

UNIVERSIDAD DE SONORA DIVISIÓN DE INGENIERÍA



POSGRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS Y TECNOLOGÍA

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SOPORTE A LA TOMA
DE DECISIONES PARA ELEVAR LA EFICIENCIA DE LA
RECUPERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS
HORTOFRUTÍCOLAS

T E S I S

PRESENTADA POR

RODOLFO IVÁN NÚÑEZ ACOSTA

Desarrollada para cumplir con uno de los
requerimientos parciales para obtener
el grado de Maestro en Ingeniería

DIRECTOR DE TESIS
DR. LUIS FELIPE ROMERO DESSENS

CODIRECTOR
DR. JUAN MARTÍN PRECIADO RODRÍGUEZ

HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO.

DICIEMBRE 2015

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

RESUMEN

Este trabajo aborda la problemática presentada en el Banco de Alimentos de Hermosillo (BAH), el cual no cuenta con un sistema formal de toma de decisiones que permita elevar la eficiencia de la logística de recuperación y distribución de productos hortofrutícolas donados por agricultores de la zona costera de Hermosillo. El objetivo central fue definir las rutas de recolección de productos hortofrutícolas que son donados por agricultores de una región cercana a Hermosillo, mediante el desarrollo de un modelo de inferencia que formará parte de un sistema de soporte a la toma de decisiones (DSS) que brinde apoyo al responsable del BAH en la toma de decisiones.

Los DSS son sistemas informáticos que combinan los datos y la lógica de la decisión como una herramienta para ayudar a una toma de decisiones hecha por personas mediante la combinación de reglas y procedimientos de acción (un "motor de decisión, modelo de inferencia, etc.") que operan en particular con información dentro de una base de datos especificada. El modelo de inferencia puede agregar varios datos para hacer utilizable la información para la toma de decisiones, o puede buscar los datos para encontrar patrones significativos que también pueden ser útiles y encontrar la solución a un problema dado.

Se obtuvieron resultados favorables en la creación de un algoritmo capaz de brindar la ruta más corta entre los predios de la zona costera de Hermosillo, el cual se convirtió en un algoritmo computacional que pudiera ser más eficiente la gestión de datos y la presentación de estos. Con la creación de este modelo de inferencia, utilizando herramientas de investigación de operación, se podría mejorar la actual gestión de recursos del BAH y dar soporte a las actividades de logística.

Finalmente se validó este modelo de inferencia comparándolo con otro software, donde se obtuvieron resultados positivos. En el presente documento se presentan los pasos realizados desde la detección de la problemática, hasta la obtención de resultados, así como las propuestas de trabajos futuros.

ABSTRACT

This topic contains the problem presented to the Hermosillo Bank of food/consumables, the one organization that doesn't count with a formal response for the decision call that allows the Food bank of Hermosillo to improve the efficiency of the required logistics and distribution of the products that were donated by farmers all around the coast of the state. The main objective is to define the routes of recollection by the farmers that where donated to the Food bank and set up a role model of route inference that will be part of the support system of decisions that allows immediate assistance to the Food Bank.

This new role is a informatics system that combines data and logistics from the decisions made, as a tool that will create a better automatization of the decisions made by the Food Bank with several combinations of rules and procedures of action that operate in a particular standard database that the user will specify. This model of inference can freely change and adapt several pieces of data that can be used almost immediately for the decision role call or it can search a patron with a high profile of vulnerabilities, find the most common mistakes and fix them with the most stable solution to the problem that was presented.

With this new algorithm that brought several positive results all-around , it would bring the shortest and fastest route of action in conjunction with all the parties involved to find the most efficient task of action between the problems presented and the data gathered. With the creation of this new model now adapted as a diverse tool of operations we can do a better item management for the Food Bank of the city and at the same time bring the support it badly needed in some of its areas.

On the last course of action this new tool was analyzed and compared with another software, in which the results while varied brought better assets to the new tool we proposed. On the present document there is a step by step guide of the problems and how to fix them. From the initial results and to several ways that could prevent a future problem that could arise.

DEDICATORIAS

Este trabajo es dedicado en primer lugar a Dios y a mi Virgen María, que me permitieron empezar y terminar esta hermosa etapa de mi vida, y que inspiraron mi espíritu para la conclusión de esta tesis.

A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos, también dedico esta tesis a mi hermana bonita, a mi familia que sin su ayuda y amor nunca hubiera podido hacer esta tesis. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todos ellos hago esta dedicatoria.

