

heurísticos podemos resaltar: *Simulated Annealing*, *Genetics Algorithms*, *Tabu Search*, *Randomized Extended Clarke and Wright Algorithm (RECWA)* y *Particle Swarm Optimization*.

Figura 4. Distribución del número de artículos según método de resolución empleado



Fuente: Elaboración propia

La Tabla 2 muestra una clasificación de los problemas de localización-ruteo estocásticos que se encuentran en la literatura la cual describe para cada referencia las restricciones que se consideran en el problema estudiado así como el método de solución utilizado para cada caso. Las columnas 1 y 2 muestran el número de la referencia y el año de publicación respectivamente. De la columna 3 a la 20 se muestran las restricciones que puede tener el problema en estudio, se marca con una x la casilla de la referencia respectiva sobre la columna de una restricción si el problema en estudio en dicha referencia considera el tipo de restricción indicado sobre el encabezado de la columna, i.e., la referencia 11 está marcada con una x en la casilla de la columna 3 que corresponde a los problemas que consideran ventanas de tiempos, la referencia 1 por su parte tiene marcadas las casillas de las columnas 4 y 7 lo que indica que el tipo de flota que se considera en el problema es de un único vehículo y en cuanto a el depósito a ubicar, se ubicó un único depósito. En ambos casos se considera que las capacidades de estos son ilimitadas. Las columnas de la 13 a la 16 muestran el tipo de componente estocástico que se consideró en el problema, es decir, se registra si el componente estocástico considerado fue la demanda, las distancias de viaje, el tiempo de viaje, el costo o una combinación de estos.

Tabla 2. Clasificación de los problemas de ubicación y ruteo estocástico

References	Year	Constrains													Solution Method								
		Time Windows		Fleet Type			Type of Facility			Periodic	pickUp & Delivery	Split Delivery	Stochastic				Objective		Type of Data		Exact	Heuristics	Meta-heuristics
		Single Vehicle	Multiple Vehicles	Capacitated	Single Facility	Multiple Facilities	Capacitated Facilities	Demands	Distances				Times	Costs	Single Objective	Multiple Objective	Hypothetical	Real					
Burness and White	1976	X			X							X				X	X						
Simchi-Levi and Berman	1988	X			X							X				X	X				X		
Jamil et al.	1994	X			X							X				X	X				X		
Berman et al. 1995	1995	X			X							X				X	X			X	X		
Simchi-Levi	1991		X	X	X							X				X					X		
Daskin	1987		X		X							X		X		X	X			X			
Averbakh and Berman	1995		X		X							X				X	N/A	N/A		X			
Harrison	1979		X			X						X				X		X	X				
Laporte et al.	1989		X	X	X	X						X				X	X			X			
Sajjadi and Cheraghi	2008		X			X	X					X				X	N/A	N/A			X		
Fazel et al.	2011	X	X	X		X	X						X			X	X					X	
Sajjadi and Cheraghi	2011		X			X						X										X	
Ma and Dai	2010		X			X						X				X	X				X	X	
Albareda et al.	2007		X			X	X					X				X	X				X		
Berman and Simchi-Levi	1989		X			X							X			X	X						
Berman and Simchi-Levi.	1988(b)		X			X						X(Number and Location of costumers)				X	X						
McDiarmid	1992		X			X						X(Number and Location of costumers)				X	X			X			
Averbakh et al.	1994		X			X						X(Number and Location of costumers)								X	X		
Mosheiov	1995		X		X	X				X		X				X	X				X		
Liu and Lee	2003			X			X									X	X				X		
Chan et al.	2001			X			X					X				X				X	X		
Berman and Simchi-Levi.	1988(a)		X			X						X				X	X			N/A	N/A	N/A	
Bertsimas	1989		X			X						X				X	X				X		
Ghan and Merrill	1997			X		X						X				X	X				X		
Vidovic et al.	2003			X			X					X(Number and Location of costumers)				X	X					X	
Song and Zhang	2009			X	X		X					X		X		X		X				X	
Hassan-Pour et al.	2009			X			X						X			X	X					X	
Cui and Li	2007(a)			X			X					X				X	X				X		
Ye and Li	2007			X			X					X				X	X					X	
Ma and Dai	2007			X			X					X				X	X				X		
Zuo-Jun and Lian	2007			X			X					X				X	X			X			
Cui and Li	2007(b)			X			X					X				X	X				X		
Bo et al.	2008			X			X					X				X	X					X	
Wang and Ma	2008			X			X	X				X				X	X				X		
Li et al.	2008			X			X					X				X	X				X		
Sajjadi	2008			X			X					X				X	X					X	
Ma et al.	2008			X			X					?				X	X				X		
Prodhon	2007			X			X	X				X				X	X					X	
Amir and Nader	2010			X			X					X				X	X			X		X	
Wang and Ma	2010			X			X			X		X				X		X				X	
Ma et al.	2010			X			X					X				X	X					X	
Jiang and Ma	2009			X			X	X				X				X	X					X	
Wang et al.	2010			X			X	X				X				X	X					X	
Jafari and Golozari	2010			X			X							X		X	X			X			
Liu et al.	2011			X			X					X				X	X					X	
Wang and Ma	2011	X		X			X		X	X		X	X	X		X	X					X	
Fazel et al.	2012	X		X			X					X	X	X		X	X					X	

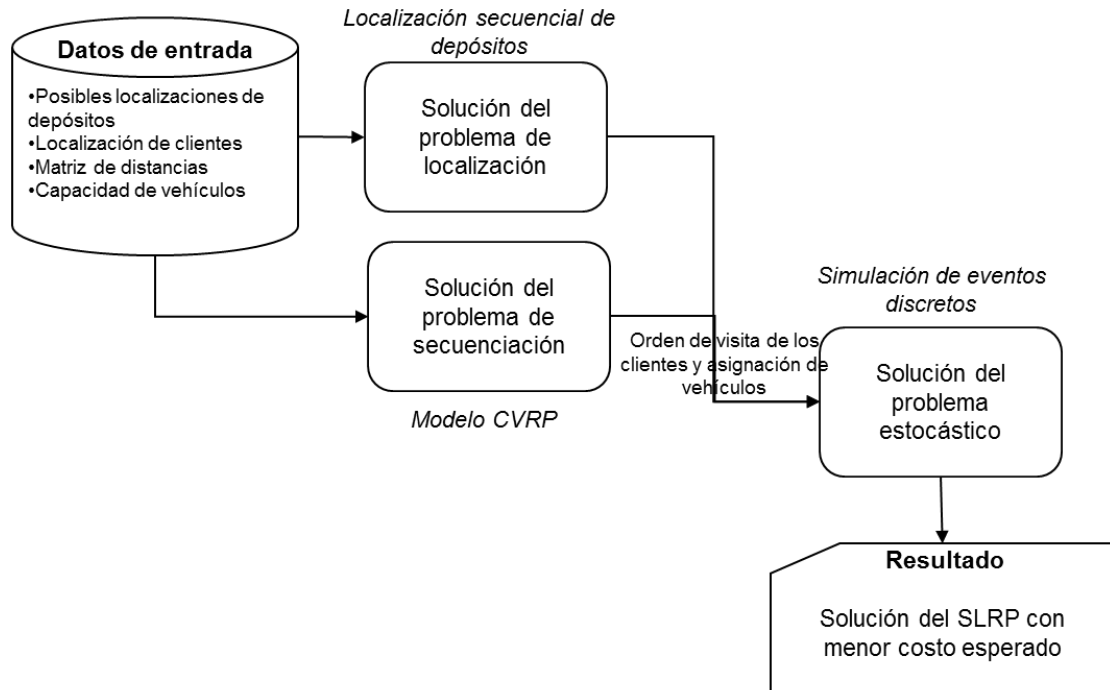
Fuente: Elaboración propia

2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

La presente investigación presenta un modelo para resolver problemas del tipo SLRP, a través de un enfoque jerárquico de dos fases basado tanto en optimización como en simulación de eventos discretos. El enfoque busca determinar las ubicaciones estratégicas para los centros de distribución, la asignación y dimensionamiento de la flota requerida para satisfacer una demanda definida y las rutas de distribución de los vehículos asignados a cada centro de distribución. La figura 5 presenta la estructura general del enfoque de solución. Como se observa, inicialmente se usan datos de entrada como las posibles ubicaciones del depósito central, ubicaciones de clientes, capacidad de vehículos y distancias. El problema inicial de localización de depósitos se resuelve aplicando una estrategia de selección aleatoria. En esta fase se construye una solución para el problema de secuenciación que permitirá encontrar el orden en el cual serán visitados los clientes desde el depósito central a través un algoritmo de optimización basado en colonia de hormigas. Es de notar que conjuntos de datos pequeños pueden resolverse empleando un método exacto (i.e., programación entera). En esta etapa se resuelve una serie de problemas de ruteo que se desprenden del problema general de localización-ruteo estocástico construyendo rutas a partir una lista de posibles nodos a visitar seleccionando según criterios establecidos en el algoritmo y sin violar la capacidad de carga de los vehículos. Una vez definida la ubicación del depósito central, el orden de visita a los clientes junto con la asignación de vehículos al depósito, estas soluciones se llevan a un modelo de simulación de eventos discretos que incluye el comportamiento estocástico natural del sistema y calcula el costo esperado como función objetivo del problema.

A continuación se explica en detalle el funcionamiento de cada una de las etapas de la metodología de solución y se presentan también los algoritmos de empleados.

Figura 5. Esquema jerárquico



Fuente: Herazo et al. 2013

2.1 ETAPA DE LOCALIZACIÓN PARA EL SLRP

La etapa de localización del depósito central en la solución del SLRP se realiza a través de una estrategia de selección aleatoria. La ubicación del depósito seleccionado entre las posibles ubicaciones se convierte en luego en información de entrada para las siguientes fases del enfoque propuesto. Subsecuentemente se obtiene el costo total de transporte esperado usando simulación de eventos discretos, donde se modela el comportamiento estocástico del sistema. Luego de aplicado este procedimiento, se selecciona un segundo depósito y este se repite. Una vez se hayan solucionado la serie de sub-problemas de ruteo asociados se obtendrán diferentes evaluaciones de desempeño del sistema y la ubicación con mejor desempeño dentro de las posibles ubicaciones es seleccionada como depósito central.

2.2 SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE RUTEO ASOCIADO (CVRP)

Después de obtener una ubicación para el depósito central, se debe determinar la flota de vehículos, así como construir rutas de distribución (orden de visita de los clientes) que permita suplir las demandas considerando la capacidad de los vehículos junto con otras restricciones del sistema. Este tipo de operaciones corresponden con lo que en la literatura se define como el problema de ruteo de vehículos capacitado o CVRP por sus siglas en inglés. Para resolver el CVRP, en la segunda fase del enfoque propuesto se presenta un algoritmo de optimización basado en colonia de hormigas para asignar clientes a los vehículos y obtener el orden de visita a los clientes para cada ruta. Laporte, Nobert and Desrochers (1984) definen el CVRP como el problema de encontrar rutas óptimas para un conjunto de vehículos de igual capacidad ubicados en un depósito central. El problema considera que se deben construir rutas para suplir las demandas en los nodos sin violar la capacidad de los vehículos, cada nodo debe ser visitado exactamente una vez y por un solo vehículo y que cada vehículo empieza y termina su ruta en el depósito central. El problema comprende las siguientes operaciones:

- Asignación de vehículos y clientes
- Construcción de rutas para suplir demandas
- Minimización del costo total de la operación

En cuanto a la complejidad del problema, el CVRP es un NP-duro (Toth y Vigo 2002, Lenstra y Kan 1981). Debido a la dificultad de resolver grandes instancias de este tipo de problemas a través de métodos exactos en tiempos polinomiales, la mayoría de soluciones presentadas en la literatura para grandes instancias son soluciones obtenidas a través de métodos aproximados (heurísticos o meta-heurísticos) capaces de generar buenas soluciones en tiempos computacionales razonables. Con el fin de conocer qué tan cercana al óptimo es la solución obtenida con los métodos aproximados los autores en la literatura han reportado comparaciones con métodos exactos (usualmente para instancias pequeñas) o cotas inferiores. Considerando esta situación, se desea saber qué tan buenas son las soluciones del método ACO propuesto comparándolas con un método exacto basado en programación lineal entera mixta (MILP). A continuación se presentan en detalle tanto el modelo matemático que describe la estructura del CVRP como el algoritmo de colonia de hormigas propuesto.

2.2.1 Modelo matemático para el ruteo de vehículos. Para representar el CVRP, sea $G(A,I)$, un grafo dirigido donde $I = \{0,1,\dots,n\}$ representa el conjunto de nodos y A el conjunto de arcos que conectan los nodos. Una flota $V = \{0,1,\dots,m\}$ de vehículos es asignada al depósito central. El depósito central se representa por el nodo $i = 0$ y los clientes por los nodos $i = 1, 2, \dots, n$ cada uno con una demanda asociada $W_i > 0$. El conjunto de arcos representa el camino de desde el nodo i hasta el nodo j los cuales tienen un costo de viaje asociado $C_{ij} > 0$. Si $C_{ij} = C_{ji}$, para todo i, j entonces el CVRP es simétrico, de lo contrario es asimétrico.

A continuación se muestra la formulación del CVRP.

NOMENCLATURA

CONJUNTOS

- I Conjunto de nodos
- V Conjunto de vehículos
- P Conjunto de depósitos

Parámetros

- q Capacidad de vehículos
- C_{ij} Costo de distancia recorrida desde el nodo i al nodo j
- C_{pi} Costo de distancia recorrida desde el depósito p al nodo i
- w_i Demanda en el nodo i

Variables

$$X_{pv} = \begin{cases} 1 & \text{si el vehículo } v \text{ es asignado al depósito } p \\ 0 & \text{de otra forma} \end{cases}$$

$$Y_{iv} = \begin{cases} 1 & \text{si el nodo } i \text{ es visitado por el vehículo } v \\ 0 & \text{de otra forma} \end{cases}$$

$$S_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el nodo } i \text{ es visitado antes del nodo } j \\ 0 & \text{si el nodo } i \text{ es visitado después del nodo } j \\ & \text{cuando ambos nodos pertenecen a la misma ruta} \end{cases}$$

C_i Costo de viaje de visita al nodo i

CV_v Costo de viaje del vehículo v

Función objetivo

$$\mathbf{Min} \sum_{v \in V} (CV_v) \quad (1)$$

Asignación de nodos a vehículos

$$\sum_{v \in V} Y_{iv} = \mathbf{1} \quad \forall i \in I \quad (2)$$

Asignación de vehículos a depósitos

$$\sum_{p \in P} X_{pv} \leq \mathbf{1} \quad \forall v \in V \quad (3)$$

Costo mínimo de viaje hasta el nodo i

$$C_i \geq C_{pi} (X_{pv} + Y_{iv} - 1) \quad \forall i \in I, p \in P, v \in V \quad (4)$$

Relación entre el costo de viaje de visitar los nodos (i, j)

$$C_j \geq C_i + C_{ij} - M_c(1 - S_{ij}) - M_c(2 - Y_{iv} - Y_{jv}) \quad (5)$$

$$C_i \geq C_j + C_{ji} - M_c(S_{ij}) - M_c(2 - Y_{iv} - Y_{jv}) \quad \forall i, j \in I, v \in V: i < j \quad (6)$$

Costo total de ruta

$$CV_v \geq C_i + C_{ip} - M_c(2 - X_p - Y_i) \quad \forall i \in I, p \in P \quad (7)$$

Capacidad

$$\sum_{i \in I} w_i Y_{iv} \leq q \sum_{p \in P} X_{pv} \quad \forall v \in V \quad (8)$$

2.2.2 Algoritmo de colonia de hormigas para el ruteo de vehículos. La meta-heurística seleccionada para resolver el problema de ruteo es Ant Colony Optimization (ACO). Se seleccionó este método aproximado considerando que en la literatura relacionada con los problemas de ruteo de vehículos ésta ha probado dar muy buenas soluciones al CVRP (Reimann, Doerner y Hartl 2004, Barán y Hermosilla 2004, Doerner et al 2006). Como es sabido, este método fue originalmente creado para resolver problemas complejos de optimización combinatoria entre ellos el TSP y el VRP (Dorigo (1992); Dorigo y Blum (2005)), por lo cual, representa la mejor opción para resolver la serie de problemas de ruteo que se derivan del problema general de localización-ruteo estocástico que se resuelve en este trabajo. En la literatura se pueden encontrar diversas aplicaciones del ACO para resolver el CVRP, desde los primeros trabajos como los presentados por Dorigo y Gambardella (1997) hasta trabajos más recientes como el de Bell y Griffis (2010).

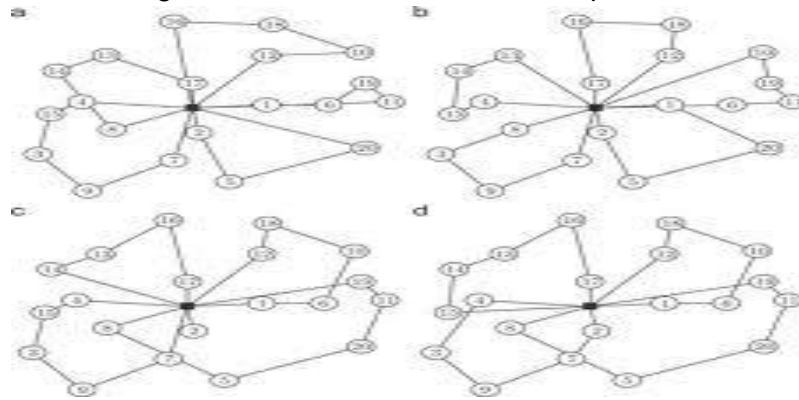
En una colonia de hormigas real, una hormiga se traslada desde su nido hasta una fuente de comida dejando tras sí un rastro de feromonas que luego es seguido por las siguientes hormigas. A medida que el mismo camino es transitado por muchas hormigas, el rastro de feromonas aumenta. Los caminos con un fuerte rastro de feromonas serán más atractivos para las siguientes hormigas que vendrán hacia la fuente de comida. Eventualmente algunas hormigas ignoran los caminos con fuertes rastros de feromona y transitarán por otros caminos. Si el nuevo camino es más corto, las hormigas transitarán más rápido y en mayor número a través de él, por lo que su rastro de feromona se hará más fuerte que los anteriores y por consiguiente será más deseable para las siguientes hormigas. La ruta hacia la fuente de comida será remplazada por este nuevo camino. Por medio de este proceso las hormigas reales encuentran los caminos más cortos desde su nido hasta su fuente de comida.

El algoritmo optimización basado en colonia de hormigas simula este proceso natural para encontrar buenas soluciones a problemas de optimización combinatoria. A través de la meta-heurística de colonia de hormigas se soluciona una serie de problemas de ruteo que se desprenden del problema general de localización-ruteo estocástico (figura 6). En el algoritmo propuesto cada hormiga es representada por un vehículo el cual construye su ruta a partir una lista de posibles nodos a visitar seleccionando según criterios establecidos sin violar su capacidad de carga. Esto se modela a través de la ecuación (9), propuesta por Dorigo y Gambardella (1997):

$$j = \mathit{ArgMAX}((\tau_{1j})(1/d_{ij})^\beta), \quad (9)$$

donde τ_{ij} mide el nivel de feromona en el arco y d_{ij} es la distancia del arco $i-j$ cuyo inverso está elevado al parámetro β que regula la importancia que se le da a la distancia del arco, es decir, a mayor valor en β menor importancia se le da a la distancia y se tendrá más en cuenta el nivel de feromona del arco. Lo anterior se aplica siempre y cuando un número aleatorio q sea menor al parámetro q_0 que determina la proporción de asignaciones aleatorias que se permitirán en el algoritmo. Se asignan clientes a vehículos hasta visitar todos los clientes dando prioridad a aquellas rutas con un mayor balance entre el nivel de feromonas y distancia. τ_0 es un valor inicial del rastro de feromona y α el nivel establecido de evaporación de la feromona. El algoritmo permite la asignación aleatoria de algunos clientes para salir de óptimos locales.

Figura 6. Diseño de rutas desde depósitos



Fuente: Fuellerer et al. 2009

Los procesos de actualización local y global de feromona simulan respectivamente los procesos naturales en las colonias de hormigas de evaporación del rastro de feromona con el tiempo y de deposición de más rastro de feromona sobre los mejores caminos encontrados debido a que son más transitados. El primer proceso se realiza después de seleccionar la mejor ruta actual, se aplica una reducción (evaporación) del nivel de feromona en cada arco para las rutas generadas y luego se actualiza la mejor ruta global, es decir, se compara la solución actual con la mejor solución que se ha encontrado hasta el momento y si la solución actual es superior a la mejor ruta encontrada hasta el momento, se reemplaza la solución global por la nueva mejor solución y se refuerza el nivel de feromona sobre cada uno de los arcos de esta ruta. Las ecuaciones (10) y (11) con las que se realiza esta actualización local y global se presentan a continuación:

$$\tau_{IJ} = (1 - \alpha)\tau_{IJ} + \alpha \cdot \tau_0 \quad (10)$$

$$\tau_{IJ} = (1 - \alpha)\tau_{IJ} + \alpha \cdot (L)^{-1} \quad (11)$$

La primera actualización se aplica a todos los arcos, esto corresponde a la evaporación del rastro de feromona. La segunda a aquellos arcos que hacen parte de la mejor ruta encontrada, esto corresponde a refuerzo del rastro de feromona por parte de las hormigas que transitan continuamente sobre el camino más corto. La figura 7 muestra el pseudo-código del algoritmo:

Figura 7. Pseudo-código de algoritmo basado en Colonia de Hormigas

```

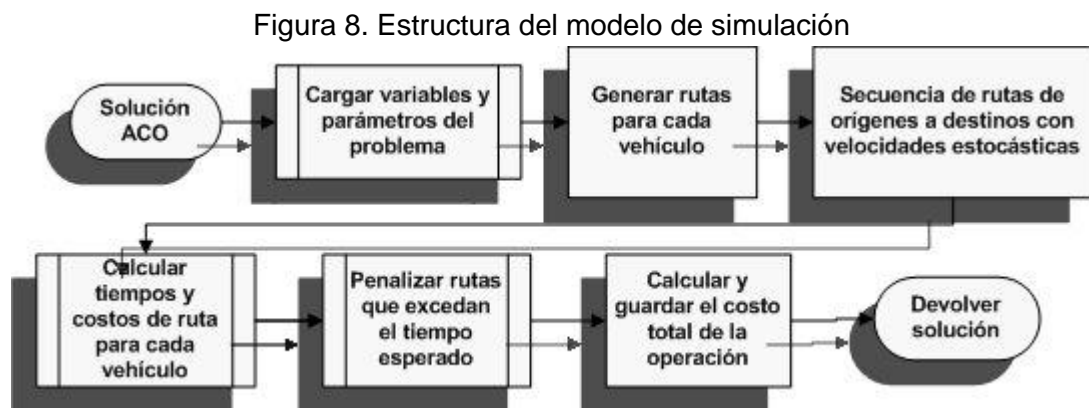
Algoritmo ACO()
/Inicio/
  Inicializar parámetros
  Inicializar niveles de feromona
  Mientras no se cumpla la condición de parada Haga
    Mientras no se haya asignado todos los clientes Haga
      Mientras no se sobrepase la capacidad del vehículo Haga
        Si  $q$  es menor que  $q_0$  Entonces
          Asigne clientes según mejor balance entre nivel de feromona
          y Distancia del arco
        Sino
          Asigne clientes según el aleatorio  $s$ 
        Fin_si
      Fin_Mientras
      Actualizar feromona
    Fin_Mientras
    Evaporar feromona
    Si la mejor distancia actual es superior a la mejor distancia global
    Entonces
      Dist_Global = Dist_Actual
      Actualizar feromona
    Fin_Si
  Fin_Mientras

```

Fuente: Elaboración propia

2.3 MODELO DE OPTIMIZACIÓN-SIMULACIÓN

El comportamiento del sistema se modela utilizando el software de simulación ARENA® como una serie de problemas estocásticos de ruteo de vehículos con capacidades fijas que se resuelven para cada posible ubicación. Este procedimiento conduce a la solución del problema general de localización-ruteo estocástico donde se establece como depósito central, entre todas las posibles ubicaciones disponibles aquél con el mejor desempeño en cuanto a costos totales de la operación, al cual se asignan vehículos para construir rutas para la entrega de mercancía. La figura 8 ilustra el proceso de simulación.



Fuente: Elaboración propia

El modelo se inicializa importando rutas para cada vehículo a través de un algoritmo en Visual Basic cargando datos como el número de vehículos asignados al depósito central, los nodos asignados a cada vehículo y la secuencia de las rutas cargando variables y parámetros a variables y conjunto de datos de ARENA®. El siguiente paso es simular las rutas para cada vehículo considerando velocidades estocásticas. A través de esto se simula una serie de problemas de ruteo partiendo de cada depósito y considerando parámetros estocásticos. Las velocidades de los vehículos se modelan a partir de una distribución de probabilidad. La estocasticidad en las velocidades de los vehículos tiene un impacto directo en los tiempos de viaje de las rutas y por lo tanto en los costos de la operación.

El siguiente paso es calcular variables del sistema tales como tiempos y costos de ruta para cada vehículo. Cada vez que se viola el tiempo esperado de una ruta se carga una penalización a la ruta considerando que una demora en el proceso de entrega de la mercancía en las ubicaciones de los clientes genera quejas y

reclamos que tienen un costo en la operación. Debido a esto se presenta incertidumbre en los costos lo que se incluye en el modelo de simulación. Una vez se corren todas las réplicas se realiza un proceso de retroalimentación para encontrar la mejor solución para el problema de localización-ruteo considerando el desempeño de los sistemas modelados. Finalmente el valor de la función objetivo se computa y el modelo obtiene una solución para el sistema modelado. Para los experimentos realizados se garantizó un 95% de confianza en el cálculo de los costos esperados a través del modelo de simulación, calculando un tamaño de muestra de 10 réplicas con un error relativo del 1%, en los siguientes capítulos se presentan en detalle los experimentos computacionales realizados.

2.4 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

En este capítulo se describió el método propuesto para resolver problemas estocásticos de localización-ruteo a través de un enfoque jerárquico de dos fases basado en optimización y simulación de eventos discretos. En la primera etapa del modelo se resuelve el problema de localización asociado utilizando una estrategia de selección aleatoria que genera la ubicación del depósito central como dato de entrada para las siguientes etapas. En una segunda etapa del procedimiento se resuelve un CVRP para asignar vehículos al depósito central y construir rutas con el orden de visita a los clientes para suplir las demandas de los clientes considerando restricciones de capacidad de vehículos entre otras. Finalmente en una tercera etapa se simula una serie de problemas de ruteo de vehículos estocástico con capacidades fijas para cada uno de las posibles ubicaciones del depósito central disponibles usando como datos de entrada los resultados de la segunda etapa. En el siguiente capítulo se presentará la validación de la metodología a través de una serie de experimentos computacionales.

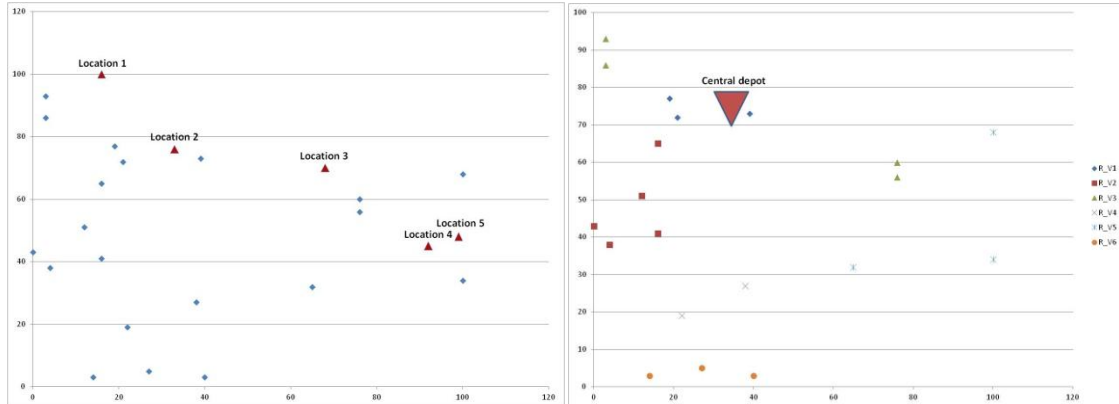
3. EXPERIMENTOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este capítulo presenta los detalles del estudio experimental llevado a cabo. En primera instancia se realiza un análisis del desempeño del algoritmo de colonia de hormigas con respecto al método exacto para resolver el problema de ruteo de vehículos. Debido a la complejidad computacional del problema, esta comparación se realiza con instancias de tamaño pequeño. Para instancias de mediano y gran tamaño se utilizará el algoritmo de colonia de hormigas. En la segunda parte del capítulo se presenta el estudio experimental efectuado sobre el enfoque global, incluyendo las etapas de localización y de simulación. Finalmente, se presenta un análisis estadístico para observar la incidencia de algunos de los factores clave en la configuración de las instancias con miras a determinar su impacto en la solución del problema.

3.1 GENERACIÓN DE INSTANCIAS

Para comparar el desempeño de la metodología propuesta, se generaron instancias aleatorias y se resolvieron con el fin de medir la calidad de las soluciones obtenidas. Se generaron múltiples conjuntos de instancias aleatorias de problemas de localización-ruteo estocástico, utilizando un procedimiento similar al presentado en el trabajo de Laporte, Louveaux and Mercure (1992). El conjunto de nodos que representa a los clientes se produjo generando puntos de coordenadas aleatorias dentro de un área cuadrada $(0, 100)^2$ siguiendo una distribución de probabilidad uniforme con coordenadas (X_i, Y_i) lo que representa el área de servicio. Se obtienen distancias euclidianas de acuerdo a la ecuación de distancia $D_{ij} = \sqrt{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2}$. Con el objetivo de probar en diferentes escenarios el enfoque de solución presentado, se generaron aleatoriamente instancias desde 5 hasta 100 nodos, cada una con 5 posibles ubicaciones de depósitos centrales que corresponden a 5 puntos dentro del área de servicio entre los cuales se elegirá uno como depósito central. La figura 9 muestra la distribución del área de servicio de una de las instancias solucionadas en el gráfico de la izquierda, en el de la derecha se muestra la solución encontrada con el depósito central seleccionado. Los clientes dentro del área de servicio asignados al depósito central se asignan a las rutas generadas para los vehículos.

Figura 9. Ejemplos de distribución de puntos de servicio en una instancia



Fuente: Elaboración propia

Cada vehículo tiene una capacidad de carga de 100 unidades con velocidades que se modelan a partir de una distribución de probabilidad normal con media de 60 Km/h y desviación estándar de 7 Km/h. Estos parámetros de la distribución normal se hallaron empleando un analizador de datos aplicando pruebas estadísticas (en el anexo 3 se presenta el análisis de datos realizado con el informe de tráfico de donde se extrajeron las velocidades). El comportamiento de las demandas de los clientes sigue una distribución de probabilidad uniforme de $U(1,50)$. El experimento a desarrollado busca mostrar la robustez estadística de las soluciones obtenidas, modelando las condiciones de un problema industrial cercano a la realidad en el que se deben tomar decisiones de capacidad de vehículos y ubicación de depósitos. Como consecuencia, se consideraron vehículos con tres tipos de capacidades (100, 150, 200 unidades) y se modeló el sistema para tres diferentes ubicaciones de depósito central para tres sub-áreas dentro del área de servicio.

3.2 COMPARACIÓN ENTRE EL MODELO EXACTO DE MILP Y EL ALGORITMO ACO

A fin de validar la calidad de las soluciones obtenidas a través del algoritmo ACO en la fase de ruteo del enfoque de solución propuesto, se realizó una comparación numérica entre los resultados del método exacto MILP y las soluciones del algoritmo ACO. El algoritmo ACO optimiza la distancia recorrida; dado que el costo de la operación de transporte que se modela es función de la distancia recorrida, se aplica la ecuación (12) a las soluciones obtenidas a través de ACO para calcular el costo total de la operación a fin de comparar este costo (determinístico) contra el costo total óptimo obtenido a través del modelo MILP. En total se resolvieron 40 instancias diferentes del problema, considerando conjuntos de

datos con 5, 10 y 20 clientes (nodos). En el anexo 1 se muestran las soluciones obtenidas para cada caso a través del algoritmo ACO comparado con la solución exacta obtenida a través del modelo MILP. La Tabla 3 muestra los porcentajes de desviación de la solución del algoritmo ACO con respecto a la solución óptima. Esta desviación porcentual se calculó utilizando la ecuación (13). Para las instancias de 5 a 10 nodos se obtuvieron porcentajes de desviación de la solución del ACO con respecto a la solución óptima del método exacto de menos del 10% lo cual demuestra que el algoritmo ACO es capaz de encontrar buenas soluciones para el CVRP solucionado. Para las instancias de 5 nodos alrededor del 80% de las soluciones obtenidas fueron soluciones óptimas. En el caso de las instancias con 10 nodos, el algoritmo ACO de igual forma encuentra el óptimo para alrededor de un 20% de las instancias. La figura 10 muestra las frecuencias de soluciones que presentan un porcentaje de desviación menor que el 5%, 10%, 15%, 25% y 30%. Se observa que alrededor del 80% de estas soluciones corresponden al óptimo o son soluciones por debajo del 10% en el porcentaje de desviación del óptimo, solo dos casos aislados presentan un porcentaje de desviación por encima del 30% donde la solución óptima obtenida por el modelo exacto de MILP implica consideraciones irreales como por ejemplo usar dos vehículos en una instancia de 5 nodos lo que minimiza la distancia recorrida pero supone el uso innecesario de vehículos¹.

$$\text{Costo total(ACO)} = \text{Distancia Recorrida} \times \text{Costo/unidad_de_distancia} \quad (12)$$

$$\% \text{ desv} = \frac{\text{Costo total(ACO)} - \text{Costo total(Óptimo)}}{\text{Costo total(Óptimo)}} \times 100\% \quad (13)$$

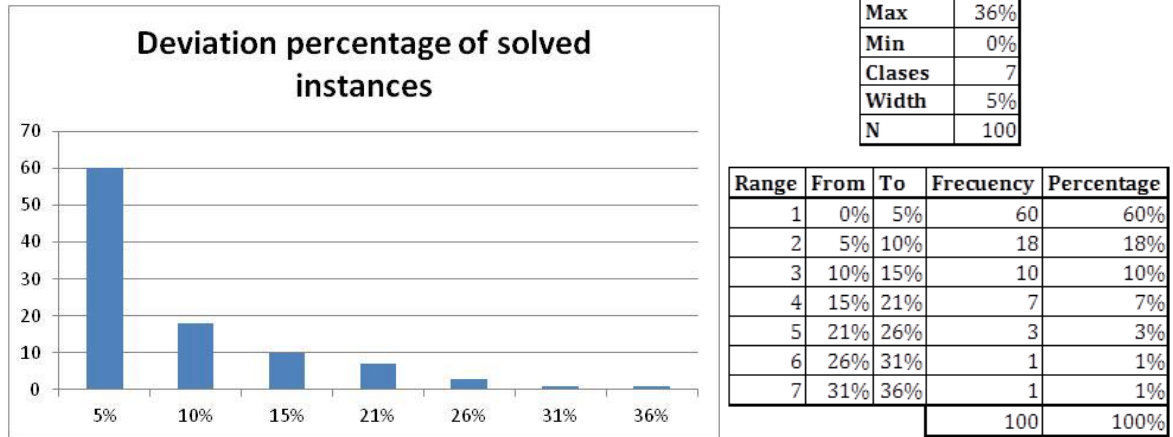
Tabla 3. Porcentajes de desviación de la solución ACO con respecto al óptimo para instancias de 5 y 10 nodos

N° Nodos	Depot	INSTANCIAS										Avg.
		i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	i10	
5	D1	0%	0%	36%	4%	15%	8%	0%	0%	4%	0%	7%
	D2	0%	11%	22%	0%	4%	9%	0%	0%	2%	0%	5%
	D3	2%	1%	20%	2%	7%	0%	6%	0%	2%	0%	4%
	D4	0%	0%	23%	6%	13%	0%	1%	0%	2%	4%	5%
	D5	0%	0%	2%	0%	6%	0%	0%	1%	2%	0%	1%
10	D1	4%	0%	6%	11%	3%	10%	3%	3%	0%	3%	4%
	D2	18%	8%	20%	19%	5%	13%	5%	7%	0%	1%	10%
	D3	14%	3%	13%	0%	4%	4%	4%	7%	8%	8%	6%
	D4	17%	9%	16%	1%	3%	5%	3%	11%	29%	4%	10%
	D5	7%	0%	13%	6%	17%	23%	2%	14%	2%	2%	9%

Fuente: Elaboración propia

¹ Aunque se minimice la distancia recorrida usando más vehículos, se tendría capacidad ociosa en todos ellos.

Figura 10. Distribución de frecuencias de los diferentes porcentajes de desviación para instancias de 5 y 10 nodos



Fuente: Elaboración propia

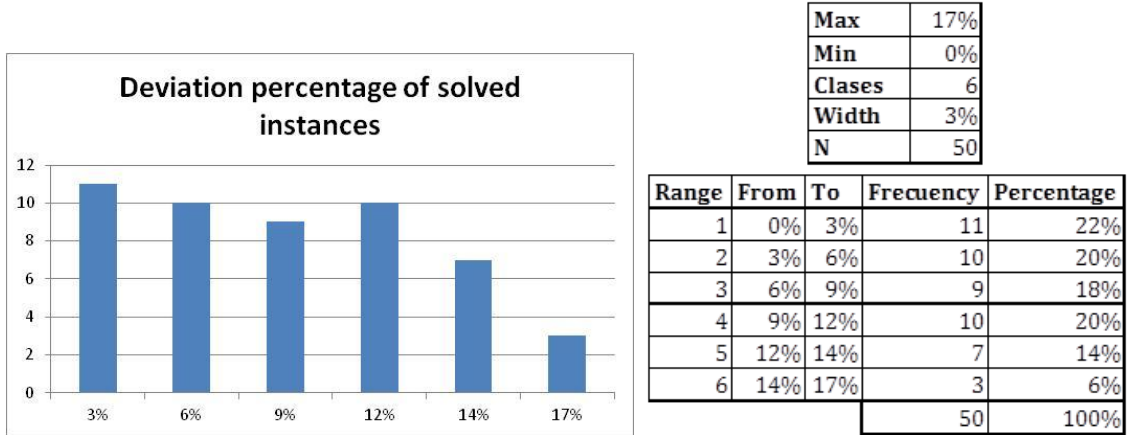
Para instancias de 20 nodos el algoritmo también encuentra buenas soluciones las cuales continúan estando por debajo del 10% en el porcentaje de desviación con algunas soluciones óptimas. Lo anterior se puede observar en la Tabla 4 y la figura 11.

Tabla 4. Porcentajes de desviación de la solución ACO con respecto al óptimo para instancias de 20 nodos

N° Nodes	Depot	INSTANCES										Avg.
		I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	
20	D1	11%	3%	13%	4%	0%	8%	11%	0%	2%	12%	6%
	D2	14%	4%	12%	4%	3%	10%	1%	6%	5%	3%	6%
	D3	12%	10%	13%	7%	5%	2%	6%	1%	1%	17%	8%
	D4	9%	7%	10%	8%	6%	5%	7%	4%	2%	16%	7%
	D5	4%	9%	9%	9%	14%	8%	11%	0%	0%	15%	8%

Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Distribución de frecuencias de los diferentes porcentajes de desviación para instancias de 20 nodos



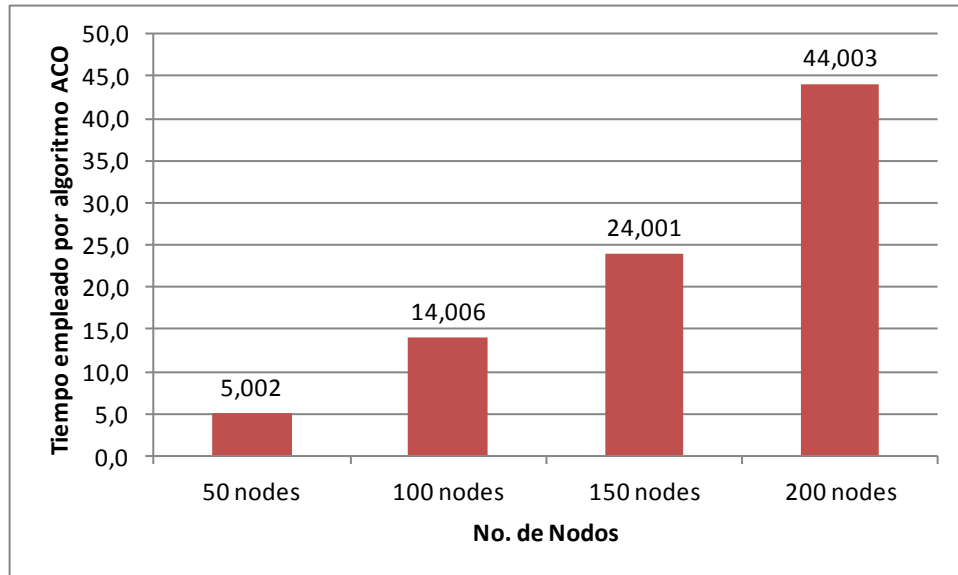
Fuente: Elaboración propia

3.3 RESULTADOS PARA INSTANCIAS DE 50 NODOS

Como se mencionó anteriormente, en lo que respecta a la complejidad de los problemas de optimización combinatoria, el problema de ruteo de vehículos capacitado es NP-Completo, lo que implica que no es posible encontrar soluciones óptimas en tiempos computacionales razonables a través de métodos exactos. Debido a esto no fue posible realizar comparaciones entre las soluciones del algoritmo ACO y una solución del método exacto de MILP para instancias de 50 nodos o mayores. Las soluciones a estas instancias implican el uso de más de 14 vehículos y la necesidad de crear rutas para cada vehículo lo que incrementa exponencialmente el número de operaciones a realizar en el modelo exacto.

La figura 12 muestra el tiempo en minutos que toma el algoritmo ACO para solucionar instancias grandes de diferentes tamaños. Se puede observar el crecimiento polinomial en el tiempo que tarda el algoritmo en encontrar las soluciones a medida que aumenta el tamaño del problema siendo tiempos computacionales razonables para este tipo de problemas.

Figura 12. Tiempo de cálculo para el algoritmo ACO



Fuente: Elaboración propia

3.4 ANÁLISIS DE INSTANCIAS SOLUCIONADAS

Para cada instancia generada se realizan réplicas del ruteo en un ambiente estocástico mediante el enfoque optimización-simulación para cada centro de distribución donde se calcula el desempeño de cada uno de estos en cuanto a costos y en cuanto a sus promedios de tiempos de operación con su respectiva incidencia en la función objetivo. Para garantizar un 95% de confianza en el cálculo de los costos esperados a través del modelo de simulación, se calculó un tamaño de muestra de 10 réplicas con un error relativo del 1%. En el Anexo 2 se registran las soluciones obtenidas para las 40 instancias generadas.

A través de una comparación del desempeño de cada uno de los sistemas simulados se logra establecer como depósito central aquél con el mejor desempeño y se retorna la solución al problema junto con la programación de rutas para entrega de mercancía. Las instancias se corrieron en un PC Intel(R) Core(TM) i7 - 2670QM CPU @2.20GHz, de 8.00 GB de RAM y sistema operativo *Windows 7 Home Premium*.

Un resumen de los resultados obtenidos para todo el conjunto de las instancias generadas se presenta en las Tablas 5 y 6. La tabla 5 muestra los valores promedio del porcentaje de desviación del costo estocástico de ruta frente al costo si fuese un problema determinístico. Este porcentaje de desviación se calcula

utilizando la ecuación (14). Las celdas en gris corresponden al menor costo total esperado obtenido usando simulación entre las cinco posibles ubicaciones de depósito (lo que corresponde a la solución del problema de localización-ruteo estocástico). Los valores de los costos se presentan en la tabla 6.

$$\%desv = \frac{\text{Costo total esperado(estocastico)} - \text{Costo total(deterministico)}}{\text{Costo total(deterministico)}} \times 100\% \quad (14)$$

Se resalta en cada caso el depósito central seleccionado (aquel con el menor costo esperado). Por ejemplo, en la instancia I1-5 que corresponde a un problema con 5 nodos, el depósito central que presentó el mejor desempeño fue el número 4, a su vez, el que tuvo mejor desempeño en la instancia I1-10 fue el número 5 y así sucesivamente. Se encontró que en al menos el 30% de los casos el depósito con el mejor desempeño fue a su vez aquél con el menor porcentaje de desviación del problema estocástico con respecto a su versión determinística. Entre los otros depósitos centrales que presentaron los mejores desempeños encontramos porcentajes de desviación similares así como valores muy cercanos al menor porcentaje de desviación. Se encontraron algunos casos excepcionales como el de la instancia I3-20 la cual aunque presenta el mayor porcentaje de desviación en el depósito 4; éste es también el de menor costo esperado. Los experimentos revelan que considerar el comportamiento estocástico en problemas de localización y ruteo genera desviaciones medias de entre el 5% y el 7% en el costo total de la operación frente al caso de no considerar los aspectos estocásticos inherentes a este tipo de problemas, i.e., cuando se consideran soluciones de tipo determinístico para resolver el problema. Tales desviaciones son bastante significativas teniendo en cuenta que los costos de transporte representan un gasto considerable para las compañías en sus operaciones de distribución. Por lo anterior, la no consideración de dichos aspectos podría generar pobres estimaciones de costos, lo cual junto a una pobre estimación de tiempos de entrega generaría bajos niveles de servicio y deficiencias de calidad en las operaciones.

Tabla 5. Comparación entre la versión determinística y la versión estocástica del LRP.

No. de Nodos	Deposito	Instancia										Prom.
		I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	
5	D1	2,1%	1,9%	2,0%	1,9%	1,5%	1,6%	1,9%	1,6%	1,4%	2,4%	1,8%
	D2	2,1%	2,0%	0,5%	2,0%	0,8%	1,6%	1,4%	1,4%	3,4%	1,9%	1,7%
	D3	1,9%	2,0%	1,9%	1,8%	1,2%	1,6%	1,6%	1,4%	1,3%	2,1%	1,7%
	D4	2,1%	1,8%	1,8%	2,0%	1,5%	1,6%	1,1%	1,5%	1,3%	1,83%	1,6%
	D5	2,1%	2,1%	1,9%	2,2%	1,2%	5,5%	1,5%	1,4%	2,3%	1,9%	2,2%
10	D1	3,0%	1,1%	0,8%	1,1%	0,9%	0,8%	0,9%	1,1%	0,9%	1,1%	1,2%
	D2	0,6%	3,8%	0,9%	0,8%	1,0%	0,8%	1,1%	3,8%	9,5%	1,3%	2,4%

	Deposito	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	Prom.
10	D3	1,0%	1,3%	0,9%	1,2%	1,1%	0,7%	0,7%	0,9%	0,7%	1,3%	1,0%
	D4	0,9%	1,4%	3,0%	1,4%	0,9%	0,8%	1,0%	1,0%	0,7%	1,3%	1,3%
	D5	1,0%	2,3%	0,9%	1,2%	0,9%	1,0%	1,2%	1,0%	0,9%	0,9%	1,1%
	D1	0,7%	0,6%	0,5%	1,9%	1,9%	0,5%	0,8%	0,8%	0,6%	0,8%	0,9%
20	D2	0,5%	0,7%	0,5%	0,7%	0,5%	0,1%	0,7%	0,7%	0,7%	0,6%	0,6%
	D3	1,0%	0,8%	5,2%	0,7%	0,6%	0,6%	0,8%	3,8%	0,5%	1,2%	1,5%
	D4	2,5%	0,7%	6,4%	2,4%	0,7%	0,7%	1,9%	0,7%	0,6%	0,8%	1,7%
	D5	5,3%	0,7%	0,7%	0,1%	0,7%	0,6%	1,0%	0,6%	0,5%	0,8%	1,1%
	D1	2,4%	0,3%	0,3%	0,2%	0,3%	2,1%	0,3%	0,3%	0,7%	1,2%	0,8%
50	D2	0,4%	0,3%	0,7%	0,3%	0,3%	5,8%	0,4%	0,2%	0,3%	0,3%	0,9%
	D3	0,3%	0,5%	1,2%	0,9%	0,3%	2,3%	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,7%
	D4	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,2%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
	D5	0,6%	0,2%	0,5%	7,5%	0,3%	4,3%	0,4%	0,4%	0,3%	0,3%	1,5%

Fuente: Herazo et al. 2013

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 6, se encontró que entre más grande es el tamaño de la instancia, mayor es la diferencia entre los costos de las soluciones para cada depósito; es decir, mayor número de nodos presentarán mayores diferencias en los costos de los cinco depósitos evaluados. Se observaron diferencias de entre el 10% y el 45% de la solución del depósito central con el menor costo total esperado frente a la solución que presentó el mayor costo total esperado correspondiendo en promedio las mayores diferencias a las instancias con mayor número de nodos. Los resultados revelan que un mal cálculo en la toma de una decisión estratégica, tal como la ubicación de un depósito central, implica un aumento sustancial en los costos totales de la operación. Por lo tanto, tener en cuenta los aspectos estocásticos inherentes a este tipo de problemas tendrá un gran impacto en el desempeño esperado de los depósitos ubicados. Por lo anterior, se resalta que modelar decisiones de ubicación teniendo en cuenta el desempeño de las operaciones de ruteo junto con los ya mencionados aspectos estocásticos de este tipo de problemas, generaría mejores estimaciones de costos y recursos asociados lo que resultaría en mejoras en la calidad y el nivel de servicio así como ahorros en las operaciones de distribución.

Tabla 6. Costo esperado del SLRP entre el conjunto de posibles depósitos

	5 nodos		10 nodos		20 nodos		50 nodos	
	Costo esperado	Mejor deposito	Costo esperado	Mejor deposito	Costo esperado	Mejor deposito	Costo esperado	Mejor deposito
I1	368.913,21	D4	626.374,89	D5	988.541,77	D5	2.765.943,47	D4
I2	293.368,15	D1	481.293,99	D1	1.161.436,81	D1	2.503.846,03	D1
I3	367.000,93	D5	749.474,00	D2	1.422.496,97	D4	1.966.563,53	D2
I4	271.695,36	D2	666.615,05	D4	1.039.961,22	D3	2.427.844,81	D1
I5	410.081,97	D2	681.683,90	D1	1.120.941,81	D5	2.635.377,24	D4
I6	489.400,93	D2	747.896,29	D5	1.313.411,37	D1	2.570.861,54	D3
I7	346.556,29	D3	657.953,98	D5	978.877,97	D2	2.403.209,83	D1
I8	465.824,60	D4	661.158,01	D1	923.442,16	D1	2.503.152,77	D3
I9	474.752,67	D1	628.183,94	D1	870.793,52	D4	2.639.117,63	D4
I10	273.390,95	D1	593.461,91	D2	928.089,73	D1	2.975.972,93	D5

Fuente: Herazo et al. 2013

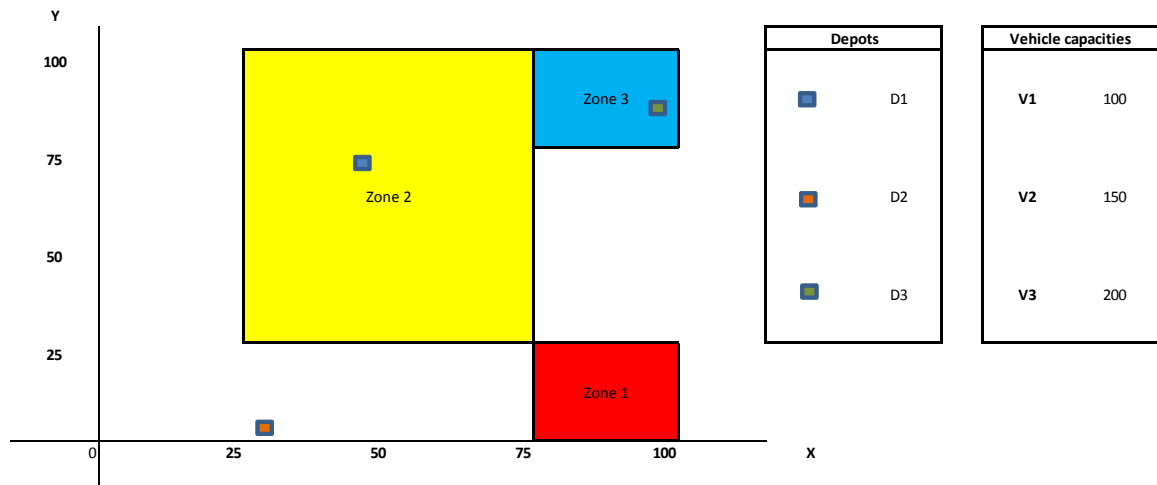
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

La aplicación de la metodología propuesta deja en evidencia que no considerar el comportamiento estocástico del sistema en problemas de localización-ruteo (como en los casos en los que se presentan soluciones determinísticas para resolver estos problemas) genera considerables desviaciones en las estimaciones del costo total de la operación en comparación a considerar este comportamiento inherente al sistema. Se desea pues ahora analizar el desempeño estadístico del modelo para probar si éste es capaz de detectar inferencias estadísticas en el comportamiento estocástico del sistema. Se diseñó un experimento para validar la eficacia del presente enfoque. Esto es clave para garantizar la aplicabilidad de la metodología propuesta como una herramienta para el proceso de toma de decisiones estratégicas, tales como la ubicación de centros de distribución y la selección de las capacidades de los vehículos.