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar un trabajo tan arduo y lleno de dificultades como el desarrollo de una tesis de maestría, es inevitable que te asalte un muy humano egocentrismo que te lleva a concentrar la mayor parte del mérito en el aporte que has hecho. Sin embargo, el análisis objetivo te muestra inmediatamente que la magnitud de ese aporte hubiese sido imposible sin la participación de personas que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue a un feliz término. Por ello, me da un enorme placer y orgullo utilizar este espacio para ser justo y consecuente con ellas, expresándoles mis agradecimientos.

Agradezco a Dios, el creador de todo, que siempre esta a mi lado dándome las bendiciones mas añoradas por el hombre, como la familia, la amistad, el amor y un sinfín de experiencias que me han llevado a ser el hombre que soy hoy en día, gracias por permitirme vivir para ver este logro realizado y alentar constantemente mi corazón para no rendirme nunca, no solo en este aspecto si no en cada etapa de mi vida.

Quiero Agradecer a mi fabulosa familia, a mis padres Rodolfo Y Elvira por su incondicional apoyo y comprensión, jamás tendré en mis manos lo suficiente para agradecerles el infinito amor que me han dado y la invaluable inspiración que me brindan al verlos esforzarse día con día por sacarnos adelante. También quiero Agradecer a mi hermosa hermana Ximena, quien es mi compañera, mi mejor amiga y por siempre mi pequeña Hermana, por su cariño y su sonrisa. A mi familia que sin ellos no seria la persona que soy hoy en día, los amo con todo mi corazón.

A Jessica Nohemí, por estar conmigo en los momentos difíciles y siempre tener palabras de aliento para mi, gracias por tu cariño, amor y compañía en esta etapa, por compartir día con día nuevas experiencias que nos forman como personas únicas en este mundo.

A mis compañeros, que hicieron de este viaje un inolvidable pasaje de mi vida, gracias a Elberth, Patricia, Javier y Ramón por su amistad en este tiempo, por su apoyo en mi trabajo. Gracias a mi muy buena amiga Patricia, por darte siempre el

tiempo para apoyarme y resolver las miles de dudas que surgieron, esta tesis tiene la calidad que tiene gracias a tus enseñanzas.

Agradezco al Dr. Luis Felipe Romero y al Dr. Martin Preciado, por aceptarme en esta investigación, por su apoyo, tiempo y su constante guía. Sus enseñanzas son muy valiosas para mí. También a todos los Profesores que conocí en el transcurso de mis estudios durante estos dos años, quienes brindan la gran calidad que tiene Maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Posgrado de Fortalecimiento de la Calidad en Instituciones Educativas (PROFOCIE) por su apoyo económico, sin el cual no hubiera podido lograr esta meta.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
DEDICATORIAS	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Presentación	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.2.1. Descripción del problema	2
1.2.2. Formulación o enunciado del problema	2
1.2.3. Delimitaciones o alcance del problema.....	2
1.3. Objetivo general	3
1.4. Objetivos específicos	3
1.5. Hipótesis	3
1.6. Alcances y delimitaciones	4
1.7. Justificación.....	4
2. MARCO DE REFERENCIA	6
2.1. La Toma de Decisiones.....	6
2.1.1. ¿Qué es la toma de decisiones?.....	6
2.1.2. Importancia y aspectos involucrados en el proceso de toma de decisiones	6
2.1.3. Ambigüedad en la toma de decisiones	8
2.1.4. Fases de la toma de decisiones	8
2.1.5. Ciclo de la información – Decisión – Acción.	9
2.1.6. La toma de decisiones y las tecnologías de información	10
2.1.7. Perfil de las pequeñas y medianas empresas.....	11
2.2. Sistemas de información	11
2.2.1. ¿Qué es un sistema de información?	11
2.2.2. Importancia de los sistemas de información	12