El objetivo del experimento realizado es, habiendo validado que el modelo es capaz de detectar inferencias estadísticas en el sistema, encontrar los valores de los factores (ubicación del depósito central y capacidad de vehículos) que minimicen el costo total de la operación de distribución para un sistema con tres diferentes áreas de servicio, tres posibles ubicaciones del depósito y tres posibles capacidades de vehículos. El experimento finalmente permitirá al tomador de decisiones determinar cuál es la mejor ubicación o conjunto de ubicaciones para el depósito central junto con la capacidad o igualmente el conjunto de capacidades de vehículo que minimizan el costo total de la operación. La figura 13 ilustra el

sistema considerado para el experimento con los factores considerados (zonas o áreas de servicio, posibles ubicaciones del depósito y capacidades de vehículos).

Figura 13. Topología del área de servicio considerada en el experimento



Fuente: Elaboración propia

Para analizar el sistema se corrieron 15 réplicas para cada tratamiento. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para el comportamiento estadístico del sistema; después de comprobar todas las suposiciones para la aplicación del ANOVA, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 8. Se observa que el modelo es capaz de detectar inferencias debido a la capacidad de los vehículos e interacciones entre depósitos y zonas de servicio, así como entre capacidades de vehículos y las zonas de servicio. Lo anterior implica que, por ejemplo, debido a los efectos principales del factor capacidad de vehículos y las interacciones algunas capacidades de vehículos tendrían mejor desempeño que otras en términos de minimización de costos de operación. A su vez las interacciones implican que algunos depósitos podrían desempeñarse mejor que otros en ciertas zonas así como algunas capacidades de vehículos se ajustarían mejor a ciertas zonas. Estas primeras conclusiones se validarán a través de contrastes (como se explica más adelante).

Tabla 7. Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Costo

Origen		Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	Hipótesis	6,599E14	1	6,599E14	1480,560	,001
	Error	8,915E11	2	4,457E11		
Deposito	Hipótesis	9,179E11	2	4,590E11	,528	,626
	Error	3,475E12	4	8,688E11		
Capacidad	Hipótesis	8,048E12	2	4,024E12	30,355	,004
	Error	5,303E11	4	1,326E11		
GrupoCliente	Hipótesis	8,915E11	2	4,457E11	,459	,657
	Error	4,739E12	4,880	9,711E11		
Deposito * Capacidad	Hipótesis	2,350E11	4	5,876E10	1,935	,198
	Error	2,429E11	8	3,036E10		
Deposito * GrupoCliente	Hipótesis	3,475E12	4	8,688E11	28,621	,000
	Error	2,429E11	8	3,036E10		
Capacidad * GrupoCliente	Hipótesis	5,303E11	4	1,326E11	4,367	,036
	Error	2,429E11	8	3,036E10		
Deposito * Capacidad *	Hipótesis	2,429E11	8	3,036E10	,307	,962
GrupoCliente	Error	1,068E13	108	9,888E10		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Prueba de Tukey para depósitos

DHS de Tukey^{a,b}

Deposito	N	Subconjunto	
		1	2
Deposito1	45	2146721,1617	
Deposito3	45	2158799,4270	
Deposito2	45		2327367,3202
Sig.		,982	1,000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Prueba de Tukey para capacidades

DHS de Tukey^{a,b}

Capacidad	N	Subconjunto	
		1	2
200,00	45	2032684,6403	
150,00	45	2043997,7603	
100,00	45		2556205,5084
Sig.		,984	1,000

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron contrastes de Scheffe para determinar si hay interacciones que pudieran sugerir combinaciones de factores con un mejor desempeño. Los resultados muestran que, entre todas las interacciones, sólo existe una diferencia estadísticamente significativa que sugiere asignar el depósito 3 a la zona 3 y que a su vez los depósitos con los menores costos totales esperados para la operación de distribución son los depósitos 1 y 3. Considerando los costos de transporte, estos dos depósitos tienen estadísticamente el mismo desempeño y el tomador de decisiones podría considerar otros aspectos relevantes en la operación para inclinarse por una decisión entre únicamente utilizar el depósito 3 o ambos. Al mismo tiempo el modelo sugiere que el tomador de decisiones debería usar vehículos de capacidad o bien de 150 o bien de 200 unidades, teniendo en cuenta que ambos tienen estadísticamente el mismo desempeño.

3.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS E IMPACTO GERENCIAL

La validación realizada demostró que el modelo presentado es capaz de dar soluciones buenas en tiempos computacionales cortos, lo cual es indispensable en una herramienta de apoyo a la toma de decisiones de tipo operacional como es el caso del ruteo de vehículos. El análisis también demostró las importantes implicaciones de considerar o no el comportamiento estocástico en este tipo de problemas lo cual tiene incidencia directa en los costos totales de la operación. Se concluye que no considerar este comportamiento inherente al sistema generaría pobres estimaciones de costos totales de la operación así como de tiempos de entrega, lo que afectaría el nivel y la calidad del servicio.

Otro aporte importante del enfoque presentado respecto a decisiones de tipo estratégico consideradas en los experimentos realizados es que el modelo es capaz de detectar inferencias debido a la capacidad de los vehículos e interacciones entre depósitos y zonas de servicio, así como entre capacidades de

vehículos y las zonas de servicio. Lo anterior significa que el modelo puede determinar con una confianza del 95% qué depósito asignar a las diferentes zonas de servicio y qué tipo de vehículo (qué capacidades específicas) asignar para las diferentes zonas que deben ser atendidas dando al tomador de decisiones una evaluación precisa que le permita inclinarse por una opción u otra. También es posible proponer elementos de decisión para situaciones relacionadas con las capacidades de los vehículos, como por ejemplo ver que ciertos vehículos tienen el mismo desempeño estadístico; intuitivamente, en algunos casos, no sería tan evidente. Esto también permite a la gerencia considerar aspectos como la facilidad de adquisición, la conveniencia para la operación o aspectos legales al momento de inclinarse hacia uno u otro caso que generarían estadísticamente el mismo costo total promedio en la operación, como muestra el estudio.

3.7 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

En este capítulo se realizó un estudio experimental del modelo propuesto y se analizaron las soluciones obtenidas para las diferentes instancias del problema de localización-ruteo. Inicialmente se describió en detalle el proceso de generación de las instancias de prueba con base en problemas similares de la literatura, se consideraron distancias euclidianas en la generación de las diferentes áreas de servicio, ubicaciones de los clientes y depósitos. Luego se realizó un estudio comparativo para la etapa de ruteo en el enfoque propuesto a fin de evaluar la calidad de las soluciones generadas por el algoritmo propuesto para solucionar el problema de ruteo asociado al problema general de localización-ruteo. Se compararon las instancias solucionadas con la solución óptima del mismo problema y se demostró que el algoritmo obtiene buenas soluciones en tiempos computacionales cortos donde en la mayoría de los casos las soluciones obtenidas con el algoritmo alcanzaban el óptimo o en su defecto su porcentaje de desviación con respecto al óptimo no superaba el 10%. Se presentan resultados para instancias grandes donde se muestra que el algoritmo obtiene soluciones para instancias grandes en tiempos polinomiales. Las soluciones obtenidas permiten concluir que hay importantes implicaciones en considerar o no el comportamiento estocástico del sistema, es decir, hay importantes desviaciones en las estimaciones realizadas con soluciones determinísticas. Finalmente, se realizó un estudio experimental donde se demostró el potencial del modelo de detectar inferencias estadísticas en el análisis de un sistema con múltiples factores a considerar en la toma de decisiones. A través del estudio realizado se logró validar la aplicabilidad del enfoque propuesto y las implicaciones gerenciales de las soluciones obtenidas con el mismo.

4. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

La presente investigación muestra que en el estudio de problemas de la logística de transportes que consideran decisiones de tipo estratégico, táctico y operativo existe una brecha entre las soluciones propuestas en la literatura y los problemas reales. El problema de localización-ruteo ha sido ampliamente estudiado en la literatura, sin embargo la mayor parte de trabajos se concentran en soluciones determinísticas al problema mientras que en la realidad las operaciones se desarrollan en un ambiente de incertidumbre. El problema de localización-ruteo estocástico, que pretende tener en cuenta la incertidumbre inherente a este tipo de problemas reales, en su mayoría ha considerado como componente sujeto a incertidumbre dentro del modelo la demanda de los clientes, dejando de lado aspectos un poco igualmente realistas sujetos a incertidumbre como los costos asociados y los tiempos de ruta. Se presentó un enfoque que pretende servir de herramienta para cerrar la brecha entre el estudio de problemas de localización-ruteo y su aplicación a problemas reales de la industria. Se describió el método propuesto para resolverlo a través de un enfoque jerárquico de dos fases basado en optimización y simulación de eventos discretos donde se consideraron estrategias para las etapas de localización y ruteo considerando los aspectos inherentes al sistema sujetos a incertidumbre como son los costos asociados a las rutas y los tiempos de ruta. El procedimiento descrito permite solucionar el problema general estableciendo como depósito central al cual se asignaran los vehículos aquel con el mejor desempeño entre todas las posibles ubicaciones disponibles.

Se realizó un estudio experimental que permitió evaluar la calidad de las soluciones generadas por el algoritmo propuesto para solucionar el problema de ruteo asociado al problema general de localización-ruteo. Se comprobó que las soluciones obtenidas con el algoritmo basado en colonia de hormigas en muchos casos coincidieron con el óptimo encontrado a través de un modelo de MILP o en su defecto tenían un porcentaje de desviación con respecto al óptimo por debajo del 10%. El algoritmo presentado obtiene soluciones en tiempos computacionales cortos y se mostró que el tiempo que emplea en solucionar instancias grandes aumenta en forma polinomial. Se observaron desviaciones de hasta un 10% en las soluciones obtenidas con una versión determinística del problema frente a la versión estocástica lo que resalta la implicación de considerar o no la incertidumbre en el sistema. El estudio experimental realizado permitió concluir que el modelo presentado con una confianza del 95% y un error del 1%, es capaz de detectar inferencias estadísticas en los sistemas analizados permitiendo dar más información al tomador de decisiones sobre la escogencia de una u otra opción para la ubicación de centros de distribución (nivel estratégico de decisión) o la asignación de la flota de vehículos o el ruteo (nivel táctico-operativo de decisión).

Como investigaciones futuras se pueden incluir en el modelo consideraciones de múltiples objetivos, además del costo total de la operación, y la implementación del modelo propuesto en una empresa colombiana transportadora de materiales ambientalmente peligrosos cuyas operaciones corresponden al sistema estudiado en la presente investigación.

REFERENCIAS

- Albareda M., Fernández E., Laporte G., 2007. Heuristic and lower bound for a stochastic location-routing problem. *European Journal of Operational Research* 179. 3 (Jun 16, 2007): 940.
- Amir A., Nader A., 2010. Incorporating location, routing and inventory decisions in supply chain network design. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* Volume 46, Issue 5, September 2010, Pages 582–597.
- Averbakh I., Berman O. and Simchi-Levi D., 1994. Probabilistic a priori routing-location problems. *Naval Research Logistics* Vol. 41, 1994, pp. 973-989.
- Averbakh, I., Berman, O.. 1995. Probabilistic sales-delivery man and sales-delivery facility location problems on a tree. *Transportation Science* 29 (2). 184- 197.
- Baran B., Hermosilla, A. 2004. Comparación de un sistema de colonias de hormigas y una estrategia evolutiva para el problema del ruteo de vehículos con ventanas de tiempo en un contexto multiobjetivo.[en línea]. Asunción: Uruguay. Centro Nacional de Computación, Universidad Nacional de Asunción.
- Bastian C., Kan R. 1992. The stochastic vehicle routing problem revisited. *European Journal of Operational Research* 56, 3:407-412.
- Bender V, Strohmeier E (1979) Lagerstandort imierung und Fuhrparkeinsatzplanung in der konsumguter-industrie. *Zen Scornift Fur Oper Res* 23:89–104
- Bertsimas D., 1989. Traveling salesman facility location problems. *Transportation Science* August 1989 vol. 23 no. 3 184-191.
- Berman, O., Jaillet, P., Simchi-Levi, D., 1995. Location-routing problems with uncertainty. In: Drezner, Z. (Ed.), *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*. Springer-Verlag, New York, NY, pp. 427-453.
- Berman O., Simchi-Levi D., 1988a. Finding the optimal a priori tour and location of a traveling salesman with nonhomogeneous customers. *Transportation Science* May 1988 vol. 22 no. 2 148-154.
- Berman O. and Simchi-Levi D., 1988b. Minisum location of a travelling salesman on simple networks. *European Journal of Operational Research* Volume 36, Issue 2, August 1988, Pages 241–250.

- Berman O. and Simchi-Levi D., 1989. The traveling salesman location problem on stochastic networks. *Transportation Science* February 1989 vol. 23 no. 1 54-57.
- Billionnet A, Elloumi S, Grouz-Djerbi L (2005) Designing radio-mobile access networks based on synchronous digital hierarchy rings. *Comput Oper Res* 32:379–394
- Bo Z., Zujun M., Sai J., 2008. Location-routing-inventory problem with stochastic demand in logistics distribution systems. *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008. WiCOM '08. 4th International Conference on 12-14 Oct. 2008.*
- Bruns A, Klose A, St"ahly P (2000) Restructuring of Swiss parcel delivery services. *OR Spektrum* 22:285–302
- Burness, R.C., White, J.A., 1976. The traveling salesman location problem. *Transportation Science* IO (4). 348-360.
- Chan Y., Carter W., Burnes M., 2001. A multiple-depot, multiple-vehicle, location-routing problem with stochastically processed demands. *Computers & Operations Research* 28 (2001) 803826.
- Chepuri, K., Homem-de-Mello, T. 2005. Solving the vehicle routing problem with stochastic demands using the cross-entropy method. *Annals of Operations Research*, 134(1), 153–181.
- CSCMP, Council of Supply Chain of Management Professionals, 2012.
- CONPES (2008) Documento CONPES 3547 del 27 de octubre de 2008.
Disponible en:
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwsp.presidencia.gov.co%2Fsncei%2Fpolitica%2FDocuments%2FConpes-3547-27oct2008.pdf&ei=wXFnUqGrHI6O9ASc64GwAw&usg=AFQjCNF8HoDfs46zh7Vf64f6f0vzxF2J4w&sig2=FYfqznt875EC7xJOv-o0Hg&bvm=bv.55123115,d.eWU> Consultado el 25 del mes de Septiembre de 2013.
- Cui G., Li Y., 2007a. Combined location routing and inventory problem with fuzzy demand in logistics system. *Control and decision*. 2007, vol 22; numb 9, pages 1000-1004.

- Cui g., li y., 2007b. Study on the combined location routing and inventory problem in logistics system based on bi-level programming. *Systems engineering-theory & practice* 2007-06.
- Daskin, M.S., 1987. Location, dispatching, and routing models for emergency services with stochastic travel times. In: Ghosh, A., Rushton, G. (Eds.), *Spatial Analysis and Location-Allocation Models*. Von Nostrand Reinhold Company, New York. NY, pp. 224-265.
- Doerner K., Hartl R., Siegfried B., Lucka M. 2006. Parallel cooperative savings based ant colony optimization—multiple search and decomposition approaches. *Parallel Process. Lett.* Volume 16, Issue 03, pp. 351-369, September 2006.
- Dorigo, M., Blum, C. 2005. Ant colony optimization theory: A survey. *Theoretical Computer Science*, 344(2-3), 243–278.
- Dorigo M., Gambardella L. 1997. Ant colonies for the travelling salesman problem. *BioSystem*, Vol. 43, No. 1, pp. 73-81.
- Fazel M., Hemmati A., Davari S., 2011. The multi-depot capacitated location-routing problem with fuzzy travel times. *Expert Systems with Applications* 38 (2011) 10075–10084.
- Fazel M., Hemmatia A., Davaria S., Turksen B., 2012. Capacitated location-routing problem with time windows under uncertainty. *Knowledge-Based Systems* Available online 9 October 2012 In Press, Corrected Proof — Note to users.
- Fuellerer G., Doerner K., Hartl R., Iori M. Ant colony optimization for the two-dimensional loading vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*. Volume 36, Issue 3, March 2009, Pages 655–673
- Gendreau, M., Laporte, G., & Séguin, R. (1996). Stochastic vehicle routing. *European Journal of Operational Research* 88 (1996) 3-12. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037722179500050X>
- Ghan, Y., Merrill, D., 1997. The probabilistic multiple-travelling-salesmen facility-location problem: Space-Filling Curves and Asymptotic Euclidean Analyses. *Military Operations Research*, Volume 3, Number 2, 1997 , pp. 37-53(17).
- Gunnarsson H, Rönnqvist M, Carlsson D (2006) A combined terminal location and ship routing problem. *J Oper Res Soc* 57:928–938

- Harrison, H., 1979. A planning system for facilities and resources in distribution networks. *Interfaces* 9 (2). 6-22.
- Hassan-Pour H., Mosadegh-Khah M., Tavakkoli-Moghaddam R., 2009. Solving a multi-objective multi-depot stochastic location-routing problem by a hybrid simulated annealing algorithm. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* August 1, 2009 vol. 223 no. 8 1045-1054.
- Hassanzadeh A., Mohseninezhad L., Tirdad A., Dadgostari F., and Zolfagharinia H., (2009). R.Z. Farahani and M. Hekmatfar (eds.), *Facility location: concepts, models, algorithms and case studies, contributions to management science*, Germany, Physica-Verlag, 2009, 549 pp., ISBN 978-3-7908-2150-5 (hardprint), 978-3-7908-2151-2 (electronic) Wolf, Gert W. *International Journal of Geographical Information Science*, 2011, Vol.25(2), pp.331-333
- Herazo Padilla N., Montoya-Torres J., Muñoz Villamizar A., Nieto Isaza S., Ramirez Polo L. Coupling ant colony optimization and discrete-event simulation to solve a stochastic location-routing problem. *Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference* R. Pasupathy, S.-H. Kim, A. Tolk, R. Hill, and M. E. Kuhl, eds.
- Jacobsen SK, Madsen OBG (1978) On the location of transfer points in a two-level newspaper delivery system – a case study. Presented at the international symposium on locational decisions, 24–28
- Jafari A., Golozari F., 2010. Application of ranking function to solve fuzzy location-routing problem with L-R fuzzy numbers. *Information and Financial Engineering (ICIFE)*, 2010 2nd IEEE International Conference on Date of Conference: 17-19 Sept. 2010 Page(s): 351-355.
- Jamil, M., Batta, R., Malon, D.M., 1994. The traveling repairperson home base location problem. *Transportation Science* 28 (2). 150-161.
- Jiang S., Ma Z., 2009. A hybrid genetic algorithm for the stochastic dynamic location-routing-inventory problem in closed-loop logistics system for reusing end-of-use products. *International Conference on Transportation Engineering* 2009. ISBN (print): 978-0-7844-1039-4.
- Kenyon A. and Morton D., 2001. A survey on stochastic location routing problems. *CEJOR* (2001) 9: 227-238.
- Kulcar T (1996) Optimizing solid waste collection in Brussels. *Eur J Oper Res* 90:26–44

- Laporte G. (1988). Location-routing problems, In: Golden BL, Assad AA (eds.) Vehicle Routing: Methods and Studies, North-Holland, Amsterdam
- Laporte G., Louveaux F. and Mercure H., 1992. The vehicle routing problem with stochastic travel times. Transportation Science. Vol. 26, No. 3, August 1992
- Laporte, G., Louveaux, F., Mercure, H., 1989. Models and exact solutions for a class of stochastic location-routing problems. European Journal of Operational Research 39, 71-78.
- Lee Y, Kim S-I, Lee S, Kang K (2003) A location-routing problem in designing optical internet access with WDM systems. Photon Netw Commun 6:151–160
- Lenstra J., Kan R. (1981). Complexity of vehicle routing problem with time windows. Networks, 11, 221-227.
- Li H., Ma Z., and Wang Ch., 2008. The stochastic location-routing-inventory problem in reverse logistics systems for municipal solid waste. Logistics : The Emerging Frontiers of Transportation and Development in China. ISBN (print): 978-0-7844-0996-1.
- Lin CKY, Chow CK, Chen A (2002) A location-routing-loading problem for bill delivery services. Comput Ind Eng 43:5–25
- Liu, S., Lee, S., 2003. A two-phase heuristic method for the multi-depot location routing problem taking inventory control decisions into consideration. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2003, Vol.22(11), pp.941-950.
- Liu H., Zhang Q., Wang W., 2011. Research on location-routing problem of reverse logistics with grey recycling demands based on PSO. Grey Systems: Theory and Application, Vol. 1 Iss: 1, pp.97 – 104.
- Ma Z., Dai Y., 2007. A Stochastic location-routing-inventory problem in logistics distribution systems. International Conference on Transportation Engineering 2007. ISBN (print): 978-0-7844-0932-9.
- Ma Z., Dai Y., Li H., Wang Ch., 2008. A fuzzy location-routing-inventory problem in logistics distribution systems. Logistics : The Emerging Frontiers of Transportation and Development in China. ISBN (print): 978-0-7844-0996-1.
- Ma Z., Dai Y., 2010. Stochastic dynamic location-routing-inventory problem in two-echelon multi-product distribution systems. International Conference of

Logistics Engineering and Management (ICLEM) 2010. ISBN (print): 978-0-7844-1139-1 Publisher: American Society of Civil Engineers.

- Ma H., Yang X., Zhang D., 2010. The research into ILRIP for single-stage logistics distribution network under stochastic demand based on JITD. *Service Systems and Service Management (ICSSSM)*, 2010 7th International Conference on Date of Conference: 28-30 June 2010.
- McDiarmid C., 1992. Probability modelling and optimal location of a Travelling Salesman. *J. Opt Res. Soc.* Vol. 43, No. 5, pp. 533-538.
- Min H., Jayaraman V. and Srivastava R., 1998. location-routing problems: A research directions. *European Journal of Operational Research* 108 (1 998) 1 - 15
- Mosheiov G., 1995. The pickup delivery location problem on networks. *Networks* Volume 26, Issue 4, pages 243–251, December 1995.
- Murty KG, Djang PA (1999) The U.S. army national guard's mobile training simulators location and routing problem. *Oper Res* 47:175–182
- Nambiar JM, Gelders LF, Van Wassenhove LN (1989) Plant location and vehicle routing in the Malaysian rubber smallholder sector: a case study. *Eur J Oper Res* 38:14–26
- Nagy g. And salhy s., 2006. Location-routing: issues, models and methods. *European journal of operational research* 177 (2007) 649–672.
- Or I, Pierskalla WP (1979) A transportation, location-allocation model for regional blood banking. *AIIE Trans* 11:86–95
- Pellegrini, P., Favaretto, D., & Moretti, E. (2007). Multiple ant colony optimization for a rich vehicle routing problem : a Case Study. *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems, Volume 4693*, pp 627–634. Retrieved from http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-74827-4_79
- Perl J, Daskin MS (1985) A warehouse location-routing problem. *Transp Res* 5:381–396
- Prodhon C., 2007. A metaheuristic for the periodic location-routing problem. *Operations research proceedings 2007 operations research proceedings, 2008, volume 2007, part vi, 159-164, doi: 10.1007/978-3-540-77903-2_25.*

- M. Reimann, K. Doerner, R.F. Hartl, D-ants: savings based ants divide and conquer the vehicle routing problems, *Comput. Oper. Res.* 31 (4) (2004) 563–591.
- Sajjadi, S., 2008. Integrated supply chain: multi products location routing problem integrated with inventory under stochastic demand. Wichita State University, College of Engineering, Dept. of Industrial and Manufacturing Engineering Includes bibliographic references (leaves 128-135).
- Sajjadi, S., Cheraghi, S., 2008. Uncertain location routing problem (LRP) integrated to inventory considering space limitation. Proceedings: 4th Annual Symposium: Graduate Research and Scholarly Projects [79] Conference proceedings held at the Eugene Hughes Metropolitan Complex, Wichita State University, April 25, 2008. Symposium Chair: David M. Eichhorn.
- Sajjadi S., Cheraghi S., 2011. Multi-products location–routing problem integrated with inventory under stochastic demand *Int. J. of Industrial and Systems Engineering*, 2011, Vol 7 Issue 4, pp 454 – 476.
- Semet F, Taillard E (1993) Solving real-life vehicle routing problems efficiently using tabu search. *Ann Oper Res* 41:469–488
- Simchi-Levi, D., 1991. The capacitated traveling salesmen location problem. *Transportation Science* 25, 9- 18.
- Simchi-Levi, D., Berman, O.. 1988. A heuristic algorithm for the traveling salesman location problem on networks. *European Journal of Operational Research* 36, 478-484.
- Song R., He S., Zhang L., 2009. Optimum transit operations during the emergency evacuations. *J transpn sys eng & it*, 2009, 9(6), 154-160.
- Toth P., Vigo D. 2002. The vehicle routing problem. SIAM monographs on discrete mathematics and applications, Philadelphia, PA, USA.
- Vidovic m., hwang h., hwan kim k., 2003. Locating depots for empty containers as a probabilistic location routing problem with balancing demand. *The international journal of transport & logistics udc: 621.796: 65.011.56.*
- Wang Ch., Ma Z., Li H., 2008. Stochastic dynamic location-routing-inventory problem in closed-loop logistics system for reusing end-of-use products. *Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA)*, 2008 International Conference on Date of Conference: 20-22 Oct. 2008.

- Wang Sh., Ma Z., 2010. Stochastic location-routing model and algorithm in emergency distribution by airlift. *Jisuanji Yingyong / Journal of Computer Applications*. Vol. 30, no. 12, pp. 3207-3210. Dec 2010.
- Wang Sh., Ma Z., Feng Y., 2010. A location-routing model on relief distribution centers in earthquake disasters. *ICLEM 2010: Logistics For Sustained Economic Development: Infrastructure, Information, Integration*. ISBN (print): 978-0-7844-1139-1.
- Wang sh., Ma z., 2011. Fuzzy dynamic lrp with time windows in post-earthquake emergency logistics systems. *Operations research and management science* 2011-05. Cnki:sun:ycgl.0.2011-05-013.
- Wasner M, Zäpfel G (2004) An integrated multi-depot hub location vehicle routing model for network planning of parcel service. *Int J Prod Econ* 90:403–419
- Watson-Gandy CDT, Dohrn PJ (1973) Depot location with van salesmen – a practical approach. *Omega* 11:321–329
- World Bank. (2012). Connecting to compete. Retrieved from http://siteresources.worldbank.org/TRADE/Resources/239070-1336654966193/LPI_2012_final.pdf
- Yang W., Mathur K., Ballou R. Stochastic vehicle routing problem with restocking *Transportation Science* pp. 99-112, Vol. 34, No.1 February 2000.
- Ye W., Li Q., 2007. Solving the stochastic location-routing problem with genetic algorithm. *Management Science and Engineering*, 2007. ICMSE 2007.
- Zuo-Jun M., Lian Q., 2007. Incorporating inventory and routing costs in strategic location models. *European Journal of Operational Research* Volume 179, Issue 2, 1 June 2007, Pages 372–389.

ANEXO 1: Tablas comparativas para soluciones ACO y soluciones óptimas

I1-5					I1-10				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación
D1	5	\$ 396.710,79	\$ 396.710,79	0,0%	D1	10	\$ 605.859,88	\$ 597.858,98	1,3%
D2	5	\$ 397.648,02	\$ 397.648,02	0,0%	D2	10	\$ 753.697,77	\$ 741.210,22	1,7%
D3	5	\$ 367.455,57	\$ 358.888,07	2,4%	D3	10	\$ 629.532,47	\$ 629.532,47	0,0%
D4	5	\$ 361.442,30	\$ 361.442,30	0,0%	D4	10	\$ 755.087,41	\$ 740.035,96	2,0%
D5	5	\$ 365.193,56	\$ 365.193,56	0,0%	D5	10	\$ 587.985,76	\$ 581.623,52	1,1%

I1-20					I1-50				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación
D1	20	\$ 1.025.845,62	\$ 923.366,57	11,1%	D1	50	\$ 3.354.910,72		
D2	20	\$ 1.354.420,58	\$ 1.187.037,23	14,1%	D2	50	\$ 2.777.642,32		
D3	20	\$ 1.175.578,33	\$ 1.051.473,12	11,8%	D3	50	\$ 2.877.942,01		
D4	20	\$ 938.911,76	\$ 864.119,67	8,7%	D4	50	\$ 2.757.831,73		
D5	20	\$ 931.519,94	\$ 895.893,21	4,0%	D5	50	\$ 3.366.631,43		

I2-5					I2-10				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación
D1	5	\$ 287.996,83	\$ 287.996,83	0,0%	D1	10	\$ 476.149,53	\$ 474.512,33	0,3%
D2	5	\$ 332.833,35	\$ 300.146,31	10,9%	D2	10	\$ 534.950,00	\$ 530.047,00	0,9%
D3	5	\$ 316.697,43	\$ 312.022,46	1,5%	D3	10	\$ 716.954,81	\$ 698.590,16	2,6%
D4	5	\$ 292.397,48	\$ 292.397,48	0,0%	D4	10	\$ 600.406,71	\$ 584.857,83	2,7%
D5	5	\$ 345.953,92	\$ 345.953,92	0,0%	D5	10	\$ 517.470,21	\$ 517.470,21	0,0%

I2-20					I2-50				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación
D1	20	\$ 1.155.061,05	\$ 1.125.487,61	2,6%	D1	50	\$ 2.495.786,14		
D2	20	\$ 1.433.907,96	\$ 1.373.640,80	4,4%	D2	50	\$ 3.470.418,74		
D3	20	\$ 1.516.381,20	\$ 1.373.124,08	10,4%	D3	50	\$ 2.802.630,45		
D4	20	\$ 1.394.643,38	\$ 1.299.776,85	7,3%	D4	50	\$ 3.290.244,17		
D5	20	\$ 1.302.365,08	\$ 1.198.645,33	8,7%	D5	50	\$ 3.199.444,47		

I3-5					I3-10				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación
D1	5	\$ 373.223,62	\$ 274.547,09	35,9%	D1	10	\$ 851.195,11	\$ 803.443,01	5,9%
D2	5	\$ 418.828,66	\$ 343.179,68	22,0%	D2	10	\$ 743.091,64	\$ 617.498,74	20,3%
D3	5	\$ 368.679,12	\$ 308.309,41	19,6%	D3	10	\$ 883.963,53	\$ 781.900,86	13,1%
D4	5	\$ 357.000,02	\$ 289.953,32	23,1%	D4	10	\$ 737.086,66	\$ 635.869,58	15,9%
D5	5	\$ 360.281,46	\$ 352.715,17	2,1%	D5	10	\$ 903.101,43	\$ 798.983,23	13,0%

I3-20					I3-50				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación
D1	20	\$ 1.784.752,97	\$ 1.573.280,58	13,4%	D1	50	\$ 2.507.832,93		
D2	20	\$ 1.619.856,52	\$ 1.440.469,51	12,5%	D2	50	\$ 1.953.358,49		
D3	20	\$ 1.582.168,18	\$ 1.402.214,46	12,8%	D3	50	\$ 2.816.600,17		
D4	20	\$ 1.273.235,47	\$ 1.158.409,29	9,9%	D4	50	\$ 2.570.922,88		
D5	20	\$ 1.487.088,77	\$ 1.359.050,83	9,4%	D5	50	\$ 2.024.438,79		

I4-5					I4-10				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación
D1	5	\$ 338.587,51	\$ 326.258,07	3,8%	D1	10	\$ 849.783,67	\$ 766.245,33	10,9%
D2	5	\$ 266.452,39	\$ 266.452,39	0,0%	D2	10	\$ 862.126,32	\$ 721.699,28	19,5%
D3	5	\$ 278.307,88	\$ 273.683,51	1,7%	D3	10	\$ 708.831,96	\$ 708.831,96	0,0%
D4	5	\$ 338.482,34	\$ 319.540,97	5,9%	D4	10	\$ 657.387,10	\$ 649.245,93	1,3%
D5	5	\$ 327.250,87	\$ 327.250,87	0,0%	D5	10	\$ 796.849,87	\$ 749.744,56	6,3%

I4-20					I4-50				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación
D1	20	\$ 1.065.838,56	\$ 1.022.687,95	4,2%	D1	50	\$ 2.421.835,96		
D2	20	\$ 1.335.287,15	\$ 1.283.935,34	4,0%	D2	50	\$ 3.035.290,30		
D3	20	\$ 1.020.626,00	\$ 950.935,36	7,3%	D3	50	\$ 2.954.345,31		
D4	20	\$ 1.202.490,65	\$ 1.113.770,34	8,0%	D4	50	\$ 3.030.412,79		
D5	20	\$ 1.263.004,06	\$ 1.162.319,38	8,7%	D5	50	\$ 2.927.539,16		

I5-5					I5-10				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación
D1	5	\$ 453.523,50	\$ 395.883,21	14,6%	D1	10	\$ 675.402,57	\$ 658.225,37	2,6%
D2	5	\$ 406.654,59	\$ 390.346,47	4,2%	D2	10	\$ 692.452,81	\$ 657.325,35	5,3%
D3	5	\$ 468.055,98	\$ 437.660,03	6,9%	D3	10	\$ 716.148,77	\$ 692.133,50	3,5%
D4	5	\$ 466.388,77	\$ 413.284,50	12,8%	D4	10	\$ 731.246,99	\$ 706.914,39	3,4%
D5	5	\$ 485.429,61	\$ 457.938,93	6,0%	D5	10	\$ 783.581,77	\$ 667.961,95	17,3%

I5-20					I5-50				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Óptimo	Porcentaje de desviación
D1	20	\$ 1.345.506,51	\$ 1.343.929,02	0,1%	D1	50	\$ 3.492.419,26		
D2	20	\$ 1.126.985,73	\$ 1.090.560,99	3,3%	D2	50	\$ 3.063.363,53		
D3	20	\$ 1.101.335,84	\$ 1.044.215,12	5,5%	D3	50	\$ 3.125.530,72		
D4	20	\$ 1.127.125,81	\$ 1.065.637,05	5,8%	D4	50	\$ 2.629.039,37		
D5	20	\$ 1.113.285,63	\$ 975.259,34	14,2%	D5	50	\$ 3.081.468,76		

I6-5					I6-10				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación
D1	5	\$ 491.550,37	\$ 455.780,33	7,8%	D1	10	\$ 1.104.281,84	\$ 1.033.527,36	6,8%
D2	5	\$ 481.492,92	\$ 443.667,27	8,5%	D2	10	\$ 957.618,95	\$ 906.590,10	5,6%
D3	5	\$ 506.962,57	\$ 506.385,73	0,1%	D3	10	\$ 1.105.707,51	\$ 1.059.116,72	4,4%
D4	5	\$ 607.749,54	\$ 607.749,54	0,0%	D4	10	\$ 1.102.551,36	\$ 1.045.465,67	5,5%
D5	5	\$ 605.876,62	\$ 605.676,62	0,0%	D5	10	\$ 660.866,39	\$ 603.643,03	9,5%

I6-20					I6-50				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación
D1	20	\$ 1.264.397,60	\$ 1.172.847,18	7,8%	D1	50	\$ 2.802.380,75		
D2	20	\$ 1.418.433,58	\$ 1.294.902,23	9,5%	D2	50	\$ 3.597.781,00		
D3	20	\$ 1.353.579,88	\$ 1.329.178,30	1,8%	D3	50	\$ 2.512.116,04		
D4	20	\$ 1.318.729,24	\$ 1.250.179,15	5,5%	D4	50	\$ 3.409.790,64		
D5	20	\$ 1.099.214,17	\$ 1.018.047,90	8,0%	D5	50	\$ 2.794.206,23		

I7-5					I7-10				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación
D1	5	\$ 369.373,39	\$ 367.970,75	0,4%	D1	10	\$ 727.168,94	\$ 704.861,06	3,2%
D2	5	\$ 387.802,00	\$ 387.802,00	0,0%	D2	10	\$ 676.140,69	\$ 643.453,81	5,1%
D3	5	\$ 340.943,92	\$ 322.004,79	5,9%	D3	10	\$ 949.274,59	\$ 915.260,78	3,7%
D4	5	\$ 404.311,20	\$ 401.475,76	0,7%	D4	10	\$ 773.614,40	\$ 748.197,24	3,4%
D5	5	\$ 486.573,20	\$ 486.573,20	0,0%	D5	10	\$ 650.144,37	\$ 636.416,49	2,2%

I7-20					I7-50				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación
D1	20	\$ 1.358.536,98	\$ 1.229.420,74	10,5%	D1	50	\$ 2.395.295,21		
D2	20	\$ 972.230,13	\$ 958.291,44	1,5%	D2	50	\$ 2.781.083,56		
D3	20	\$ 1.215.442,17	\$ 1.144.449,45	6,2%	D3	50	\$ 2.937.332,61		
D4	20	\$ 968.600,02	\$ 906.864,20	6,8%	D4	50	\$ 3.098.661,46		
D5	20	\$ 1.285.997,22	\$ 1.156.370,71	11,2%	D5	50	\$ 2.617.695,18		

I8-5					I8-10				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación
D1	5	\$ 530.049,70	\$ 530.049,70	0,0%	D1	10	\$ 653.962,41	\$ 633.077,22	3,3%
D2	5	\$ 517.161,87	\$ 517.161,87	0,0%	D2	10	\$ 728.363,95	\$ 726.855,57	6,8%
D3	5	\$ 510.594,06	\$ 510.594,06	0,0%	D3	10	\$ 796.108,22	\$ 745.226,27	0,2%
D4	5	\$ 458.843,65	\$ 458.843,65	0,0%	D4	10	\$ 646.542,63	\$ 624.017,23	3,6%
D5	5	\$ 582.700,63	\$ 575.968,75	1,2%	D5	10	\$ 765.596,78	\$ 733.830,03	4,3%

I8-20					I8-50				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación
D1	20	\$ 915.907,53	\$ 913.267,36	0,3%	D1	50	\$ 2.792.647,78		
D2	20	\$ 1.071.360,55	\$ 1.006.464,70	6,4%	D2	50	\$ 4.109.033,31		
D3	20	\$ 896.195,17	\$ 883.162,99	1,5%	D3	50	\$ 2.496.879,82		
D4	20	\$ 1.500.912,55	\$ 1.441.200,68	4,1%	D4	50	\$ 2.559.230,13		
D5	20	\$ 1.028.047,08	\$ 1.028.157,30	0,0%	D5	50	\$ 2.559.230,13		

I9-5					I9-10				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación
D1	5	\$ 468.146,65	\$ 448.176,92	4,5%	D1	10	\$ 622.588,65	\$ 622.588,65	0,0%
D2	5	\$ 470.380,05	\$ 459.522,90	2,4%	D2	10	\$ 776.938,35	\$ 775.022,59	0,2%
D3	5	\$ 676.007,46	\$ 662.820,84	2,0%	D3	10	\$ 779.993,91	\$ 722.667,49	7,9%
D4	5	\$ 731.492,61	\$ 714.484,86	2,4%	D4	10	\$ 988.620,41	\$ 859.131,32	15,1%
D5	5	\$ 576.107,17	\$ 563.909,39	2,2%	D5	10	\$ 917.077,70	\$ 900.277,46	1,9%

I9-20					I9-50				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación
D1	20	\$ 1.128.792,63	\$ 1.112.030,03	1,5%	D1	50	\$ 2.911.179,11		
D2	20	\$ 1.108.182,78	\$ 1.057.308,55	4,8%	D2	50	\$ 3.400.376,55		
D3	20	\$ 952.231,88	\$ 944.914,69	0,8%	D3	50	\$ 3.187.862,16		
D4	20	\$ 866.018,60	\$ 848.539,53	2,1%	D4	50	\$ 2.631.927,38		
D5	20	\$ 845.774,40	\$ 845.775,40	0,0%	D5	50	\$ 2.628.562,61		

I10-5					I10-10				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación
D1	5	\$ 398.760,90	\$ 398.760,90	0,0%	D1	10	\$ 788.955,59	\$ 783.736,01	0,7%
D2	5	\$ 269.518,92	\$ 269.518,92	0,0%	D2	10	\$ 585.709,26	\$ 577.703,72	1,4%
D3	5	\$ 315.357,51	\$ 315.357,51	0,0%	D3	10	\$ 813.088,95	\$ 753.611,29	7,9%
D4	5	\$ 292.613,55	\$ 282.534,74	3,6%	D4	10	\$ 602.705,41	\$ 581.604,44	3,6%
D5	5	\$ 268.384,29	\$ 268.384,29	0,0%	D5	10	\$ 885.689,34	\$ 869.493,50	1,9%

I10-20					I10-50				
Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación	Deposito	N° Nodos	Costo de Viaje (determinístico)	Costo de viaje Optimo	Porcentaje de desviación
D1	20	\$ 879.866,33	\$ 787.600,81	11,7%	D1	50	\$ 3.279.747,77		
D2	20	\$ 1.008.659,19	\$ 976.437,44	3,3%	D2	50	\$ 3.114.416,52		
D3	20	\$ 1.111.432,99	\$ 947.541,56	17,3%	D3	50	\$ 3.373.589,52		
D4	20	\$ 1.169.923,81	\$ 1.006.290,99	16,3%	D4	50	\$ 3.575.943,19		
D5	20	\$ 1.228.088,04	\$ 1.065.881,46	15,2%	D5	50	\$ 2.967.195,18		

ANEXO 2: Soluciones a instancias generadas del SLRP

I1-5			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	5	5,27	\$ 412.528,68
		4,45	\$ 402.393,81
		5,05	\$ 409.786,69
		4,29	\$ 400.498,45
		4,34	\$ 401.093,50
		4,44	\$ 402.243,93
		4,32	\$ 400.842,81
		4,73	\$ 405.896,78
		4,75	\$ 406.114,34
		4,97	\$ 408.871,97
Prom	4,661	\$ 405.027,10	
Desv est	0,346521	\$ 4.266,40	
n			10
Error		\$ 2.632,68	
Confianza			95%
D2	5	5,29	\$ 413.569,29
		4,47	\$ 403.456,22
		5,07	\$ 410.844,67
		4,31	\$ 401.531,99
		4,36	\$ 402.099,63
		4,45	\$ 403.285,57
		4,34	\$ 401.926,39
		4,75	\$ 406.941,39
		4,76	\$ 407.119,20
		4,99	\$ 409.904,39
Prom	4,679	\$ 406.067,87	
Desv est	0,346969	\$ 4.264,99	
n			10
Error		\$ 2.639,44	
Confianza			95%

I1-10			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	10	2,28	\$ 638.892,38
		2,47	\$ 640.144,64
		2,43	\$ 636.860,10
		2,55	\$ 639.269,31
		2,82	\$ 644.533,04
		2,65	\$ 642.438,13
		2,33	\$ 642.516,56
		2,38	\$ 639.276,15
		2,49	\$ 640.462,56
		2,38	\$ 639.054,13
Prom	2,478	\$ 640.344,70	
Desv est	0,161438	\$ 2.233,86	
n			10
Error		\$ 1.376,74	
Confianza			95%
D2	10	3,29	\$ 881.302,14
		3,52	\$ 870.643,39
		3,24	\$ 883.052,62
		3,53	\$ 875.554,60
		3,83	\$ 885.569,66
		3,03	\$ 878.115,69
		3,62	\$ 881.586,14
		3,29	\$ 880.825,57
		3,1	\$ 876.596,61
		2,99	\$ 879.280,05
Prom	3,344	\$ 879.252,65	
Desv est	0,274477	\$ 4.250,58	
n			10
Error		\$ 2.637,76	
Confianza			95%

D3	5	4,88 \$	382.050,77
		4 \$	371.241,19
		4,64 \$	379.152,22
		3,89 \$	369.927,50
		4,03 \$	371.656,08
		4,04 \$	371.722,40
		3,87 \$	369.592,99
		4,37 \$	375.787,25
		4,42 \$	376.396,86
		4,55 \$	378.066,18
Prom	4,269 \$	374.559,34	
Desv est	0,350823 \$	4.320,55	
n		10	
Error	\$	2.621,92	
Confianza		95%	
D4	5	4,8 \$	375.876,09
		4,03 \$	366.289,07
		4,61 \$	373.491,66
		3,91 \$	364.840,24
		3,96 \$	365.451,35
		4,03 \$	366.318,56
		3,9 \$	364.789,52
		4,32 \$	369.915,44
		4,32 \$	369.926,20
		4,51 \$	372.233,95
Prom	4,239 \$	368.913,21	
Desv est	0,320986 \$	3.967,91	
n		10	
Error	\$	2.471,72	
Confianza		95%	
D5	5	4,86 \$	379.820,98
		4,08 \$	370.299,40
		4,67 \$	377.488,68
		3,96 \$	368.763,94
		4 \$	369.292,80
		4,08 \$	370.266,57
		3,97 \$	368.863,32
		4,37 \$	373.872,36
		4,37 \$	373.763,88
		4,56 \$	376.164,26
Prom	4,292 \$	372.859,62	
Desv est	0,322931 \$	3.963,70	
n		10	
Error	\$	2.423,59	
Confianza		95%	

D3	10	3,61 \$	724.705,16
		3,02 \$	717.491,85
		3,34 \$	721.350,50
		3,3 \$	720.960,40
		3,44 \$	722.674,39
		3,35 \$	721.559,70
		3,21 \$	719.758,94
		2,99 \$	717.087,04
		3,94 \$	728.832,32
		3,56 \$	724.062,21
Prom	3,376 \$	721.848,25	
Desv est	0,283204 \$	3.490,55	
n		10	
Error	\$	2.165,54	
Confianza		95%	
D4	10	3,64 \$	873.585,70
		3,72 \$	873.446,72
		3,93 \$	876.078,26
		4,01 \$	874.117,44
		4,49 \$	882.986,23
		4,39 \$	881.676,73
		3,86 \$	878.698,39
		3,79 \$	874.277,89
		4,13 \$	878.485,04
		3,94 \$	876.149,42
Prom	3,99 \$	876.950,18	
Desv est	0,276566 \$	3.405,02	
n		10	
Error	\$	2.104,68	
Confianza		95%	
D5	10	3,14 \$	625.195,01
		2,72 \$	620.299,12
		3,24 \$	626.470,87
		3,12 \$	624.956,24
		3,41 \$	628.519,63
		3,51 \$	629.835,20
		3,2 \$	625.928,10
		2,91 \$	622.430,74
		3,65 \$	631.559,27
		3,41 \$	628.554,69
Prom	3,231 \$	626.374,89	
Desv est	0,279541 \$	3.404,05	
n		10	
Error	\$	2.067,04	
Confianza		95%	

II-20			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	20	3,69	\$ 1.095.152,80
		3,55	\$ 1.097.582,48
		3,61	\$ 1.101.229,68
		3,54	\$ 1.102.509,36
		3,58	\$ 1.099.079,30
		3,59	\$ 1.096.159,12
		3,5	\$ 1.097.364,37
		3,64	\$ 1.094.439,70
		3,51	\$ 1.103.030,58
		3,35	\$ 1.099.251,95
Prom		3,556	\$ 1.098.579,93
Desv est		0,09288	\$ 2.984,97
n			10
Error			\$ 1.867,59
Confianza			95%
D2	20	3,76	\$ 1.384.339,83
		3,64	\$ 1.388.974,97
		4,11	\$ 1.397.138,91
		3,88	\$ 1.389.143,95
		4	\$ 1.395.694,37
		3,8	\$ 1.392.524,23
		3,8	\$ 1.392.544,83
		3,86	\$ 1.389.924,08
		3,94	\$ 1.394.344,71
		3,74	\$ 1.389.905,90
Prom		3,853	\$ 1.391.453,58
Desv est		0,136793	\$ 3.768,60
n			10
Error			\$ 2.365,47
Confianza			95%

II-50			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	50	4,54	\$ 3.436.605,43
		4,26	\$ 3.434.949,44
		4,73	\$ 3.440.453,27
		4,69	\$ 3.442.641,77
		4,73	\$ 3.437.721,91
		4,64	\$ 3.429.279,20
		4,78	\$ 3.436.135,58
		4,65	\$ 3.436.500,45
		4,39	\$ 3.433.318,57
		4,55	\$ 3.434.368,18
Prom		4,596	\$ 3.436.197,38
Desv est		0,164668	\$ 3.701,07
n			10
Error			\$ 2.336,61
Confianza			95%
D2	50	4,43	\$ 2.786.669,79
		4,58	\$ 2.784.616,13
		5,42	\$ 2.793.260,94
		5,1	\$ 2.783.743,89
		4,64	\$ 2.786.212,32
		4,75	\$ 2.785.901,72
		4,61	\$ 2.789.444,23
		4,96	\$ 2.787.566,90
		5,02	\$ 2.788.179,71
		5,11	\$ 2.789.498,96
Prom		4,862	\$ 2.787.509,46
Desv est		0,308322	\$ 2.763,99
n			10
Error			\$ 1.672,51
Confianza			95%

D3	20	4,65 \$	1.202.684,52
		5,2 \$	1.205.882,93
		5,44 \$	1.208.832,47
		5,81 \$	1.213.396,63
		5,6 \$	1.210.826,30
		5,23 \$	1.206.249,81
		4,67 \$	1.203.276,74
		5,16 \$	1.200.510,48
		5,21 \$	1.206.028,65
		5,31 \$	1.207.165,51
Prom	5,228 \$	1.206.485,40	
Desv est	0,362087 \$	3.853,55	
n		10	
Error	\$	2.412,97	
Confianza		95%	
D4	20	2,98 \$	1.030.184,37
		3,11 \$	1.034.595,13
		3,32 \$	1.036.512,15
		3,36 \$	1.036.564,38
		3,51 \$	1.038.893,67
		3,21 \$	1.035.152,98
		3,24 \$	1.035.604,74
		3,46 \$	1.038.297,17
		3,34 \$	1.037.500,65
		3,15 \$	1.035.392,06
Prom	3,268 \$	1.035.869,73	
Desv est	0,162535 \$	2.434,75	
n		10	
Error	\$	1.502,01	
Confianza		95%	
D5	20	3,66 \$	985.383,53
		3,86 \$	987.340,15
		3,82 \$	989.618,33
		4,47 \$	997.200,74
		3,87 \$	988.570,17
		3,8 \$	986.863,55
		3,66 \$	986.901,95
		3,8 \$	983.082,85
		3,64 \$	990.309,42
		3,9 \$	990.147,05
Prom	3,848 \$	988.541,77	
Desv est	0,237945 \$	3.779,52	
n		10	
Error	\$	2.372,50	
Confianza		95%	