2.2.3.	Elementos de los Sistemas de información	13
2.2.4.	Objetivos de los sistemas de información	13
2.2.5.	Capacidades del Sistema de información para el cumplimiento de los objetivos	14
2.2.6.	Metodología para el desarrollo de un sistema de información	15
2.2.7.	Tipos de sistemas de Información	15
2.3.	Sistemas de soporte para la toma de decisiones (DSS)	17
2.3.1.	Inicio de los DSS	17
2.3.2.	Características de los DSS	18
2.3.3.	Desarrollo de los DSS a lo largo del tiempo.....	20
2.3.4.	¿Qué es un DSS?	20
2.3.5.	Diferencias entre los DSS y los Sistemas de Soporte gerencial	22
2.3.6.	Componentes de un DSS	22
2.3.7.	Ventajas de los DSS en la Producción y Transporte de frutos	24
2.3.8.	Modelo de inferencia	24
2.3.9.	Procedimiento para la realización de un modelo matemático	25
2.3.10.	Modelos Heurísticos	27
2.3.11.	Tipos de Modelos Basados en la programación lineal	27
2.3.12.	Problema del Agente viajero.....	29
2.3.13.	¿Qué es el TSP?	30
2.3.14.	Elementos del TSP.....	31
2.3.15.	Construcción del Modelo	31
2.3.16.	Algoritmo para la resolución del TSP	33
2.3.17.	Estudios similares.....	34
3.	METODOLOGÍA.....	36
3.1.	Desarrollo de la Metodología.....	36
3.1.1.	Propósito	38
3.1.2.	Caracterizar el Sistema	38
3.1.3.	Identificar elementos del sistema y las relaciones lógico-matemáticas	38
3.1.4.	Recolección y análisis de datos.....	38
3.1.5.	Construcción del modelo	39
3.1.6.	Validación.....	42

3.1.7. Documentación y sugerencias del modelo.....	43
4. IMPLEMENTACIÓN	44
4.1. Propósito	44
4.2. Caracterizar el sistema.....	44
4.3. Identificar los elementos del sistema y su relación lógico-matemática.....	46
4.4. Recolección y análisis de datos.....	50
4.4.1. Construcción de la Matriz de distancias.....	50
4.5. Solución Manual: Problema del Agente Viajero.....	51
4.5.1. Solución Computacional: Problema del Agente Viajero	55
4.5.2. Código del Algoritmo Computacional	56
4.6. Validación.....	57
4.7. Documentación y sugerencias del modelo	61
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	64
5.1. Recomendaciones.....	66
5.2. Trabajos futuros	66
6. REFERENCIAS	67
7. Anexos	72
7.1. Código del algoritmo computacional.....	75
7.2. Evidencia de la Validación.....	79
7.3. Corridas de prueba utilizadas durante la Validación	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Total de Campos distribuidos en la zona centro del estado de sonora ..	3
Figura 1.2 Campos seleccionados para el estudio	4
Figura 2.1 Ciclo de la Información – Decisión – Acción (Claver et al., 2000)	10
Figura 2.2 Sistemas de información de la organización (Trasobares, 2003)	14
Figura 2.3 Tipos de sistemas de información (Kenneth et al., 2005).	17
Figura 2.4 Tipo de problemas: Estructurados, semiestructurados y no estructurados (Morton, 1971)	18
Figura 2.5 Esquema de un Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones (Kenneth y Julie, 2005).....	21
Figura 2.6 Componentes de un Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones (Oliver, 2008)	23
Figura 2.7 Etapas del Modelaje Matemático (Berry y O’shea, 1987).....	26
Figura 2.8 Representación del juego de Hamilton (Escobar et al., 2011)	31
Figura 2.9 modelo TSP de ejemplo de 5 ciudades (Hamdy, 2011).....	33
Figura 2.10 Algoritmo del vecino más cercano (Arellano y García, 2012)	34
Figura 3.1 Diagrama de Metodología propuesta (García et al., 2006)	37
Figura 3.2 Ejemplo de la Ruta más corta utilizando el modelo TSP	40
Figura 4.1 Posibles problemas que causen defectos en la calidad por los cuales no se comercializan los productos	45
Figura 4.2 Elementos del sistema y su interacción.....	46
Figura 4.3 Ejemplificación de la recolección en distintos puntos	47
Figura 4.4 Modelo conceptual, de la secuencia lógica de recolección.....	48
Figura 4.5 Modelo conceptual de los elementos del sistema (relación lógica).....	49
Figura 4.6 Campos seleccionados para el estudio	51
Figura 4.7 obtenido mediante el Algoritmo computacional desarrollado en esta investigación	56
Figura 4.8 Resultado obtenido mediante el Algoritmo computacional, arrojado en archivo de Excel.....	57
Figura 4.9 Grafica de Comparación Rstudio – WinQsb, Todos los métodos	61
Figura 7.1 Grafica de Comparación Rstudio – WinQsb, Todos los métodos	72