D3	50	4,05 \$	2.882.402,38
		4,36 \$	2.886.152,25
		4,15 \$	2.889.109,21
		4,59 \$	2.893.141,37
		4,52 \$	2.888.415,91
		4,28 \$	2.885.336,05
		4,33 \$	2.885.951,25
		3,83 \$	2.885.303,48
		4,85 \$	2.892.270,28
		4,58 \$	2.889.011,08
Prom	4,354 \$	2.887.709,33	
Desv est	0,297217 \$	3.326,03	
n		10	
Error	\$	2.108,03	
Confianza		95%	
D4	50	3,36 \$	2.759.698,26
		4,03 \$	2.766.247,80
		4,34 \$	2.771.812,95
		4,32 \$	2.769.286,24
		3,84 \$	2.766.250,57
		3,56 \$	2.763.397,72
		3,56 \$	2.765.897,63
		3,57 \$	2.763.726,05
		3,66 \$	2.768.913,37
		3,98 \$	2.764.204,09
Prom	3,822 \$	2.765.943,47	
Desv est	0,337534 \$	3.465,07	
n		10	
Error	\$	2.102,12	
Confianza		95%	
D5	50	4,33 \$	3.385.734,80
		4,8 \$	3.387.119,26
		4,59 \$	3.388.204,09
		5,17 \$	3.391.695,80
		4,83 \$	3.387.505,09
		4,4 \$	3.385.520,67
		4,05 \$	3.380.638,60
		4,27 \$	3.383.954,21
		4,51 \$	3.388.311,14
		4,73 \$	3.386.217,92
Prom	4,568 \$	3.386.490,16	
Desv est	0,326081 \$	2.925,64	
n		10	
Error	\$	1.828,70	
Confianza		95%	

I2-5			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	5	3,7	\$ 297.873,74
		3,13	\$ 290.912,09
		3,88	\$ 300.192,88
		2,92	\$ 288.286,21
		3,08	\$ 290.298,74
		3,13	\$ 290.860,18
		3,08	\$ 290.262,35
		3,51	\$ 295.552,11
		3,31	\$ 293.115,57
		3,57	\$ 296.327,60
Prom	3,331	\$ 293.368,15	
Desv est	0,31674	\$ 3.911,30	
n		10	
Error		\$ 2.405,62	
Confianza		95%	
D2	5	4,4	\$ 345.886,53
		3,56	\$ 335.470,91
		4,39	\$ 345.720,24
		3,74	\$ 337.726,83
		3,64	\$ 336.479,25
		3,66	\$ 336.662,90
		3,47	\$ 334.310,86
		3,93	\$ 340.030,94
		3,98	\$ 340.699,20
		4,2	\$ 343.362,42
Prom	3,897	\$ 339.635,01	
Desv est	0,33971	\$ 4.208,64	
n		10	
Error		\$ 2.615,19	
Confianza		95%	

I2-10			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	10	3,34	\$ 482.618,85
		3,41	\$ 481.010,45
		3,32	\$ 482.759,71
		3,35	\$ 478.152,34
		3,81	\$ 486.892,61
		3,53	\$ 479.765,67
		3,31	\$ 481.558,53
		3,13	\$ 481.760,44
		3,84	\$ 478.429,71
		3,41	\$ 479.991,54
Prom	3,445	\$ 481.293,99	
Desv est	0,22412	\$ 2.532,51	
n		10	
Error		\$ 1.540,14	
Confianza		95%	
D2	10	4,39	\$ 589.098,02
		4,29	\$ 587.820,81
		4,58	\$ 591.500,33
		3,88	\$ 582.788,56
		4,05	\$ 584.930,34
		4,03	\$ 584.605,00
		4,21	\$ 586.905,80
		4,27	\$ 587.626,62
		4,44	\$ 589.723,88
		4,22	\$ 587.002,14
Prom	4,236	\$ 587.200,15	
Desv est	0,20882	\$ 2.592,82	
n		10	
Error		\$ 1.585,44	
Confianza		95%	

D3	5	4,19 \$	329.078,07
		3,33 \$	318.556,88
		4,17 \$	328.816,42
		3,54 \$	321.119,99
		3,46 \$	320.105,77
		3,45 \$	319.949,58
		3,23 \$	317.225,86
		3,72 \$	323.284,59
		3,8 \$	324.258,31
		3,99 \$	326.625,10
Prom		3,688 \$	322.902,06
Desv est		0,34279 \$	4.213,49
n			10
Error		\$	2.647,80
Confianza			95%
D4	5	3,74 \$	302.282,53
		3,14 \$	294.896,02
		3,9 \$	304.297,02
		2,93 \$	292.397,48
		3,12 \$	294.574,97
		3,15 \$	294.948,26
		3,07 \$	294.039,86
		3,53 \$	299.638,29
		3,36 \$	297.636,74
		3,62 \$	300.801,55
Prom		3,356 \$	297.551,27
Desv est		0,32514 \$	4.005,46
n			10
Error		\$	2.439,92
Confianza			95%
D5	5	4,56 \$	359.318,35
		3,74 \$	349.255,18
		4,57 \$	359.421,57
		3,9 \$	351.211,86
		3,77 \$	349.621,93
		3,82 \$	350.211,64
		3,67 \$	348.368,45
		4,1 \$	353.609,05
		4,11 \$	353.748,09
		4,35 \$	356.693,31
Prom		4,059 \$	353.145,94
Desv est		0,33667 \$	4.128,15
n			10
Error		\$	2.542,65
Confianza			95%

D3	10	5,07 \$	732.508,67
		4,22 \$	721.975,59
		4,68 \$	727.660,19
		4,06 \$	725.129,58
		4,69 \$	732.904,69
		4,18 \$	721.480,94
		3,94 \$	718.561,17
		4,48 \$	725.254,38
		4,58 \$	726.455,94
		4,77 \$	728.758,89
Prom		4,467 \$	726.069,00
Desv est		0,35749 \$	4.640,80
n			10
Error		\$	2.831,67
Confianza			95%
D4	10	5,12 \$	647.550,07
		4,87 \$	644.537,20
		4,87 \$	644.456,92
		4,79 \$	643.488,79
		5,44 \$	651.521,11
		5,07 \$	646.935,63
		4,69 \$	642.268,52
		4,56 \$	640.641,92
		5,71 \$	654.827,07
		5,29 \$	649.636,21
Prom		5,041 \$	646.586,34
Desv est		0,35775 \$	4.408,60
n			10
Error		\$	2.715,66
Confianza			95%
D5	10	3,38 \$	524.239,42
		3,85 \$	530.073,07
		3,63 \$	527.337,46
		3,82 \$	529.652,68
		4,4 \$	536.882,55
		3,92 \$	530.914,16
		3,61 \$	527.054,26
		3,46 \$	525.291,17
		4,18 \$	534.175,50
		3,69 \$	528.112,46
Prom		3,794 \$	529.373,27
Desv est		0,31454 \$	3.894,79
n			10
Error		\$	2.382,18
Confianza			95%

I2-20			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	20	2,75	\$ 1.157.159,06
		2,95	\$ 1.160.635,29
		2,98	\$ 1.156.954,05
		3,04	\$ 1.161.704,37
		3,25	\$ 1.163.283,32
		3,13	\$ 1.159.970,79
		3,22	\$ 1.161.368,44
		3,44	\$ 1.165.708,03
		3,27	\$ 1.163.625,12
		3,3	\$ 1.163.959,58
Prom	3,133	\$	1.161.436,81
Desv est	0,20396	\$	2.868,76
n			10
Error		\$	1.742,16
Confianza			95%
D2	20	3,93	\$ 1.456.625,61
		3,7	\$ 1.453.844,66
		3,76	\$ 1.453.328,83
		4,11	\$ 1.458.783,73
		4,14	\$ 1.457.835,37
		4,01	\$ 1.456.239,11
		4,17	\$ 1.458.263,87
		4,45	\$ 1.461.679,37
		4,18	\$ 1.459.590,59
		4,25	\$ 1.459.297,43
Prom	4,07	\$	1.457.548,86
Desv est	0,22647	\$	2.592,79
n			10
Error		\$	1.603,30
Confianza			95%

I2-50			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	50	3,88	\$ 2.501.753,06
		4,28	\$ 2.502.518,97
		4,23	\$ 2.505.486,10
		3,83	\$ 2.508.812,53
		4,14	\$ 2.504.748,72
		3,82	\$ 2.501.515,54
		4,11	\$ 2.504.675,06
		3,5	\$ 2.502.663,14
		3,79	\$ 2.500.713,12
		4,05	\$ 2.505.574,07
Prom	3,963	\$	2.503.846,03
Desv est	0,24074	\$	2.463,77
n			10
Error		\$	1.502,31
Confianza			95%
D2	50	3,98	\$ 3.478.966,59
		3,95	\$ 3.478.640,38
		4,05	\$ 3.478.650,59
		3,79	\$ 3.476.646,55
		3,97	\$ 3.481.073,71
		4,14	\$ 3.481.003,51
		4,82	\$ 3.489.348,47
		3,79	\$ 3.476.676,19
		3,7	\$ 3.474.441,41
		4,1	\$ 3.479.861,07
Prom	4,029	\$	3.479.530,85
Desv est	0,31235	\$	4.018,02
n			10
Error		\$	2.435,67
Confianza			95%

D3	20	3,82 \$	1.527.129,87
		3,86 \$	1.526.506,70
		3,64 \$	1.524.891,60
		4,13 \$	1.535.003,98
		4,06 \$	1.529.017,81
		3,62 \$	1.524.653,61
		3,82 \$	1.526.012,22
		4,53 \$	1.534.713,39
		3,8 \$	1.532.916,43
		4,27 \$	1.531.574,25
Prom		3,955 \$	1.529.241,99
Desv est		0,28915 \$	4.006,68
n			10
Error		\$	2.446,79
Confianza			95%
D4	20	3,64 \$	1.442.108,63
		3,61 \$	1.441.331,40
		3,47 \$	1.440.014,03
		3,85 \$	1.449.118,27
		3,8 \$	1.441.236,33
		3,45 \$	1.439.728,70
		3,58 \$	1.440.939,67
		4,23 \$	1.448.986,56
		4,09 \$	1.447.670,45
		3,99 \$	1.446.077,35
Prom		3,771 \$	1.443.721,14
Desv est		0,26681 \$	3.799,22
n			10
Error		\$	2.309,95
Confianza			95%
D5	20	3,55 \$	1.305.631,31
		4,09 \$	1.316.388,45
		3,62 \$	1.308.354,86
		4,02 \$	1.310.336,90
		3,97 \$	1.312.764,12
		3,4 \$	1.309.754,71
		3,82 \$	1.310.236,11
		4,15 \$	1.314.933,87
		3,52 \$	1.312.565,03
		3,88 \$	1.314.254,55
Prom		3,802 \$	1.311.521,99
Desv est		0,2633 \$	3.271,65
n			10
Error		\$	2.032,86
Confianza			95%

D3	50	4,16 \$	2.817.638,32
		3,82 \$	2.813.511,44
		4,42 \$	2.816.099,08
		3,92 \$	2.817.808,96
		3,92 \$	2.815.067,11
		3,89 \$	2.816.701,29
		4,06 \$	2.819.938,80
		3,8 \$	2.816.724,17
		4,2 \$	2.820.825,06
		3,83 \$	2.816.169,58
Prom		4,002 \$	2.817.048,38
Desv est		0,20324 \$	2.157,13
n			10
Error		\$	1.352,18
Confianza			95%
D4	50	3,97 \$	3.297.618,41
		4,85 \$	3.301.206,13
		4,89 \$	3.302.527,68
		5,22 \$	3.305.855,72
		4,65 \$	3.302.007,66
		4,12 \$	3.292.232,69
		4,49 \$	3.296.835,76
		4,82 \$	3.300.895,13
		4,42 \$	3.295.948,41
		4,79 \$	3.299.685,26
Prom		4,622 \$	3.299.481,29
Desv est		0,37785 \$	3.898,78
n			10
Error		\$	2.375,63
Confianza			95%
D5	50	3,95 \$	3.201.687,69
		4,2 \$	3.207.732,92
		4,52 \$	3.213.616,15
		4,1 \$	3.208.497,94
		4,45 \$	3.209.104,04
		4,54 \$	3.202.862,80
		4,01 \$	3.208.704,56
		4,24 \$	3.206.246,62
		4,49 \$	3.204.881,11
		4,21 \$	3.210.926,40
Prom		4,271 \$	3.207.426,02
Desv est		0,21718 \$	3.619,13
n			10
Error		\$	2.245,20
Confianza			95%

I3-5			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	5	4,96	\$ 388.171,88
		4,01	\$ 376.393,58
		4,71	\$ 385.038,44
		4,14	\$ 378.057,19
		4,11	\$ 377.630,49
		4,1	\$ 377.572,47
		3,9	\$ 375.053,09
		4,37	\$ 380.814,76
		4,51	\$ 382.602,13
		4,64	\$ 384.126,43
Prom	4,345	\$ 380.546,05	
Desv est	0,3486243	\$ 4.299,95	
n		10	
Error		\$ 2.663,82	
Confianza		95%	
D2	5	5,5	\$ 429.803,63
		4,56	\$ 418.197,60
		5,18	\$ 425.845,55
		4,29	\$ 414.853,95
		4,51	\$ 417.539,04
		4,55	\$ 418.088,15
		4,34	\$ 415.447,40
		5	\$ 423.586,80
		4,88	\$ 422.176,91
		4,98	\$ 423.392,74
Prom	4,779	\$ 420.893,18	
Desv est	0,3922428	\$ 4.848,68	
n		10	
Error		\$ 2.946,25	
Confianza		95%	

I3-10			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	10	4,22	\$ 861.915,79
		3,91	\$ 858.105,58
		3,75	\$ 856.090,91
		3,86	\$ 857.447,97
		4,26	\$ 862.454,04
		3,6	\$ 854.227,23
		4,17	\$ 861.338,72
		3,62	\$ 854.507,58
		3,92	\$ 866.048,06
		3,41	\$ 851.940,75
Prom	3,872	\$ 858.407,66	
Desv est	0,284831	\$ 4.428,87	
n		10	
Error		\$ 2.746,90	
Confianza		95%	
D2	10	3,19	\$ 747.442,72
		2,91	\$ 748.910,12
		3,02	\$ 744.829,78
		3,06	\$ 750.663,39
		3,41	\$ 755.058,08
		3,15	\$ 751.805,99
		2,83	\$ 752.102,38
		2,87	\$ 747.963,13
		3,55	\$ 748.644,59
		3,13	\$ 747.319,85
Prom	3,112	\$ 749.474,00	
Desv est	0,230593	\$ 2.954,60	
n		10	
Error		\$ 1.873,69	
Confianza		95%	

D3	5	4,93	\$	383.723,08
		3,9	\$	371.098,55
		4,62	\$	379.971,85
		4,06	\$	373.045,52
		4,07	\$	373.179,16
		4,02	\$	372.582,60
		3,75	\$	369.280,05
		4,28	\$	375.802,90
		4,51	\$	378.566,98
		4,61	\$	379.838,13
Prom		4,275	\$	375.708,88
Desv est		0,3778668	\$	4.636,57
n				10
Error			\$	2.817,82
Confianza				95%
D4	5	4,75	\$	371.299,29
		3,9	\$	360.850,93
		4,49	\$	368.116,96
		3,68	\$	358.150,90
		3,89	\$	360.689,56
		3,91	\$	360.941,04
		3,7	\$	358.332,28
		4,35	\$	366.354,85
		4,18	\$	364.305,38
		4,23	\$	364.862,78
Prom		4,108	\$	363.390,40
Desv est		0,3521931	\$	4.339,27
n				10
Error			\$	2.725,43
Confianza				95%
D5	5	4,7	\$	373.533,35
		3,91	\$	363.862,29
		4,85	\$	375.425,48
		3,72	\$	361.554,89
		3,85	\$	363.164,59
		3,92	\$	363.942,55
		3,74	\$	361.782,50
		4,41	\$	370.052,55
		4,13	\$	366.591,24
		4,41	\$	370.099,88
Prom		4,164	\$	367.000,93
Desv est		0,4054682	\$	4.983,78
n				10
Error			\$	3.046,11
Confianza				95%

D3	10	4,02	\$	888.463,88
		3,52	\$	891.190,82
		4,28	\$	894.069,47
		4,05	\$	891.263,61
		4,25	\$	895.143,09
		4,35	\$	894.967,68
		3,84	\$	888.668,36
		4	\$	890.667,92
		4,4	\$	895.651,62
		4,19	\$	893.052,73
Prom		4,09	\$	892.313,92
Desv est		0,266124	\$	2.645,78
n				10
Error			\$	1.606,17
Confianza				95%
D4	10	3,41	\$	755.472,04
		3,59	\$	757.798,73
		3,58	\$	757.586,88
		3,78	\$	760.049,20
		4,26	\$	765.987,20
		3,99	\$	762.626,83
		3,56	\$	757.355,38
		3,44	\$	755.882,33
		3,88	\$	761.379,46
		3,67	\$	758.758,31
Prom		3,716	\$	759.289,64
Desv est		0,265129	\$	3.270,54
n				10
Error			\$	2.050,08
Confianza				95%
D5	10	3,6	\$	913.560,64
		2,94	\$	910.999,41
		3,77	\$	915.694,54
		3,16	\$	910.632,43
		3,56	\$	915.633,24
		3,09	\$	909.745,60
		2,94	\$	912.116,17
		3,37	\$	907.834,19
		3,16	\$	910.616,77
		3,29	\$	908.253,02
Prom		3,288	\$	911.508,60
Desv est		0,283737	\$	2.751,67
n				10
Error			\$	1.731,87
Confianza				95%

I3-20			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	20	3,84	\$ 1.812.040,58
		4,06	\$ 1.817.117,41
		4	\$ 1.814.066,61
		3,66	\$ 1.809.804,02
		3,98	\$ 1.816.044,86
		3,78	\$ 1.811.261,37
		3,86	\$ 1.812.350,98
		4,48	\$ 1.819.992,94
		4,59	\$ 1.821.350,09
		4,33	\$ 1.818.082,99
		Prom	4,058
Desv est	0,310369	\$ 3.908,81	
n		10	
Error		\$ 2.450,54	
Confianza		95%	
D2	20	3,1	\$ 1.657.455,24
		3,15	\$ 1.659.625,56
		3,07	\$ 1.653.323,32
		3,2	\$ 1.660.309,80
		3,39	\$ 1.657.919,54
		3,19	\$ 1.659.276,65
		3,24	\$ 1.660.783,31
		3,53	\$ 1.660.302,78
		3,38	\$ 1.660.671,08
		3,44	\$ 1.657.591,36
		Prom	3,269
Desv est	0,1558097	\$ 2.281,92	
n		10	
Error		\$ 1.409,92	
Confianza		95%	

I3-50			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	50	3,76	\$ 2.515.220,82
		4,21	\$ 2.517.415,18
		4,1	\$ 2.518.237,16
		4,4	\$ 2.519.724,17
		4,22	\$ 2.517.554,64
		3,89	\$ 2.509.294,91
		3,83	\$ 2.514.308,62
		4,18	\$ 2.515.562,53
		4,02	\$ 2.514.103,96
		4,55	\$ 2.513.214,95
		Prom	4,116
Desv est	0,249853	\$ 2.988,62	
n		10	
Error		\$ 1.811,13	
Confianza		95%	
D2	50	2,68	\$ 1.965.534,10
		2,99	\$ 1.966.156,79
		3,27	\$ 1.970.490,00
		2,92	\$ 1.966.075,53
		3,09	\$ 1.968.487,47
		2,72	\$ 1.965.207,06
		2,74	\$ 1.966.298,84
		2,68	\$ 1.965.498,47
		2,97	\$ 1.963.955,52
		2,87	\$ 1.967.931,55
		Prom	2,893
Desv est	0,194825	\$ 1.894,43	
n		10	
Error		\$ 1.160,27	
Confianza		95%	

D3	20	3,6	\$ 1.723.305,23
		3,5	\$ 1.722.122,38
		3,27	\$ 1.718.653,83
		3,85	\$ 1.728.054,75
		3,64	\$ 1.723.964,22
		3,09	\$ 1.715.627,31
		3,11	\$ 1.721.226,42
		3,62	\$ 1.723.686,08
		3,63	\$ 1.723.877,81
		3,36	\$ 1.719.938,12
Prom		3,467	\$ 1.722.045,62
Desv est		0,2506015	\$ 3.419,60
n			10
Error			\$ 2.152,56
Confianza			95%
D4	20	2,99	\$ 1.420.193,18
		3,31	\$ 1.420.861,34
		3,61	\$ 1.420.917,15
		3,15	\$ 1.421.404,74
		3,77	\$ 1.425.364,69
		3,52	\$ 1.422.255,97
		3,42	\$ 1.421.007,41
		3,65	\$ 1.424.341,10
		3,63	\$ 1.425.815,43
		3,38	\$ 1.422.808,66
Prom		3,443	\$ 1.422.496,97
Desv est		0,2430843	\$ 2.018,87
n			10
Error			\$ 1.251,80
Confianza			95%
D5	20	3,58	\$ 1.523.378,23
		3,6	\$ 1.523.519,51
		3,78	\$ 1.525.817,78
		3,4	\$ 1.521.141,90
		3,7	\$ 1.524.800,81
		3,52	\$ 1.522.645,59
		3,62	\$ 1.523.850,38
		4,23	\$ 1.531.396,13
		4,35	\$ 1.532.774,74
		4,09	\$ 1.529.591,10
Prom		3,787	\$ 1.525.891,62
Desv est		0,3230772	\$ 3.968,85
n			10
Error			\$ 2.441,43
Confianza			95%

D3	50	4,55	\$ 2.847.791,95
		4,8	\$ 2.848.807,31
		4,98	\$ 2.859.156,89
		4,7	\$ 2.849.651,85
		4,95	\$ 2.855.437,36
		4,51	\$ 2.847.229,81
		4,59	\$ 2.851.737,49
		4,67	\$ 2.849.382,59
		4,88	\$ 2.851.797,51
		4,76	\$ 2.855.522,28
Prom		4,739	\$ 2.851.651,50
Desv est		0,164415	\$ 3.906,67
n			10
Error			\$ 2.423,90
Confianza			95%
D4	50	3,47	\$ 2.575.414,72
		3,75	\$ 2.577.534,50
		4,61	\$ 2.588.056,76
		4,34	\$ 2.584.746,82
		3,8	\$ 2.578.175,85
		3,61	\$ 2.575.752,01
		3,39	\$ 2.572.972,95
		3,59	\$ 2.575.538,79
		3,89	\$ 2.579.241,24
		3,89	\$ 2.579.210,48
Prom		3,834	\$ 2.578.664,41
Desv est		0,381814	\$ 4.577,28
n			10
Error			\$ 2.836,53
Confianza			95%
D5	50	4,72	\$ 2.032.980,88
		4,56	\$ 2.030.337,90
		5,07	\$ 2.038.055,19
		4,76	\$ 2.033.487,14
		4,68	\$ 2.032.572,56
		4,99	\$ 2.036.315,67
		4,25	\$ 2.031.899,01
		4,58	\$ 2.031.299,91
		5,13	\$ 2.038.128,80
		5,1	\$ 2.037.694,09
Prom		4,784	\$ 2.034.277,12
Desv est		0,286015	\$ 2.984,91
n			10
Error			\$ 1.830,85
Confianza			95%

I4-5			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	5	4,48	\$ 351.919,14
		3,7	\$ 342.223,76
		4,44	\$ 351.427,69
		3,69	\$ 342.181,81
		3,7	\$ 342.249,29
		3,74	\$ 342.757,59
		3,58	\$ 340.818,14
		4,04	\$ 346.480,92
		4,04	\$ 346.499,53
		4,28	\$ 349.354,24
Prom		3,969	\$ 345.591,21
Desv est		0,3360043	\$ 4.147,66
n			10
Error			\$ 2.591,93
Confianza			95%
D2	5	3,47	\$ 276.177,49
		2,93	\$ 269.521,24
		3,58	\$ 277.554,97
		2,76	\$ 267.432,91
		2,88	\$ 268.955,84
		2,93	\$ 269.512,14
		2,87	\$ 268.799,34
		3,28	\$ 273.852,43
		3,08	\$ 271.388,99
		3,27	\$ 273.758,29
Prom		3,105	\$ 271.695,36
Desv est		0,2795731	\$ 3.447,71
n			10
Error			\$ 2.092,05
Confianza			95%

I4-10			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	10	4,5	\$ 862.865,98
		3,88	\$ 855.895,43
		4,41	\$ 861.794,04
		4,19	\$ 859.782,80
		4,12	\$ 858.885,26
		4,18	\$ 859.606,44
		4,21	\$ 859.941,92
		4,29	\$ 860.991,31
		4,03	\$ 855.492,74
		4,07	\$ 857.570,12
Prom		4,188	\$ 859.282,60
Desv est		0,181341	\$ 2.398,70
n			10
Error			\$ 1.477,97
Confianza			95%
D2	10	3,21	\$ 869.794,60
		2,99	\$ 866.973,86
		3,15	\$ 869.037,37
		3,06	\$ 867.939,12
		3,16	\$ 868.291,22
		3,14	\$ 870.270,08
		2,96	\$ 868.953,11
		2,94	\$ 866.389,04
		3,61	\$ 871.056,72
		3	\$ 867.683,01
Prom		3,122	\$ 868.638,81
Desv est		0,195494	\$ 1.470,38
n			10
Error			\$ 912,07
Confianza			95%

D3	5	3,65	\$	288.778,09
		2,97	\$	280.422,40
		3,66	\$	288.936,98
		2,82	\$	278.575,20
		3,02	\$	281.026,21
		3	\$	280.829,93
		2,84	\$	278.874,85
		3,35	\$	285.162,60
		3,29	\$	284.439,12
		3,47	\$	286.619,54
Prom	3,207	\$	283.366,49	
Desv est	0,3190977	\$	3.929,73	
n			10	
Error		\$	2.408,62	
Confianza			95%	
D4	5	4,38	\$	350.498,04
		3,69	\$	342.068,33
		4,62	\$	353.462,12
		3,64	\$	341.473,56
		3,63	\$	341.275,67
		3,71	\$	342.337,23
		3,63	\$	341.352,65
		4,11	\$	347.222,71
		3,88	\$	344.413,88
		4,2	\$	348.312,43
Prom	3,949	\$	345.241,66	
Desv est	0,3579091	\$	4.381,81	
n			10	
Error		\$	2.658,36	
Confianza			95%	
D5	5	4,31	\$	339.868,55
		3,63	\$	331.482,21
		4,35	\$	341.312,87
		3,62	\$	331.297,50
		3,57	\$	330.275,93
		3,65	\$	331.720,83
		3,57	\$	330.694,97
		3,95	\$	335.445,24
		3,85	\$	334.152,63
		4,09	\$	337.110,96
Prom	3,859	\$	334.336,17	
Desv est	0,3030383	\$	3.975,02	
n			10	
Error		\$	2.507,52	
Confianza			95%	

D3	10	4,45	\$	713.880,12
		4,66	\$	716.574,10
		4,53	\$	717.094,81
		4,92	\$	719.714,55
		4,92	\$	719.764,57
		4,95	\$	720.133,39
		4,91	\$	719.571,86
		4,89	\$	719.367,73
		4,59	\$	715.616,45
		4,3	\$	712.029,65
Prom	4,712	\$	717.374,72	
Desv est	0,236446	\$	2.832,13	
n			10	
Error		\$	1.721,70	
Confianza			95%	
D4	10	4,47	\$	667.891,83
		3,85	\$	662.993,55
		4,12	\$	663.502,35
		3,91	\$	665.235,87
		4,35	\$	666.427,36
		4,18	\$	664.311,41
		4	\$	665.357,94
		3,7	\$	665.311,30
		5,11	\$	675.721,18
		4,59	\$	669.397,72
Prom	4,228	\$	666.615,05	
Desv est	0,41782	\$	3.736,06	
n			10	
Error		\$	2.333,15	
Confianza			95%	
D5	10	4,18	\$	806.160,93
		3,73	\$	802.992,68
		3,88	\$	801.536,86
		4,02	\$	806.535,21
		4,14	\$	805.671,26
		3,98	\$	803.420,30
		4,04	\$	806.718,23
		4,1	\$	807.495,00
		4,88	\$	814.864,76
		4,38	\$	808.675,16
Prom	4,133	\$	806.407,04	
Desv est	0,315103	\$	3.694,94	
n			10	
Error		\$	2.257,94	
Confianza			95%	

I4-20			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	20	2,85	\$ 1.115.430,09
		2,66	\$ 1.113.133,42
		2,98	\$ 1.117.054,83
		2,71	\$ 1.113.133,42
		3,32	\$ 1.121.203,01
		3,24	\$ 1.120.245,18
		3,41	\$ 1.122.271,80
		3,62	\$ 1.124.878,67
		3,37	\$ 1.121.791,25
		3,44	\$ 1.122.739,15
Prom		3,16	\$ 1.119.188,08
Desv est		0,3349295	\$ 4.195,86
n			10
Error			\$ 2.574,13
Confianza			95%
D2	20	3,97	\$ 1.346.494,51
		4,16	\$ 1.342.166,11
		4,08	\$ 1.347.862,83
		3,78	\$ 1.344.115,33
		4,14	\$ 1.346.776,95
		3,59	\$ 1.341.779,49
		3,89	\$ 1.344.481,98
		4,13	\$ 1.343.422,23
		3,59	\$ 1.340.262,24
		3,97	\$ 1.343.078,78
Prom		3,93	\$ 1.344.044,05
Desv est		0,2155097	\$ 2.415,89
n			10
Error			\$ 1.478,45
Confianza			95%

I4-50			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	50	3,51	\$ 2.428.469,64
		3,39	\$ 2.426.839,48
		3,51	\$ 2.428.439,67
		3,45	\$ 2.431.310,73
		3,25	\$ 2.428.375,37
		3,24	\$ 2.425.089,36
		3,43	\$ 2.427.367,65
		3,52	\$ 2.428.496,84
		3,41	\$ 2.427.221,42
		3,38	\$ 2.426.837,90
Prom		3,409	\$ 2.427.844,81
Desv est		0,099939	\$ 1.622,65
n			10
Error			\$ 1.019,69
Confianza			95%
D2	50	3,47	\$ 3.042.445,83
		3,5	\$ 3.040.483,41
		3,77	\$ 3.048.967,76
		3,4	\$ 3.043.771,63
		3,77	\$ 3.046.904,99
		3,5	\$ 3.041.108,55
		3,62	\$ 3.045.101,44
		3,6	\$ 3.038.327,58
		4,06	\$ 3.040.587,14
		3,85	\$ 3.042.279,96
Prom		3,654	\$ 3.042.997,83
Desv est		0,205491	\$ 3.236,33
n			10
Error			\$ 2.038,81
Confianza			95%

D3	20	3,14	\$ 1.037.997,29
		3,21	\$ 1.038.912,59
		3,12	\$ 1.037.729,32
		3,88	\$ 1.047.143,95
		3,32	\$ 1.040.243,11
		3,28	\$ 1.039.665,99
		3	\$ 1.038.654,76
		3,24	\$ 1.043.422,25
		3,05	\$ 1.036.898,69
		3,22	\$ 1.038.944,25
Prom	3,246	\$ 1.039.961,22	
Desv est	0,2441857	\$ 3.087,52	
n		10	
Error		\$ 1.923,93	
Confianza		95%	
D4	20	3,67	\$ 1.257.315,40
		3,96	\$ 1.266.029,28
		4,34	\$ 1.265.644,59
		3,96	\$ 1.260.964,83
		4,57	\$ 1.268.464,50
		4,17	\$ 1.263.553,64
		4,03	\$ 1.261.821,79
		4,51	\$ 1.267.756,59
		4,51	\$ 1.267.697,23
		4,48	\$ 1.267.326,15
Prom	4,22	\$ 1.264.657,40	
Desv est	0,3071373	\$ 3.653,27	
n		10	
Error		\$ 2.276,38	
Confianza		95%	
D5	20	3,95	\$ 1.433.102,80
		3,6	\$ 1.435.982,38
		3,77	\$ 1.430.996,78
		3,48	\$ 1.427.379,90
		3,95	\$ 1.433.174,37
		3,83	\$ 1.431.619,71
		3,46	\$ 1.427.151,61
		3,59	\$ 1.435.869,12
		4,48	\$ 1.439.677,90
		4,24	\$ 1.436.768,37
Prom	3,835	\$ 1.433.172,29	
Desv est	0,3321061	\$ 4.046,57	
n		10	
Error		\$ 2.508,05	
Confianza		95%	

D3	50	4,34	\$ 2.981.475,42
		4,09	\$ 2.978.451,44
		4,21	\$ 2.983.703,36
		4,15	\$ 2.982.367,67
		3,92	\$ 2.979.533,75
		3,9	\$ 2.976.013,06
		4,06	\$ 2.978.082,26
		4,15	\$ 2.979.201,94
		4,1	\$ 2.978.258,30
		4,02	\$ 2.980.109,23
Prom	4,094	\$ 2.979.719,64	
Desv est	0,131166	\$ 2.275,05	
n		10	
Error		\$ 1.430,27	
Confianza		95%	
D4	50	3,32	\$ 3.036.000,02
		3,4	\$ 3.037.499,28
		3,74	\$ 3.043.770,82
		3,37	\$ 3.039.242,44
		3,52	\$ 3.041.284,35
		3,45	\$ 3.034.739,29
		3,91	\$ 3.043.824,04
		3,23	\$ 3.036.186,37
		3,58	\$ 3.042.601,27
		3,58	\$ 3.039.695,23
Prom	3,51	\$ 3.039.484,31	
Desv est	0,20347	\$ 3.328,97	
n		10	
Error		\$ 2.066,85	
Confianza		95%	
D5	50	4,81	\$ 3.144.590,50
		4,77	\$ 3.145.432,33
		5,02	\$ 3.152.611,91
		4,99	\$ 3.147.706,63
		4,91	\$ 3.148.712,74
		4,76	\$ 3.144.411,37
		4,27	\$ 3.148.796,22
		4,53	\$ 3.141.901,73
		5,03	\$ 3.150.540,98
		5,26	\$ 3.153.857,78
Prom	4,835	\$ 3.147.856,22	
Desv est	0,279931	\$ 3.820,21	
n		10	
Error		\$ 2.360,89	
Confianza		95%	

I5-5			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	5	3,91	\$ 462.865,06
		3,52	\$ 458.048,01
		3,76	\$ 461.069,80
		3,55	\$ 458.503,72
		3,79	\$ 461.422,61
		3,41	\$ 456.778,10
		3,29	\$ 455.203,67
		3,43	\$ 456.969,90
		4,46	\$ 469.683,59
		3,89	\$ 462.698,69
Prom		3,701	\$ 460.324,32
Desv est		0,341482	\$ 4.216,32
n			10
Error			\$ 2.623,85
Confianza			95%
D2	5	3,44	\$ 409.568,22
		2,88	\$ 410.281,22
		3,4	\$ 409.685,63
		2,87	\$ 409.695,93
		2,85	\$ 411.167,11
		2,9	\$ 408.039,77
		2,83	\$ 407.929,24
		3,2	\$ 408.286,05
		3	\$ 415.875,20
		3,07	\$ 410.291,29
Prom		3,044	\$ 410.081,97
Desv est		0,228969	\$ 2.295,47
n			10
Error			\$ 1.394,28
Confianza			95%

I5-10			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	10	3,72	\$ 680.409,29
		3,91	\$ 682.791,36
		3,61	\$ 680.641,53
		3,99	\$ 683.677,32
		3,95	\$ 681.189,21
		3,93	\$ 682.390,44
		4,01	\$ 683.975,92
		3,83	\$ 681.783,55
		3,84	\$ 681.924,35
		3,53	\$ 678.056,00
Prom		3,832	\$ 681.683,90
Desv est		0,1630814	\$ 1.736,47
n			10
Error			\$ 1.070,24
Confianza			95%
D2	10	3,97	\$ 697.148,03
		4,23	\$ 700.327,52
		3,86	\$ 698.622,58
		4,32	\$ 701.494,07
		4,24	\$ 700.449,60
		4,2	\$ 700.314,17
		4,36	\$ 702.007,55
		4,18	\$ 699.738,40
		4,12	\$ 699.005,58
		3,78	\$ 694.795,12
Prom		4,126	\$ 699.390,26
Desv est		0,1942049	\$ 2.137,81
n			10
Error			\$ 1.328,84
Confianza			95%

D3	5	3,56	\$	478.199,42
		2,87	\$	469.724,97
		3,27	\$	474.549,36
		3,15	\$	473.186,75
		3,16	\$	473.215,34
		2,95	\$	470.675,43
		2,74	\$	468.071,76
		2,95	\$	470.705,91
		3,67	\$	479.558,08
		3,5	\$	477.438,72
Prom	3,182	\$	473.532,57	
Desv est	0,314777	\$	3.873,99	
n			10	
Error		\$	2.462,37	
Confianza			95%	
D4	5	4	\$	476.023,45
		3,59	\$	470.882,58
		3,85	\$	474.164,22
		3,65	\$	471.705,60
		3,87	\$	474.411,03
		3,49	\$	469.727,05
		3,36	\$	468.093,47
		3,51	\$	469.905,72
		4,55	\$	482.766,71
		3,98	\$	475.759,44
Prom	3,785	\$	473.343,93	
Desv est	0,346482	\$	4.279,51	
n			10	
Error		\$	2.698,06	
Confianza			95%	
D5	5	3,44	\$	490.313,59
		2,83	\$	491.418,04
		3,55	\$	490.495,47
		3,02	\$	490.190,26
		2,86	\$	492.790,31
		2,91	\$	487.945,99
		2,82	\$	487.774,78
		3,2	\$	488.327,48
		3,43	\$	500.083,23
		3,13	\$	491.433,64
Prom	3,119	\$	491.077,28	
Desv est	0,276021	\$	3.563,18	
n			10	
Error		\$	2.209,85	
Confianza			95%	

D3	10	3,34	\$	724.647,62
		3,94	\$	726.199,06
		3,37	\$	723.643,68
		4	\$	726.956,70
		4,13	\$	728.558,98
		3,7	\$	723.553,27
		3,75	\$	723.910,39
		3,7	\$	723.205,90
		3,75	\$	723.844,37
		3,47	\$	720.426,60
Prom	3,715	\$	724.494,66	
Desv est	0,2638708	\$	2.263,07	
n			10	
Error		\$	1.376,54	
Confianza			95%	
D4	10	3,98	\$	736.185,52
		4,21	\$	739.047,04
		3,89	\$	737.564,77
		4,3	\$	740.042,41
		4,26	\$	737.954,47
		4,23	\$	739.424,73
		4,32	\$	740.309,15
		4,13	\$	738.031,42
		4,15	\$	738.266,01
		3,82	\$	734.126,97
Prom	4,129	\$	738.095,25	
Desv est	0,1747665	\$	1.858,76	
n			10	
Error		\$	1.158,81	
Confianza			95%	
D5	10	3,45	\$	788.044,74
		3,47	\$	788.253,13
		3,33	\$	786.531,39
		3,6	\$	789.899,83
		4,15	\$	796.711,93
		3,82	\$	792.601,39
		3,6	\$	789.938,89
		3	\$	787.865,78
		4,14	\$	796.587,97
		3,79	\$	792.256,35
Prom	3,635	\$	790.869,14	
Desv est	0,3556918	\$	3.593,67	
n			10	
Error		\$	2.214,43	
Confianza			95%	

I5-20			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	20	4,7	\$ 1.580.857,06
		5,29	\$ 1.584.233,24
		5,23	\$ 1.582.982,96
		5,09	\$ 1.591.734,72
		5,87	\$ 1.591.417,09
		4,92	\$ 1.582.452,62
		5,28	\$ 1.584.137,27
		6,11	\$ 1.594.282,95
		5,57	\$ 1.587.724,63
		5,86	\$ 1.591.196,93
		Prom	5,392
Desv est	0,451757	\$ 4.754,02	
n		10	
Error		\$ 3.015,49	
Confianza		95%	
D2	20	3,87	\$ 1.168.803,66
		4,01	\$ 1.170.630,64
		3,68	\$ 1.171.740,14
		4,04	\$ 1.171.466,20
		4,08	\$ 1.175.803,86
		3,62	\$ 1.172.852,98
		3,96	\$ 1.173.511,05
		3,83	\$ 1.177.955,75
		3,88	\$ 1.175.697,37
		3,68	\$ 1.177.210,88
		Prom	3,865
Desv est	0,162224	\$ 3.012,13	
n		10	
Error		\$ 1.877,71	
Confianza		95%	

I5-50			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	50	4,38	\$ 3.496.787,85
		4,64	\$ 3.505.153,84
		4,98	\$ 3.509.420,36
		4,45	\$ 3.506.959,61
		4,54	\$ 3.503.420,51
		4,49	\$ 3.500.754,35
		4,69	\$ 3.503.147,02
		4,64	\$ 3.499.985,43
		4,56	\$ 3.500.217,13
		5,24	\$ 3.507.313,40
		Prom	4,661
Desv est	0,2616805	\$ 3.941,37	
n		10	
Error		\$ 2.452,32	
Confianza		95%	
D2	50	4,12	\$ 3.074.015,05
		3,69	\$ 3.072.244,84
		3,52	\$ 3.074.057,40
		3,94	\$ 3.070.557,49
		3,77	\$ 3.072.817,35
		3,93	\$ 3.073.180,00
		4,05	\$ 3.070.538,59
		3,8	\$ 3.070.001,22
		4,01	\$ 3.074.075,13
		3,85	\$ 3.068.503,22
		Prom	3,868
Desv est	0,1804808	\$ 1.976,50	
n		10	
Error		\$ 1.228,80	
Confianza		95%	

D3	20	2,89	\$ 1.141.873,42
		3,19	\$ 1.137.824,81
		3,36	\$ 1.144.842,37
		3,84	\$ 1.140.802,20
		3,45	\$ 1.145.992,39
		3,24	\$ 1.143.371,29
		3,16	\$ 1.142.398,42
		3,41	\$ 1.145.442,67
		3,43	\$ 1.145.757,66
		3,32	\$ 1.144.410,59
Prom	3,329	\$ 1.143.271,58	
Desv est	0,245423	\$ 2.593,88	
n		10	
Error		\$ 1.600,58	
Confianza		95%	
D4	20	3,53	\$ 1.135.222,68
		3,37	\$ 1.137.139,64
		3,77	\$ 1.138.168,96
		3,53	\$ 1.135.274,12
		3,84	\$ 1.139.103,14
		4,06	\$ 1.141.828,67
		3,67	\$ 1.137.014,26
		3,57	\$ 1.137.671,03
		3,84	\$ 1.136.534,47
		3,48	\$ 1.137.372,93
Prom	3,666	\$ 1.137.532,99	
Desv est	0,209507	\$ 1.921,46	
n		10	
Error		\$ 1.194,41	
Confianza		95%	
D5	20	2,99	\$ 1.115.736,93
		2,94	\$ 1.115.126,92
		3,53	\$ 1.122.358,50
		2,9	\$ 1.121.463,45
		3,64	\$ 1.123.784,23
		3,43	\$ 1.121.177,59
		3,36	\$ 1.120.357,62
		3,62	\$ 1.123.506,88
		3,63	\$ 1.123.601,17
		3,52	\$ 1.122.304,79
Prom	3,356	\$ 1.120.941,81	
Desv est	0,298708	\$ 3.112,14	
n		10	
Error		\$ 1.905,60	
Confianza		95%	

D3	50	3,74	\$ 3.136.176,58
		3,76	\$ 3.129.764,67
		4,39	\$ 3.141.910,75
		3,68	\$ 3.136.842,95
		4,03	\$ 3.138.830,48
		3,72	\$ 3.131.561,74
		3,58	\$ 3.134.174,14
		3,27	\$ 3.129.074,12
		3,7	\$ 3.133.402,64
		4,15	\$ 3.137.159,43
Prom	3,802	\$ 3.134.889,75	
Desv est	0,3142469	\$ 4.073,40	
n		10	
Error		\$ 2.507,91	
Confianza		95%	
D4	50	3,23	\$ 2.633.334,58
		3,35	\$ 2.634.807,82
		3,59	\$ 2.637.719,51
		3,41	\$ 2.639.297,59
		3,3	\$ 2.634.081,56
		3,22	\$ 2.633.154,44
		3,53	\$ 2.636.989,56
		3,04	\$ 2.632.699,21
		3,28	\$ 2.633.893,02
		3,07	\$ 2.637.795,15
Prom	3,302	\$ 2.635.377,24	
Desv est	0,1775638	\$ 2.352,12	
n		10	
Error		\$ 1.449,46	
Confianza		95%	
D5	50	3,52	\$ 3.086.469,77
		3,63	\$ 3.087.362,72
		4,35	\$ 3.097.534,23
		3,99	\$ 3.088.613,33
		4,07	\$ 3.088.794,49
		3,69	\$ 3.089.735,90
		3,71	\$ 3.089.901,36
		3,36	\$ 3.085.040,02
		3,88	\$ 3.091.713,92
		3,59	\$ 3.088.112,68
Prom	3,779	\$ 3.089.327,84	
Desv est	0,2941447	\$ 3.435,45	
n		10	
Error		\$ 2.162,53	
Confianza		95%	

I6-5			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	5	4,35	\$ 502.842,18
		3,91	\$ 497.396,93
		4,16	\$ 500.508,66
		4	\$ 498.510,40
		4,14	\$ 500.245,27
		3,8	\$ 496.053,40
		3,65	\$ 494.273,89
		3,88	\$ 497.097,46
		4,75	\$ 507.815,99
		4,1	\$ 499.744,21
Prom		4,074	\$ 499.448,84
Desv est		0,310991	\$ 3.834,03
n			10
Error			\$ 2.347,41
Confianza			95%
D2	5	4,38	\$ 493.022,36
		3,92	\$ 487.311,91
		4,17	\$ 490.465,95
		4,01	\$ 488.450,63
		4,14	\$ 490.096,84
		3,82	\$ 486.039,02
		3,66	\$ 484.146,44
		3,91	\$ 487.149,04
		4,75	\$ 497.597,17
		4,11	\$ 489.729,91
Prom		4,087	\$ 489.400,93
Desv est		0,308114	\$ 3.819,11
n			10
Error			\$ 2.349,12
Confianza			95%

I6-10			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	10	4,34	\$ 1.145.770,34
		4,15	\$ 1.139.888,25
		3,89	\$ 1.139.891,12
		4,17	\$ 1.137.188,26
		4,31	\$ 1.144.556,98
		3,89	\$ 1.141.180,29
		4,51	\$ 1.138.549,25
		4,03	\$ 1.136.188,85
		4,48	\$ 1.148.694,11
		3,65	\$ 1.141.872,76
Prom		4,142	\$ 1.141.378,02
Desv est		0,278799	\$ 3.945,76
n			10
Error			\$ 2.396,89
Confianza			95%
D2	10	4,34	\$ 1.037.759,65
		4,02	\$ 1.033.573,61
		3,85	\$ 1.033.822,34
		3,98	\$ 1.031.271,00
		4,29	\$ 1.038.451,65
		3,82	\$ 1.035.383,12
		4,25	\$ 1.036.707,36
		3,75	\$ 1.030.528,69
		4,36	\$ 1.042.634,60
		3,54	\$ 1.032.430,04
Prom		4,02	\$ 1.035.256,21
Desv est		0,282371	\$ 3.714,03
n			10
Error			\$ 2.277,56
Confianza			95%

D3	5	4,21	\$	517.966,69
		3,94	\$	514.575,06
		4,42	\$	520.587,26
		3,44	\$	508.493,31
		3,46	\$	512.199,56
		3,75	\$	512.324,38
		3,92	\$	514.350,15
		4,2	\$	517.782,58
		3,53	\$	517.844,96
		3,82	\$	513.155,69
Prom		3,869	\$	514.927,96
Desv est		0,336632	\$	3.607,80
n				10
Error			\$	2.265,68
Confianza				95%
D4	5	5,37	\$	623.131,13
		5,02	\$	618.830,08
		5,49	\$	624.554,03
		4,4	\$	611.111,82
		4,38	\$	610.958,19
		4,77	\$	615.776,67
		4,96	\$	618.036,54
		5,29	\$	622.152,54
		4,49	\$	612.247,19
		4,8	\$	616.051,29
Prom		4,897	\$	617.284,95
Desv est		0,401996	\$	4.955,07
n				10
Error			\$	3.024,70
Confianza				95%
D5	5	5,47	\$	646.267,85
		4,53	\$	636.101,84
		5,48	\$	646.472,94
		4,58	\$	635.360,41
		4,56	\$	637.404,63
		4,61	\$	635.658,03
		4,51	\$	632.643,05
		5,1	\$	641.684,92
		4,82	\$	644.328,29
		4,94	\$	636.116,66
Prom		4,86	\$	639.203,86
Desv est		0,377771	\$	5.032,50
n				10
Error			\$	3.196,02
Confianza				95%

D3	10	5,03	\$	1.123.049,79
		3,99	\$	1.110.197,17
		4,24	\$	1.113.251,01
		3,91	\$	1.109.117,83
		4,01	\$	1.110.409,39
		4,01	\$	1.110.458,92
		3,68	\$	1.114.981,90
		4,25	\$	1.113.424,23
		4,48	\$	1.116.268,07
		4,43	\$	1.115.635,15
Prom		4,203	\$	1.113.679,35
Desv est		0,379328	\$	4.140,23
n				10
Error			\$	2.561,46
Confianza				95%
D4	10	4,68	\$	1.111.683,45
		4,86	\$	1.113.847,54
		4,34	\$	1.107.445,41
		4,8	\$	1.113.142,59
		5,47	\$	1.121.389,83
		4,16	\$	1.105.229,80
		4,9	\$	1.114.305,54
		4,36	\$	1.107.732,35
		4,27	\$	1.117.617,54
		4,17	\$	1.105.369,49
Prom		4,601	\$	1.111.776,35
Desv est		0,418129	\$	5.355,34
n				10
Error			\$	3.335,33
Confianza				95%
D5	10	3,36	\$	745.925,72
		3,31	\$	747.378,49
		3,21	\$	746.113,77
		3,38	\$	748.225,12
		3,68	\$	751.898,18
		3,49	\$	746.635,91
		3,16	\$	745.098,75
		3,14	\$	745.254,93
		3,71	\$	753.706,21
		3,31	\$	748.725,80
Prom		3,375	\$	747.896,29
Desv est		0,198844	\$	2.872,99
n				10
Error			\$	1.794,95
Confianza				95%

I6-20			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	20	3,49	\$ 1.310.519,09
		4,11	\$ 1.318.162,58
		3,48	\$ 1.310.374,07
		3,7	\$ 1.311.842,37
		3,96	\$ 1.316.271,05
		3,23	\$ 1.310.244,53
		3,72	\$ 1.313.386,06
		4,2	\$ 1.319.224,63
		3,47	\$ 1.310.280,24
		3,76	\$ 1.313.809,04
		Prom	3,712
Desv est	0,308141	\$ 3.408,97	
n		10	
Error		\$ 2.101,46	
Confianza		95%	
D2	20	5,17	\$ 1.443.557,95
		5	\$ 1.444.353,70
		5,12	\$ 1.445.229,16
		5,08	\$ 1.442.450,93
		5,1	\$ 1.443.848,89
		4,79	\$ 1.440.534,33
		4,88	\$ 1.437.637,61
		4,66	\$ 1.444.676,00
		4,92	\$ 1.442.446,73
		4,55	\$ 1.437.243,17
		Prom	4,927
Desv est	0,208009	\$ 2.843,93	
n		10	
Error		\$ 1.730,64	
Confianza		95%	

I6-50			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	50	4,1	\$ 2.859.212,67
		4,04	\$ 2.858.503,07
		4,1	\$ 2.864.829,08
		4,03	\$ 2.862.020,70
		4,43	\$ 2.863.392,49
		4,14	\$ 2.859.768,39
		4,57	\$ 2.865.070,75
		3,92	\$ 2.857.055,91
		4,14	\$ 2.859.054,81
		4,05	\$ 2.858.652,67
		Prom	4,152
Desv est	0,197022	\$ 2.851,89	
n		10	
Error		\$ 1.773,67	
Confianza		95%	
D2	50	4,99	\$ 3.812.792,72
		4,14	\$ 3.806.983,11
		4,17	\$ 3.807.111,20
		4,28	\$ 3.809.792,82
		4,14	\$ 3.805.485,74
		4,15	\$ 3.803.134,46
		3,88	\$ 3.802.753,54
		3,81	\$ 3.804.138,59
		4,18	\$ 3.809.884,79
		3,82	\$ 3.807.719,08
		Prom	4,156
Desv est	0,336822	\$ 3.225,91	
n		10	
Error		\$ 2.017,70	
Confianza		95%	

D3	20	3,48	\$ 1.455.554,87
		3,65	\$ 1.452.950,36
		3,64	\$ 1.457.553,91
		3,9	\$ 1.463.826,30
		4,06	\$ 1.462.661,79
		3,94	\$ 1.461.992,85
		4,14	\$ 1.463.737,76
		4,42	\$ 1.467.151,91
		4,11	\$ 1.463.346,21
		4,22	\$ 1.464.708,87
Prom	3,956	\$ 1.461.348,48	
Desv est	0,293795	\$ 4.490,04	
n		10	
Error		\$ 2.776,56	
Confianza		95%	
D4	20	4,25	\$ 1.331.690,21
		4,44	\$ 1.340.374,36
		4,32	\$ 1.342.048,66
		4,49	\$ 1.346.034,25
		4,44	\$ 1.344.698,89
		4,12	\$ 1.335.589,85
		4,57	\$ 1.335.317,70
		4,2	\$ 1.341.729,44
		4,56	\$ 1.340.520,13
		4,22	\$ 1.339.041,52
Prom	4,361	\$ 1.339.704,50	
Desv est	0,159962	\$ 4.429,22	
n		10	
Error		\$ 2.679,41	
Confianza		95%	
D5	20	2,97	\$ 1.136.410,26
		3,12	\$ 1.145.218,72
		3,16	\$ 1.138.743,69
		3,15	\$ 1.138.655,23
		3,56	\$ 1.143.674,56
		3,34	\$ 1.140.904,68
		3,44	\$ 1.142.220,42
		3,82	\$ 1.146.838,18
		3,57	\$ 1.143.755,14
		3,73	\$ 1.145.698,48
Prom	3,386	\$ 1.142.211,94	
Desv est	0,284105	\$ 3.450,72	
n		10	
Error		\$ 2.170,20	
Confianza		95%	

D3	50	3,18	\$ 2.570.859,95
		3,63	\$ 2.572.104,28
		3,95	\$ 2.576.048,62
		3,47	\$ 2.570.270,71
		3,79	\$ 2.574.086,58
		3,37	\$ 2.568.803,86
		3,47	\$ 2.569.016,47
		2,99	\$ 2.567.985,42
		3,41	\$ 2.569.362,67
		3,47	\$ 2.570.076,86
Prom	3,473	\$ 2.570.861,54	
Desv est	0,276166	\$ 2.538,00	
n		10	
Error		\$ 1.542,52	
Confianza		95%	
D4	50	4,25	\$ 3.418.963,05
		4,39	\$ 3.415.929,39
		5,24	\$ 3.427.001,29
		4,86	\$ 3.415.459,57
		4,49	\$ 3.421.945,60
		4,43	\$ 3.416.859,22
		4,42	\$ 3.421.006,86
		4,37	\$ 3.421.439,98
		4,65	\$ 3.416.152,07
		4,9	\$ 3.415.858,51
Prom	4,6	\$ 3.419.061,55	
Desv est	0,309588	\$ 3.758,95	
n		10	
Error		\$ 2.324,96	
Confianza		95%	
D5	50	3,3	\$ 2.911.528,85
		3,28	\$ 2.916.901,04
		3,4	\$ 2.915.836,58
		3,2	\$ 2.913.436,55
		3,39	\$ 2.915.624,27
		3,09	\$ 2.910.854,83
		3,37	\$ 2.916.674,37
		3,12	\$ 2.912.298,64
		3,19	\$ 2.912.458,19
		3,58	\$ 2.918.021,32
Prom	3,292	\$ 2.914.363,46	
Desv est	0,148982	\$ 2.538,97	
n		10	
Error		\$ 1.602,90	
Confianza		95%	

I7-5			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	5	3,88	\$ 380.125,09
		3,6	\$ 376.665,57
		3,8	\$ 379.165,65
		3,46	\$ 375.033,65
		3,24	\$ 372.260,96
		3,49	\$ 375.383,00
		3,72	\$ 378.184,05
		3,65	\$ 377.267,53
		3,37	\$ 373.901,57
		3,53	\$ 375.856,66
Prom		3,574	\$ 376.384,37
Desv est		0,196537	\$ 2.405,98
n			10
Error			\$ 1.505,54
Confianza			95%
D2	5	3,07	\$ 397.111,69
		2,72	\$ 392.763,32
		3,04	\$ 396.646,51
		2,38	\$ 388.505,28
		2,47	\$ 389.661,55
		2,62	\$ 391.493,03
		2,56	\$ 390.803,51
		2,98	\$ 395.950,59
		2,55	\$ 397.068,69
		2,65	\$ 391.876,57
Prom		2,704	\$ 393.188,07
Desv est		0,244368	\$ 3.246,72
n			10
Error			\$ 1.965,94
Confianza			95%

I7-10			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	10	3,61	\$ 728.834,73
		3,42	\$ 734.434,72
		3,85	\$ 735.847,64
		3,56	\$ 735.625,93
		3,97	\$ 734.941,22
		3,9	\$ 736.502,60
		3,57	\$ 734.914,72
		3,59	\$ 733.882,46
		4,29	\$ 732.661,24
		3,82	\$ 729.439,63
Prom		3,758	\$ 733.708,49
Desv est		0,258061	\$ 2.638,71
n			10
Error			\$ 1.614,16
Confianza			95%
D2	10	3,88	\$ 683.168,15
		3,47	\$ 681.786,10
		4,03	\$ 685.154,57
		3,97	\$ 684.261,48
		4,11	\$ 681.512,87
		4,09	\$ 679.869,44
		3,73	\$ 682.537,60
		3,64	\$ 681.338,96
		4,39	\$ 689.462,16
		4,06	\$ 685.362,08
Prom		3,937	\$ 683.445,34
Desv est		0,265792	\$ 2.750,27
n			10
Error			\$ 1.708,61
Confianza			95%

D3	5	3,02	\$	349.500,79
		2,65	\$	344.944,69
		3,32	\$	353.240,93
		2,5	\$	343.147,60
		2,46	\$	342.660,24
		2,6	\$	344.407,11
		2,57	\$	344.038,27
		3	\$	349.330,63
		2,51	\$	348.230,00
		2,74	\$	346.062,60
Prom	2,737	\$	346.556,29	
Desv est	0,284373	\$	3.406,72	
n			10	
Error		\$	2.079,34	
Confianza			95%	
D4	5	4,26	\$	413.784,98
		3,94	\$	409.928,73
		4,21	\$	413.270,78
		3,48	\$	404.194,48
		3,5	\$	404.494,30
		3,77	\$	407.792,01
		3,93	\$	409.751,00
		4,12	\$	412.120,41
		3,62	\$	405.979,25
		3,8	\$	408.204,08
Prom	3,863	\$	408.952,00	
Desv est	0,279804	\$	3.446,22	
n			10	
Error		\$	2.126,55	
Confianza			95%	
D5	5	4,1	\$	497.639,91
		3,51	\$	490.387,26
		4,26	\$	499.692,31
		3,78	\$	493.692,08
		3,48	\$	489.984,85
		3,58	\$	491.287,49
		3,67	\$	493.412,79
		3,81	\$	494.130,22
		3,65	\$	492.141,52
		3,84	\$	494.482,26
Prom	3,768	\$	493.685,07	
Desv est	0,251166	\$	3.079,21	
n			10	
Error		\$	1.876,00	
Confianza			95%	

D3	10	4,2	\$	954.902,41
		4,48	\$	958.356,58
		3,9	\$	951.226,56
		4,61	\$	959.990,58
		4,35	\$	956.782,48
		4,29	\$	955.930,50
		4,73	\$	961.433,05
		4,52	\$	958.812,38
		4,53	\$	954.342,71
		3,95	\$	949.952,58
Prom	4,356	\$	956.172,98	
Desv est	0,274558	\$	3.689,80	
n			10	
Error		\$	2.294,82	
Confianza			95%	
D4	10	4,01	\$	785.696,90
		3,64	\$	776.072,84
		3,92	\$	784.508,51
		3,62	\$	778.315,65
		4,01	\$	776.931,19
		4,08	\$	783.953,82
		3,87	\$	781.328,86
		3,61	\$	780.779,67
		4,22	\$	781.338,95
		3,59	\$	783.630,71
Prom	3,857	\$	781.255,71	
Desv est	0,228038	\$	3.294,30	
n			10	
Error		\$	2.031,26	
Confianza			95%	
D5	10	3,46	\$	655.462,89
		3,72	\$	657.012,12
		3,57	\$	655.234,71
		3,89	\$	659.110,96
		4,01	\$	660.640,34
		3,91	\$	659.383,54
		3,76	\$	657.605,45
		3,77	\$	657.747,40
		3,66	\$	660.812,22
		3,44	\$	656.530,14
Prom	3,719	\$	657.953,98	
Desv est	0,190114	\$	1.984,57	
n			10	
Error		\$	1.250,11	
Confianza			95%	

I7-20			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	20	4,31	\$ 1.360.746,44
		4,5	\$ 1.370.740,52
		4,62	\$ 1.372.139,52
		4,04	\$ 1.376.667,84
		4,87	\$ 1.375.314,97
		4,04	\$ 1.363.382,55
		3,98	\$ 1.364.293,24
		4,62	\$ 1.372.163,72
		4,66	\$ 1.369.957,71
		4,42	\$ 1.368.662,35
Prom		4,406	\$ 1.369.406,89
Desv est		0,30533	\$ 5.193,76
n			10
Error			\$ 3.149,64
Confianza			95%
D2	20	3,22	\$ 973.361,12
		3,52	\$ 978.603,65
		3,54	\$ 979.803,27
		3,95	\$ 984.852,88
		3,42	\$ 981.586,01
		3,35	\$ 975.353,90
		3,35	\$ 975.735,57
		3,39	\$ 979.896,10
		3,29	\$ 978.741,81
		3,62	\$ 980.845,39
Prom		3,465	\$ 978.877,97
Desv est		0,208873	\$ 3.360,22
n			10
Error			\$ 2.055,64
Confianza			95%

I7-50			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	50	3,03	\$ 2.399.897,99
		3,65	\$ 2.407.573,86
		3,46	\$ 2.402.846,86
		3,2	\$ 2.403.751,91
		3,09	\$ 2.401.492,19
		3,17	\$ 2.403.314,67
		3,22	\$ 2.401.376,39
		3,22	\$ 2.401.792,26
		3,29	\$ 2.403.171,13
		3,37	\$ 2.406.881,08
Prom		3,27	\$ 2.403.209,83
Desv est		0,182817	\$ 2.409,48
n			10
Error			\$ 1.489,99
Confianza			95%
D2	50	4,3	\$ 2.790.250,55
		4,81	\$ 2.792.731,42
		4,7	\$ 2.795.036,94
		4,35	\$ 2.792.937,30
		4,51	\$ 2.788.965,95
		4,1	\$ 2.790.115,03
		4,28	\$ 2.792.109,96
		4,38	\$ 2.788.417,90
		4,7	\$ 2.791.340,91
		4,49	\$ 2.788.749,24
Prom		4,462	\$ 2.791.065,52
Desv est		0,2229	\$ 2.149,12
n			10
Error			\$ 1.339,71
Confianza			95%

D3	20	3,29	\$ 1.275.453,10
		3,91	\$ 1.283.823,91
		4,05	\$ 1.285.576,95
		4,31	\$ 1.289.319,93
		4,25	\$ 1.288.100,03
		3,44	\$ 1.278.056,81
		3,48	\$ 1.278.557,83
		4,02	\$ 1.285.199,87
		3,89	\$ 1.283.595,52
		3,89	\$ 1.284.185,52
Prom	3,853	\$ 1.283.186,95	
Desv est	0,344127	\$ 4.480,14	
n		10	
Error		\$ 2.823,01	
Confianza		95%	
D4	20	4,78	\$ 1.101.717,28
		4,94	\$ 1.012.679,69
		4,87	\$ 1.011.871,75
		5,82	\$ 1.023.518,84
		4,97	\$ 1.013.059,42
		4,57	\$ 1.008.170,57
		4,83	\$ 1.011.294,71
		4,74	\$ 1.010.170,32
		4,59	\$ 1.008.383,82
		5,11	\$ 1.014.785,19
Prom	4,922	\$ 1.021.565,16	
Desv est	0,356364	\$ 28.495,41	
n		10	
Error		\$ 17.366,61	
Confianza		95%	
D5	20	6,57	\$ 1.300.066,36
		6,26	\$ 1.295.516,23
		6,95	\$ 1.296.056,15
		5,78	\$ 1.300.198,37
		6,28	\$ 1.298.940,08
		6,34	\$ 1.297.135,47
		6,54	\$ 1.299.602,14
		6,24	\$ 1.296.886,47
		6,93	\$ 1.304.432,43
		6,58	\$ 1.300.105,21
Prom	6,447	\$ 1.298.893,89	
Desv est	0,34798	\$ 2.631,14	
n		10	
Error		\$ 1.623,62	
Confianza		95%	

D3	50	3,97	\$ 2.943.064,73
		4,23	\$ 2.946.229,80
		4,65	\$ 2.951.351,60
		4,2	\$ 2.949.590,49
		4,15	\$ 2.945.610,32
		4,13	\$ 2.944.960,99
		4,72	\$ 2.952.282,59
		3,98	\$ 2.946.875,15
		4,11	\$ 2.948.809,10
		4,81	\$ 2.953.404,42
Prom	4,295	\$ 2.948.217,92	
Desv est	0,31135	\$ 3.418,79	
n		10	
Error		\$ 2.152,20	
Confianza		95%	
D4	50	3,91	\$ 3.103.050,07
		4,08	\$ 3.108.460,48
		4,48	\$ 3.108.131,81
		4,09	\$ 3.110.028,97
		4,22	\$ 3.108.050,34
		4,11	\$ 3.106.812,42
		4,23	\$ 3.108.576,43
		3,94	\$ 3.106.544,60
		4,24	\$ 3.108.763,13
		4,44	\$ 3.110.744,64
Prom	4,174	\$ 3.107.916,29	
Desv est	0,188102	\$ 2.128,03	
n		10	
Error		\$ 1.305,32	
Confianza		95%	
D5	50	3,58	\$ 2.625.100,85
		3,51	\$ 2.624.155,98
		3,8	\$ 2.627.759,98
		3,62	\$ 2.628.528,84
		3,73	\$ 2.628.472,12
		3,91	\$ 2.629.207,55
		3,39	\$ 2.619.306,22
		3,65	\$ 2.625.961,62
		4,01	\$ 2.630.375,05
		3,95	\$ 2.631.184,64
Prom	3,715	\$ 2.627.005,29	
Desv est	0,201894	\$ 3.509,11	
n		10	
Error		\$ 2.180,41	
Confianza		95%	

I8-5			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	5	3,33	\$ 539.276,33
		3,34	\$ 536.439,55
		3,61	\$ 543.637,45
		3,26	\$ 535.448,67
		3,58	\$ 539.324,89
		3,1	\$ 533.517,44
		3,12	\$ 533.724,92
		3,32	\$ 540.134,93
		4,21	\$ 547.169,40
		3,33	\$ 535.082,57
Prom		3,42	\$ 538.375,62
Desv est		0,322559	\$ 4.449,91
n			10
Error			\$ 2.691,88
Confianza			95%
D2	5	3,67	\$ 523.939,73
		3,61	\$ 524.325,82
		3,71	\$ 525.549,87
		3,57	\$ 523.758,19
		3,8	\$ 526.698,18
		3,38	\$ 521.458,61
		3,37	\$ 521.334,40
		3,45	\$ 522.388,12
		4,39	\$ 533.910,38
		3,47	\$ 522.618,72
Prom		3,642	\$ 524.598,20
Desv est		0,299102	\$ 3.690,20
n			10
Error			\$ 2.308,23
Confianza			95%

I8-10			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	10	3,3	\$ 658.434,68
		3,35	\$ 660.594,68
		3,54	\$ 661.399,34
		3,32	\$ 661.202,84
		3,71	\$ 661.175,98
		3,51	\$ 661.079,16
		3,25	\$ 660.059,99
		3,27	\$ 658.989,95
		4,04	\$ 667.651,84
		3,5	\$ 660.991,66
Prom		3,479	\$ 661.158,01
Desv est		0,245694	\$ 2.492,31
n			10
Error			\$ 1.520,66
Confianza			95%
D2	10	4,2	\$ 807.299,02
		3,95	\$ 801.319,06
		4,25	\$ 807.935,42
		4,24	\$ 804.989,32
		4,28	\$ 805.411,80
		4,24	\$ 804.940,50
		4,16	\$ 803.952,55
		4,27	\$ 805.368,21
		3,95	\$ 801.314,08
		3,74	\$ 800.955,22
Prom		4,128	\$ 804.348,52
Desv est		0,183594	\$ 2.462,15
n			10
Error			\$ 1.528,26
Confianza			95%

D3	5	3,18	\$	518.811,22
		3,12	\$	516.694,50
		3,29	\$	517.513,05
		3	\$	515.301,55
		3,33	\$	519.272,02
		2,88	\$	513.803,82
		3,11	\$	518.033,45
		3,12	\$	514.031,87
		3,93	\$	526.684,42
		3,09	\$	516.326,66
Prom		3,205	\$	517.647,26
Desv est		0,285472	\$	3.679,21
n				10
Error			\$	2.329,41
Confianza				95%
D4	5	3,61	\$	467.315,90
		3,43	\$	465.039,84
		3,56	\$	466.707,14
		3,44	\$	465.117,94
		3,6	\$	467.153,95
		3,26	\$	462.906,58
		3,2	\$	462.205,12
		3,34	\$	463.999,14
		4,12	\$	473.579,37
		3,36	\$	464.221,05
Prom		3,492	\$	465.824,60
Desv est		0,260504	\$	3.223,88
n				10
Error			\$	1.956,46
Confianza				95%
D5	5	3,77	\$	594.151,35
		3,62	\$	588.677,33
		3,84	\$	591.285,99
		3,72	\$	589.803,75
		3,92	\$	592.337,94
		3,45	\$	586.521,91
		3,44	\$	586.353,14
		3,46	\$	591.277,14
		4,58	\$	600.465,55
		3,72	\$	589.904,47
Prom		3,752	\$	591.077,86
Desv est		0,33585	\$	4.097,27
n				10
Error			\$	2.482,53
Confianza				95%

D3	10	3,42	\$	806.525,82
		3,23	\$	802.084,16
		3,23	\$	802.955,08
		3,35	\$	803.508,30
		3,36	\$	802.378,47
		3,48	\$	806.066,66
		3,35	\$	803.590,65
		3,28	\$	802.644,32
		3,51	\$	801.937,08
		3,29	\$	798.908,80
Prom		3,35	\$	803.059,93
Desv est		0,097068	\$	2.150,67
n				10
Error			\$	1.365,20
Confianza				95%
D4	10	3,44	\$	694.605,66
		3,62	\$	701.098,09
		3,7	\$	701.826,64
		3,66	\$	701.608,53
		3,85	\$	703.873,41
		3,64	\$	701.092,24
		3,42	\$	696.991,92
		3,5	\$	699.342,06
		4,02	\$	699.923,47
		3,56	\$	696.868,65
Prom		3,641	\$	699.723,07
Desv est		0,184779	\$	2.807,74
n				10
Error			\$	1.749,31
Confianza				95%
D5	10	4,72	\$	849.820,46
		4,39	\$	845.836,21
		4,81	\$	850.982,97
		3,83	\$	838.894,18
		3,81	\$	838.677,07
		4,17	\$	843.649,94
		4,27	\$	844.334,51
		4,65	\$	849.041,99
		3,89	\$	839.666,51
		4,16	\$	842.952,98
Prom		4,27	\$	844.385,68
Desv est		0,368872	\$	4.527,18
n				10
Error			\$	2.786,47
Confianza				95%

I8-20			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	20	3,02	\$ 917.021,79
		3,42	\$ 921.965,06
		3,84	\$ 927.134,71
		3,42	\$ 923.598,41
		3,81	\$ 926.752,37
		3,48	\$ 922.725,00
		3,43	\$ 923.741,78
		3,56	\$ 923.217,95
		3,59	\$ 923.971,87
		3,61	\$ 924.292,68
Prom		3,518	\$ 923.442,16
Desv est		0,231123	\$ 2.782,45
n			10
Error			\$ 1.754,54
Confianza			95%
D2	20	3,29	\$ 1.247.480,18
		3,54	\$ 1.247.207,95
		3,34	\$ 1.248.720,39
		3,55	\$ 1.250.189,64
		3,52	\$ 1.250.200,17
		3,39	\$ 1.246.518,35
		3,66	\$ 1.246.566,30
		3,25	\$ 1.249.818,11
		3,67	\$ 1.249.728,05
		3,62	\$ 1.250.232,97
Prom		3,483	\$ 1.248.666,21
Desv est		0,154492	\$ 1.568,51
n			10
Error			\$ 948,99
Confianza			95%

I8-50			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	50	3,3	\$ 2.804.318,77
		3,32	\$ 2.798.582,72
		3,2	\$ 2.797.332,01
		2,81	\$ 2.801.041,97
		2,8	\$ 2.798.254,05
		2,96	\$ 2.799.812,70
		3,19	\$ 2.803.917,55
		3,18	\$ 2.798.562,36
		3,31	\$ 2.797.150,29
		3,53	\$ 2.802.826,65
Prom		3,16	\$ 2.800.179,91
Desv est		0,235608	\$ 2.690,50
n			10
Error			\$ 1.680,11
Confianza			95%
D2	50	4,67	\$ 4.125.762,29
		5,27	\$ 4.118.761,45
		4,98	\$ 4.115.835,27
		4,45	\$ 4.122.283,11
		4,6	\$ 4.117.806,05
		4,16	\$ 4.120.020,61
		4,8	\$ 4.114.558,52
		4,27	\$ 4.119.229,16
		4,47	\$ 4.116.338,29
		4,95	\$ 4.119.630,44
Prom		4,662	\$ 4.119.022,52
Desv est		0,34386	\$ 3.271,14
n			10
Error			\$ 2.059,51
Confianza			95%

D3	20	4,02	\$	924.989,56
		4,34	\$	928.892,81
		4,56	\$	931.647,99
		4,35	\$	929.033,35
		4,87	\$	935.413,77
		4,58	\$	931.845,42
		4,33	\$	928.735,35
		4,48	\$	930.648,55
		4,52	\$	931.150,50
		4,39	\$	929.575,18
Prom	4,444	\$	930.193,25	
Desv est	0,220061	\$	2.704,85	
n			10	
Error		\$	1.674,35	
Confianza			95%	
D4	20	4,27	\$	1.515.343,76
		4,63	\$	1.525.634,37
		4,68	\$	1.526.219,86
		4,96	\$	1.533.856,69
		4,99	\$	1.530.033,08
		4,35	\$	1.518.356,09
		4,29	\$	1.519.562,51
		4,77	\$	1.527.423,89
		4,55	\$	1.524.677,08
		4,46	\$	1.525.355,70
Prom	4,595	\$	1.524.646,30	
Desv est	0,259754	\$	5.552,47	
n			10	
Error		\$	3.506,69	
Confianza			95%	
D5	20	4,19	\$	1.038.109,14
		3,65	\$	1.031.407,29
		3,66	\$	1.034.100,21
		3,73	\$	1.031.022,03
		4,03	\$	1.035.377,71
		3,67	\$	1.035.348,76
		3,8	\$	1.033.267,72
		4,62	\$	1.032.040,96
		3,6	\$	1.037.002,64
		3,33	\$	1.031.668,75
Prom	3,828	\$	1.033.934,52	
Desv est	0,364289	\$	2.471,72	
n			10	
Error		\$	1.499,21	
Confianza			95%	

D3	50	2,93	\$	2.503.687,43
		3,15	\$	2.502.141,40
		3,17	\$	2.503.187,52
		3,19	\$	2.506.878,90
		3,47	\$	2.503.762,19
		2,96	\$	2.500.685,27
		3,08	\$	2.502.161,21
		3,08	\$	2.502.133,19
		3	\$	2.501.098,65
		3,07	\$	2.505.791,94
Prom	3,11	\$	2.503.152,77	
Desv est	0,153333	\$	1.968,12	
n			10	
Error		\$	1.226,54	
Confianza			95%	
D4	50	3,26	\$	2.564.647,13
		3,36	\$	2.566.354,73
		3,69	\$	2.568.011,23
		3,29	\$	2.569.545,97
		3,67	\$	2.570.296,78
		3,12	\$	2.564.329,77
		3,37	\$	2.560.760,67
		3,05	\$	2.565.535,72
		3,48	\$	2.571.227,66
		3,38	\$	2.568.600,85
Prom	3,367	\$	2.566.931,05	
Desv est	0,207635	\$	3.213,12	
n			10	
Error		\$	2.002,21	
Confianza			95%	
D5	50	3,52	\$	2.569.048,32
		3,98	\$	2.565.767,07
		4,4	\$	2.579.316,88
		3,92	\$	2.571.077,54
		4,4	\$	2.579.277,48
		3,7	\$	2.567.264,53
		3,83	\$	2.570.468,55
		3,7	\$	2.565.090,21
		3,74	\$	2.570.764,46
		4,06	\$	2.568.182,57
Prom	3,925	\$	2.570.625,76	
Desv est	0,29459	\$	4.996,00	
n			10	
Error		\$	3.084,75	
Confianza			95%	

I9-5			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	5	3,97	\$ 478.453,42
		3,57	\$ 473.593,27
		3,71	\$ 475.304,27
		3,46	\$ 472.256,28
		3,71	\$ 475.290,18
		3,43	\$ 471.845,53
		3,26	\$ 469.790,26
		3,54	\$ 473.189,87
		4,28	\$ 482.309,70
		3,73	\$ 475.493,95
Prom		3,666	\$ 474.752,67
Desv est		0,291631	\$ 3.575,26
n			10
Error			\$ 2.231,34
Confianza			95%
D2	5	3,98	\$ 489.747,41
		3,62	\$ 485.251,39
		3,75	\$ 486.857,49
		3,5	\$ 483.759,39
		3,76	\$ 487.007,06
		3,46	\$ 483.330,00
		3,31	\$ 481.407,81
		3,57	\$ 484.638,81
		4,34	\$ 494.213,05
		3,75	\$ 486.941,00
Prom		3,704	\$ 486.315,34
Desv est		0,292392	\$ 3.633,00
n			10
Error			\$ 2.285,68
Confianza			95%

I9-10			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	10	2,23	\$ 629.077,82
		2,07	\$ 626.023,72
		2,18	\$ 628.773,24
		2,16	\$ 626.035,49
		2,35	\$ 628.435,46
		2,22	\$ 626.875,42
		2,19	\$ 626.438,12
		2,11	\$ 628.297,68
		2,76	\$ 633.415,27
		2,36	\$ 628.467,13
Prom		2,263	\$ 628.183,94
Desv est		0,1973181	\$ 2.178,48
n			10
Error			\$ 1.319,19
Confianza			95%
D2	10	3,33	\$ 849.981,33
		3,52	\$ 852.288,37
		3,1	\$ 847.196,45
		3,5	\$ 852.029,66
		3,91	\$ 857.116,77
		3,22	\$ 854.042,40
		3,55	\$ 852.716,52
		3,2	\$ 849.866,55
		3,1	\$ 847.787,05
		3	\$ 845.973,74
Prom		3,343	\$ 850.899,88
Desv est		0,2772504	\$ 3.409,35
n			10
Error			\$ 2.127,25
Confianza			95%

D3	5	4,3	\$	683.913,80
		4,16	\$	683.492,85
		4,39	\$	686.416,89
		4,33	\$	685.641,76
		4,52	\$	687.915,56
		3,93	\$	680.693,44
		3,98	\$	681.345,38
		4,13	\$	680.795,60
		5,25	\$	696.913,37
		4,1	\$	682.830,18
Prom	4,309	\$	684.995,88	
Desv est	0,378137	\$	4.837,21	
n			10	
Error		\$	2.945,48	
Confianza			95%	
D4	5	4,67	\$	739.908,50
		4,5	\$	739.677,45
		4,75	\$	742.752,89
		4,68	\$	741.917,52
		4,89	\$	744.445,07
		4,25	\$	736.561,84
		4,31	\$	737.345,37
		4,47	\$	736.675,19
		5,68	\$	754.188,97
		4,43	\$	738.745,71
Prom	4,663	\$	741.221,85	
Desv est	0,409201	\$	5.260,12	
n			10	
Error		\$	3.335,50	
Confianza			95%	
D5	5	4,17	\$	588.733,66
		3,71	\$	588.477,35
		4,21	\$	590.468,41
		3,26	\$	589.631,25
		3,42	\$	591.674,66
		3,59	\$	586.276,55
		3,6	\$	586.703,13
		4,07	\$	586.376,23
		3,54	\$	598.510,95
		3,71	\$	588.059,38
Prom	45,407	\$	589.491,16	
Desv est	131,9702	\$	3.629,51	
n			10	
Error		\$	2.299,02	
Confianza			95%	

D3	10	3,36	\$	788.932,32
		3,02	\$	784.711,89
		2,95	\$	783.879,39
		3	\$	784.440,75
		3,22	\$	787.207,39
		2,81	\$	786.696,18
		3,37	\$	789.041,32
		2,9	\$	783.145,22
		2,74	\$	788.398,71
		2,64	\$	779.993,91
Prom	3,001	\$	785.644,71	
Desv est	0,2496865	\$	2.926,74	
n			10	
Error		\$	1.806,98	
Confianza			95%	
D4	10	3,15	\$	1.115.685,82
		3,63	\$	1.112.764,05
		3,66	\$	1.115.601,23
		3,72	\$	1.114.713,24
		3,94	\$	1.119.048,18
		3,91	\$	1.118.677,63
		3,63	\$	1.114.982,89
		3,56	\$	1.112.735,22
		4,16	\$	1.115.484,80
		3,47	\$	1.114.546,24
Prom	3,683	\$	1.115.423,93	
Desv est	0,2783303	\$	2.097,61	
n			10	
Error		\$	1.282,74	
Confianza			95%	
D5	10	4,34	\$	927.480,46
		3,75	\$	920.150,28
		4	\$	923.196,53
		3,89	\$	921.854,28
		4,24	\$	926.188,35
		4,16	\$	925.202,64
		4	\$	923.208,55
		3,63	\$	922.212,49
		4,87	\$	933.935,49
		4,3	\$	926.938,78
Prom	4,118	\$	925.036,79	
Desv est	0,3524454	\$	3.927,70	
n			10	
Error		\$	2.405,10	
Confianza			95%	

I9-20			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	20	2,7	\$ 1.159.757,90
		3,14	\$ 1.169.407,30
		2,91	\$ 1.162.286,01
		3,01	\$ 1.168.644,87
		3,26	\$ 1.166.655,05
		3,08	\$ 1.163.701,00
		3,13	\$ 1.165.004,20
		3,45	\$ 1.169.030,46
		3,26	\$ 1.169.109,11
		3,35	\$ 1.167.811,91
		Prom	3,129
Desv est	0,219821	\$ 3.333,40	
n		10	
Error		\$ 2.099,05	
Confianza		95%	
D2	20	2,84	\$ 1.109.731,23
		3,15	\$ 1.113.888,90
		3,12	\$ 1.113.062,94
		3,73	\$ 1.120.996,06
		3,28	\$ 1.113.271,87
		2,97	\$ 1.112.528,54
		3,14	\$ 1.114.962,79
		3,61	\$ 1.119.587,41
		3,16	\$ 1.116.289,67
		3,86	\$ 1.122.693,89
		Prom	3,286
Desv est	0,335599	\$ 4.147,02	
n		10	
Error		\$ 2.566,11	
Confianza		95%	

I9-50			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	50	4,41	\$ 2.935.767,75
		3,89	\$ 2.922.312,16
		3,87	\$ 2.937.898,95
		3,89	\$ 2.934.118,45
		4,26	\$ 2.933.890,58
		3,9	\$ 2.929.368,44
		4,07	\$ 2.931.482,85
		3,9	\$ 2.929.362,99
		4,01	\$ 2.930.817,70
		3,97	\$ 2.933.629,08
		Prom	4,017
Desv est	0,1825164	\$ 4.332,38	
n		10	
Error		\$ 2.638,68	
Confianza		95%	
D2	50	4,41	\$ 3.412.132,25
		4,06	\$ 3.411.515,73
		4,28	\$ 3.410.424,75
		4,16	\$ 3.414.512,30
		3,88	\$ 3.410.165,62
		4,08	\$ 3.410.984,02
		3,85	\$ 3.413.766,35
		3,91	\$ 3.409.393,84
		4,23	\$ 3.414.074,59
		3,98	\$ 3.413.076,22
		Prom	4,084
Desv est	0,1855442	\$ 1.789,36	
n		10	
Error		\$ 1.125,96	
Confianza		95%	

D3	20	2,27	\$ 1.023.870,44
		2,71	\$ 1.028.108,77
		2,45	\$ 1.021.947,98
		2,51	\$ 1.022.807,30
		2,73	\$ 1.028.349,59
		2,59	\$ 1.022.760,48
		2,62	\$ 1.024.450,70
		2,88	\$ 1.027.571,87
		2,73	\$ 1.025.710,20
		2,78	\$ 1.026.420,71
Prom	2,627	\$ 1.025.199,80	
Desv est	0,179323	\$ 2.364,98	
n		10	
Error		\$ 1.435,28	
Confianza		95%	
D4	20	2,34	\$ 866.396,53
		2,54	\$ 868.802,09
		2,57	\$ 869.256,17
		2,62	\$ 869.852,15
		2,86	\$ 872.815,34
		2,62	\$ 869.655,41
		2,65	\$ 870.158,22
		2,99	\$ 874.409,33
		2,84	\$ 872.589,23
		2,96	\$ 874.000,74
Prom	2,699	\$ 870.793,52	
Desv est	0,206637	\$ 2.558,66	
n		10	
Error		\$ 1.567,43	
Confianza		95%	
D5	20	2,4	\$ 941.699,07
		2,91	\$ 949.451,98
		2,43	\$ 943.530,89
		2,63	\$ 945.998,63
		2,94	\$ 947.087,07
		2,5	\$ 944.442,48
		2,73	\$ 947.266,94
		2,9	\$ 948.166,00
		2,57	\$ 946.877,67
		2,75	\$ 947.813,85
Prom	2,676	\$ 946.233,46	
Desv est	0,201119	\$ 2.355,38	
n		10	
Error		\$ 1.466,66	
Confianza		95%	

D3	50	3,87	\$ 3.197.367,71
		4,7	\$ 3.203.975,67
		4,39	\$ 3.196.492,66
		3,71	\$ 3.200.400,92
		4	\$ 3.196.559,76
		3,68	\$ 3.193.318,99
		4,22	\$ 3.198.049,95
		3,77	\$ 3.192.436,62
		4,03	\$ 3.195.719,18
		4,38	\$ 3.199.960,61
Prom	4,075	\$ 3.197.428,21	
Desv est	0,3392557	\$ 3.413,40	
n		10	
Error		\$ 2.110,30	
Confianza		95%	
D4	50	4,21	\$ 2.639.651,40
		4,06	\$ 2.639.834,52
		4,23	\$ 2.639.823,69
		4,14	\$ 2.641.629,26
		3,96	\$ 2.640.078,53
		3,89	\$ 2.635.710,57
		4,13	\$ 2.638.659,32
		4,21	\$ 2.639.614,83
		4,1	\$ 2.638.282,33
		4,07	\$ 2.637.891,86
Prom	4,1	\$ 2.639.117,63	
Desv est	0,1104536	\$ 1.591,45	
n		10	
Error		\$ 1.002,86	
Confianza		95%	
D5	50	3,84	\$ 2.638.406,93
		3,77	\$ 2.633.775,34
		4,14	\$ 2.638.385,90
		3,88	\$ 2.640.966,16
		3,91	\$ 2.636.627,68
		4,18	\$ 2.638.926,71
		3,73	\$ 2.633.304,90
		3,85	\$ 2.634.863,11
		2,97	\$ 2.633.159,28
		4,29	\$ 2.640.231,02
Prom	3,856	\$ 2.636.864,70	
Desv est	0,3630182	\$ 2.927,03	
n		10	
Error		\$ 1.845,81	
Confianza		95%	

I10-5			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	5	5,25	\$ 414.138,09
		4,62	\$ 406.264,08
		5,04	\$ 411.506,59
		4,26	\$ 401.871,12
		4,31	\$ 402.491,03
		4,51	\$ 404.906,83
		4,5	\$ 404.776,40
		4,77	\$ 408.217,84
		4,7	\$ 407.265,91
		4,99	\$ 419.917,20
Prom	4,695	\$ 408.135,51	
Desv est	0,3223266	\$ 5.610,30	
n		10	
Error		\$ 3.469,15	
Confianza			95%
D2	5	3,57	\$ 280.202,61
		2,91	\$ 272.013,92
		3,31	\$ 276.949,33
		2,84	\$ 271.140,04
		2,95	\$ 272.535,23
		2,94	\$ 272.411,18
		2,8	\$ 270.608,10
		3,13	\$ 274.672,35
		3,29	\$ 276.652,79
		3,39	\$ 277.876,74
Prom	3,113	\$ 274.506,23	
Desv est	0,2637781	\$ 3.256,20	
n		10	
Error		\$ 2.058,80	
Confianza			95%

I10-10			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	10	4,32	\$ 812.962,16
		5,05	\$ 821.851,75
		4,53	\$ 815.498,72
		5,31	\$ 825.157,75
		5,43	\$ 826.609,35
		5,01	\$ 821.389,43
		5,03	\$ 821.697,97
		5,14	\$ 822.960,43
		4,78	\$ 818.558,94
		4,49	\$ 815.148,46
Prom	4,909	\$ 820.183,50	
Desv est	0,367135	\$ 4.501,39	
n		10	
Error		\$ 2.788,62	
Confianza			95%
D2	10	3,61	\$ 587.633,06
		4,16	\$ 594.452,20
		3,83	\$ 590.381,49
		4,37	\$ 597.058,35
		4,62	\$ 600.114,55
		4,22	\$ 595.263,41
		4,04	\$ 593.022,30
		4,17	\$ 594.575,39
		3,99	\$ 592.326,21
		3,78	\$ 589.792,14
Prom	4,079	\$ 593.461,91	
Desv est	0,296815	\$ 3.667,77	
n		10	
Error		\$ 2.314,50	
Confianza			95%

D3	5	4,16 \$	327.527,61
		3,58 \$	320.371,00
		3,96 \$	325.073,95
		3,42 \$	318.465,45
		3,45 \$	318.764,72
		3,54 \$	319.985,59
		3,53 \$	319.829,17
		3,74 \$	322.350,04
		3,76 \$	322.675,86
		3,94 \$	324.876,97
Prom	3,708	\$ 321.992,04	
Desv est	0,2474672	\$ 3.041,26	
n		10	
Error		\$ 1.931,95	
Confianza		95%	
D4	5	3,91 \$	304.572,57
		3,12 \$	294.866,09
		3,57 \$	300.316,69
		3,05 \$	293.961,85
		3,23 \$	296.129,13
		3,18 \$	295.522,07
		2,96 \$	292.906,12
		3,37 \$	297.894,05
		3,63 \$	301.141,93
		3,73 \$	302.332,75
Prom	3,375	\$ 297.964,33	
Desv est	0,3192439	\$ 3.928,88	
n		10	
Error		\$ 2.383,71	
Confianza		95%	
D5	5	3,55 \$	278.893,57
		2,92 \$	271.073,48
		3,31 \$	275.905,75
		2,84 \$	270.130,10
		2,93 \$	271.313,67
		2,94 \$	271.370,08
		2,82 \$	269.853,77
		3,12 \$	273.634,83
		3,25 \$	275.226,28
		3,36 \$	276.507,94
Prom	3,104	\$ 273.390,95	
Desv est	0,2516258	\$ 3.103,06	
n		10	
Error		\$ 1.968,41	
Confianza		95%	

D3	10	4,45 \$	820.320,89
		4,02 \$	821.314,94
		4,47 \$	820.647,08
		4,44 \$	822.573,99
		4,82 \$	824.958,87
		4,78 \$	824.408,19
		4,49 \$	822.882,12
		3,88 \$	821.035,34
		5,35 \$	831.482,15
		4,84 \$	825.165,86
Prom	4,554	\$ 823.478,94	
Desv est	0,423168	\$ 3.329,54	
n		10	
Error		\$ 2.058,70	
Confianza		95%	
D4	10	3,7 \$	604.544,65
		4,3 \$	611.978,56
		3,89 \$	606.958,64
		4,51 \$	614.557,02
		4,71 \$	617.096,85
		4,3 \$	611.964,42
		4,19 \$	610.684,45
		4,3 \$	611.996,95
		4,09 \$	609.417,28
		3,86 \$	606.613,48
Prom	4,185	\$ 610.581,23	
Desv est	0,308734	\$ 3.812,29	
n		10	
Error		\$ 2.381,27	
Confianza		95%	
D5	10	3,96 \$	888.828,50
		4,34 \$	893.555,94
		4,37 \$	893.941,83
		4,09 \$	890.529,51
		4,76 \$	898.781,51
		4,46 \$	895.058,16
		4,19 \$	891.719,47
		4,02 \$	889.568,30
		5,22 \$	904.407,47
		4,35 \$	893.642,57
Prom	4,376	\$ 894.003,33	
Desv est	0,377865	\$ 4.669,71	
n		10	
Error		\$ 2.860,81	
Confianza		95%	

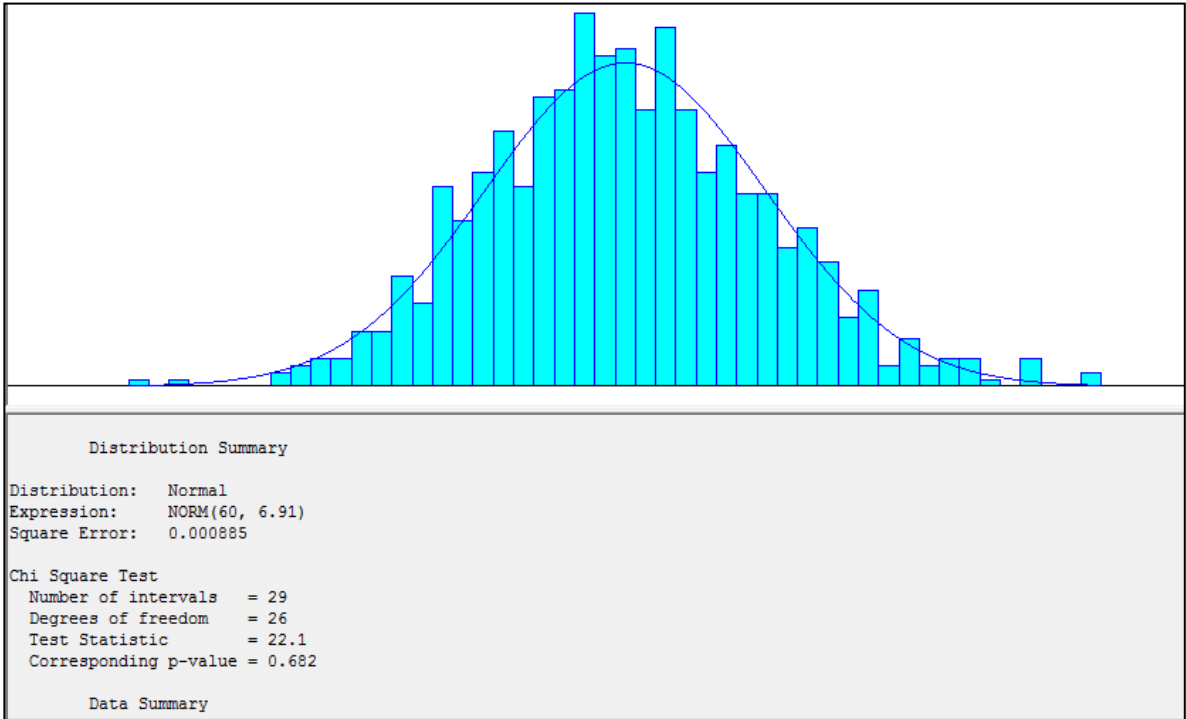
I10-20			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	20	3,85	\$ 927.099,11
		4,32	\$ 929.939,34
		3,99	\$ 927.759,30
		4,39	\$ 930.824,81
		4,71	\$ 934.751,15
		4,3	\$ 923.589,32
		4,25	\$ 929.067,49
		4,21	\$ 928.579,96
		4,52	\$ 925.435,32
		4,12	\$ 923.851,54
		Prom	4,266
Desv est	0,2483367	\$ 3.380,09	
n		10	
Error		\$ 2.134,61	
Confianza		95%	
D2	20	4,54	\$ 1.113.415,22
		4,1	\$ 1.107.477,17
		4,49	\$ 1.112.520,58
		3,92	\$ 1.108.225,32
		4,42	\$ 1.111.608,97
		4,4	\$ 1.108.879,67
		4,17	\$ 1.104.365,87
		4,24	\$ 1.111.057,37
		4,87	\$ 1.110.461,25
		4,45	\$ 1.106.714,14
		Prom	4,36
Desv est	0,2654974	\$ 2.837,53	
n		10	
Error		\$ 1.775,16	
Confianza		95%	

I10-50			
Deposito	N° Nodos	Tiempo de Viaje	Costo de viaje SLRP
D1	50	3,95	\$ 3.317.588,97
		4,6	\$ 3.324.572,95
		4,82	\$ 3.324.745,67
		4,06	\$ 3.316.393,12
		4,43	\$ 3.323.564,00
		3,89	\$ 3.316.901,80
		4,32	\$ 3.322.157,03
		3,85	\$ 3.315.286,27
		4,15	\$ 3.323.411,80
		4,22	\$ 3.322.495,96
		Prom	4,229
Desv est	0,317436	\$ 3.715,33	
n		10	
Error		\$ 2.258,08	
Confianza		95%	
D2	50	3,44	\$ 3.124.240,76
		3,55	\$ 3.124.744,45
		4,08	\$ 3.127.819,65
		3,92	\$ 3.119.936,91
		3,66	\$ 3.123.381,52
		3,92	\$ 3.121.659,42
		3,99	\$ 3.122.812,00
		4,12	\$ 3.118.137,92
		3,8	\$ 3.121.981,57
		3,92	\$ 3.124.446,27
		Prom	3,84
Desv est	0,225043	\$ 2.705,35	
n		10	
Error		\$ 1.717,60	
Confianza		95%	

D3	20	5,38	\$ 1.165.539,83
		5,26	\$ 1.164.012,16
		4,97	\$ 1.160.443,17
		5,47	\$ 1.166.631,30
		5,63	\$ 1.168.609,70
		5,35	\$ 1.165.204,92
		5,08	\$ 1.161.881,93
		4,97	\$ 1.160.545,47
		5,36	\$ 1.165.332,01
		4,77	\$ 1.158.028,31
Prom	5,224	\$ 1.163.622,88	
Desv est	0,2669249	\$ 3.284,31	
n		10	
Error		\$ 2.047,98	
Confianza		95%	
D4	20	5,18	\$ 1.208.150,67
		4,52	\$ 1.199.951,89
		5,49	\$ 1.211.990,81
		4,9	\$ 1.204.734,41
		4,99	\$ 1.205.811,57
		5,29	\$ 1.209.437,02
		4,74	\$ 1.202.734,91
		5,26	\$ 1.209.145,94
		4,98	\$ 1.205.722,31
		4,98	\$ 1.205.641,24
Prom	5,033	\$ 1.206.332,08	
Desv est	0,2832765	\$ 3.499,30	
n		10	
Error		\$ 2.171,40	
Confianza		95%	
D5	20	3,95	\$ 1.263.267,04
		3,43	\$ 1.261.657,70
		4,51	\$ 1.270.175,40
		3,81	\$ 1.272.019,19
		3,62	\$ 1.263.006,56
		3,81	\$ 1.262.586,80
		3,58	\$ 1.259.784,96
		4,06	\$ 1.264.643,27
		3,68	\$ 1.262.696,02
		3,96	\$ 1.262.917,56
Prom	3,841	\$ 1.264.275,45	
Desv est	0,3046473	\$ 3.826,00	
n		10	
Error		\$ 2.402,12	
Confianza		95%	

D3	50	3,66	\$ 3.379.807,31
		3,71	\$ 3.382.815,41
		3,79	\$ 3.383.446,35
		4,08	\$ 3.387.389,71
		4,18	\$ 3.388.658,12
		3,7	\$ 3.380.341,10
		3,93	\$ 3.383.092,87
		3,49	\$ 3.377.742,94
		3,59	\$ 3.378.988,80
		3,84	\$ 3.385.702,14
Prom	3,797	\$ 3.382.798,48	
Desv est	0,215821	\$ 3.642,51	
n		10	
Error		\$ 2.266,47	
Confianza		95%	
D4	50	4,61	\$ 3.586.770,12
		4,23	\$ 3.584.627,70
		4,01	\$ 3.586.658,63
		4,07	\$ 3.588.746,12
		4,1	\$ 3.591.231,14
		4,38	\$ 3.584.002,91
		4,52	\$ 3.588.268,91
		4,09	\$ 3.583.857,56
		4,27	\$ 3.582.573,12
		4,06	\$ 3.590.907,26
Prom	4,234	\$ 3.586.764,35	
Desv est	0,208657	\$ 3.009,70	
n		10	
Error		\$ 1.900,99	
Confianza		95%	
D5	50	4,14	\$ 2.971.992,38
		4,02	\$ 2.973.356,95
		4,48	\$ 2.978.972,96
		4,3	\$ 2.974.113,12
		4,5	\$ 2.979.294,24
		4,32	\$ 2.977.956,91
		4,25	\$ 2.976.152,15
		3,99	\$ 2.971.187,96
		4,51	\$ 2.980.277,50
		4,46	\$ 2.976.425,13
Prom	4,297	\$ 2.975.972,93	
Desv est	0,195792	\$ 3.193,33	
n		10	
Error		\$ 2.023,66	
Confianza		95%	

ANEXO 3: Análisis de datos



Placa	Fecha Sistema	Hora Sistema	Ubicación	Edad GPS	Fecha GPS	Prioridad	Vel (KPH)	Sentido
TDU852	11/05/2012	14:26:18	A 102 Metros al Nor-Oriente de LAVADERO LA PALMIR, Via Urbana de Cartagena., Cartagena, Bolívar	Nueva	11/05/2012	Archivar	68	Nor-Oriente
TDU852	11/05/2012	14:24:24	A 24 Metros al Sur-Occidente de LAVADERO LA PALMI, Via Urbana de Cartagena., Cartagena, Bolívar	Nueva	11/05/2012	Archivar	57	Norte
TDU852	11/05/2012	14:22:29	A 257 Metros al Sur-Oriente de LAVADERO LA PALMIR, Cra 67., Cartagena, Bolívar	Nueva	11/05/2012	Archivar	59	Occidente
TDU852	11/05/2012	14:20:31	A 283 Metros al Sur-Oriente de LAVADERO LA PALMIR, Vía Rural Cartagena., Cartagena, Bolívar	Nueva	11/05/2012	Archivar	56	Occidente
TDU852	11/05/2012	14:18:34	A 282 Metros al Sur-Oriente de LAVADERO LA PALMIR, Vía Rural Cartagena., Cartagena, Bolívar	Nueva	11/05/2012	Archivar	50	Occidente
TDU852	11/05/2012	14:15:15	A 461 Metros al Sur-Oriente de LAVADERO LA PALMIR, Vía Cartagena - Arjona, Km 51.74 San Pablo - Carta, Cartagena, Bolívar	Nueva	11/05/2012	Archivar	57	Norte
TDU852	11/05/2012	14:13:21	A 1.1 KMS al Nor-Oriente de PETROMIL CARTAGENA, Vía Cartagena - Arjona, Km 49.71 San Pablo - Carta, Cartagena, Bolívar	Nueva	11/05/2012	Archivar	60	Norte
TDU852	11/05/2012	14:11:24	A 1.4 KMS al Sur-Oriente de PETROMIL CARTAGENA, Vía Cartagena - Arjona, Km 48.66 San Pablo - Carta, Cartagena, Bolívar	Nueva	11/05/2012	Archivar	64	Norte
TDU852	11/05/2012	14:09:27	A 1.5 KMS al Sur-Oriente de Abocol, Vía Cartagena - Arjona, Km 47.09 San Pablo - Carta, Turbana, Bolívar	Nueva	11/05/2012	Archivar	53	Norte
TDU852	11/05/2012	14:07:32	A 2.8 KMS al Sur-Oriente de Abocol, Vía Cartagena - Arjona, Km 45.23 San Pablo - Carta, Cartagena, Bolívar	Nueva	11/05/2012	Archivar	53	Norte