Figura 7.2 Matriz de distancias de 26x26	73
Figura 7.3 Resultado de la simulación mediante el Modelo de inferencia computacional.....	74
Figura 7.4 Resultado de la simulación mediante el Modelo de inferencia computacional, arrojado por el sistema en formato de Excel.CSV	75
Figura 7.5 Grafica de normalidad Rstudio – Vecino más cercano	79
Figura 7.6 Grafica de normalidad WinQsb – Inserción más barata.....	80
Figura 7.7 Grafica de normalidad WinQsb – Mejora de intercambio bidireccional	80
Figura 7.8 Grafica de normalidad WinQsb – Ramificación y enlace	81
Figura 7.9 Grafica de comparación Rstudio-WinQsb.....	82
Figura 7.10 Grafica de comparación Rstudio – WinQsb.....	83
Figura 7.11 Grafica de comparación Rstudio – WinQsb.....	84
Figura 7.12 Grafica de comparación Rstudio – WinQsb.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Matriz de distancias entre Hermosillo y los predios expresada en KM..	51
Tabla 4.2 Primer paso en la resolución del problema	52
Tabla 4.3 Segundo paso en la resolución del problema	52
Tabla 4.4 Tercer paso en la resolución del problema	53
Tabla 4.5 Cuarto paso en la resolución del problema.....	53
Tabla 4.6 Quinto paso en la resolución del problema	53
Tabla 4.7 Sexto paso en la resolución del problema	54
Tabla 4.8 Matriz R que contiene el recorrido y distancias.	55
Tabla 4.9 Resultados de Corridas	58
Tabla 4.10 Estadística descriptiva de cada método	60
Tabla 4.11 Resumen de ANOVAS para cada método.....	60

1. INTRODUCCIÓN

A continuación se presenta una breve introducción y descripción acerca de la investigación que se desarrolla.

1.1. Presentación

A lo largo de los últimos años los Sistemas de soporte a la toma de decisión (por sus siglas en inglés DSS) han sido muy usados en las empresas ya que pueden ser aplicados en una amplia gama de actividades administrativas en gran parte del mundo. Los DSS son una herramienta muy provechosa para mejorar la toma de decisiones para los ejecutivos o gerentes, dándoles a estos últimos el apoyo y la ventaja de evaluar diferentes alternativas y brindarles la libertad a las personas de que seleccionen la mejor acción a realizar. Esta investigación es realizada en el Banco de alimentos de Hermosillo (BAH), donde actualmente la toma de decisiones se percibe de manera limitada en las actividades de recolección y distribución de productos hortofrutícolas, que es provocada por la falta de un procedimiento establecido que este restringiendo los posibles resultados deseados, lo que conlleva un aumento en costos y disminución en calidad de los productos Hortofrutícolas, los cuales por una parte son perecederos, y por el otro lado tienen que llegar a personas con bajos recursos de la localidad en el menor tiempo posible. El propósito de este proyecto de investigación es desarrollar un modelo de inferencia para el DSS orientado a apoyar dichos procesos. Estos modelos de inferencia son los mecanismos que tiene el personal encargado para encontrar la solución a un problema dado. Se espera que en esta investigación mejore el rendimiento de operaciones de logística del banco de alimentos de Hermosillo (BAH), que tendrá un impacto importante en la ayuda a personas con recursos limitados.

1.2. Planteamiento del problema

A continuación se realizara una descripción de la problemática que se pretende subsanar y que actualmente se presenta en el BAH

1.2.1. Descripción del problema

El BAH no cuenta con un sistema formal de toma de decisiones que apoye la logística en la recolección y distribución de productos post cosecha donados por los agricultores de los municipios cercanos a la ciudad de Hermosillo, los cuales tienen un tiempo de vida corto para poder ser consumibles por los usuarios, por lo que se necesita tener un sistema capaz de elevar la eficiencia de la recuperación y distribución de productos, donde se busque minimizar pérdidas y costos.

1.2.2. Formulación o enunciado del problema

El proceso actual de la toma de decisiones del BAH se ve limitado por qué no se cuenta con una estructura formal en su proceso logístico que trae consigo que la eficiencia de la recuperación y distribución de productos post cosecha se vea afectado y provoca que no se recolecten las cantidades optimas de productos donados por agricultores que son distribuidos a personas en condiciones de pobreza que radican en el municipio de Hermosillo.

1.2.3. Delimitaciones o alcance del problema

El problema tiene como alcance en este proyecto su aplicación en la zona centro del estado de Sonora como se puede apreciar en la figura 1.1.



Figura 1.1 Total de Campos distribuidos en la zona centro del estado de sonora (Google Earth)

1.3. Objetivo general

Definir rutas de recolección de productos Hortofrutícolas que son donados por agricultores de una región cercana a Hermosillo, mediante el desarrollo de un modelo de inferencia que formará parte de un DSS que brinde apoyo al responsable del BAH en la toma de decisiones para las operaciones logísticas, lo que permitirá tener recorridos con distancias más cortas.

1.4. Objetivos específicos

- Identificar elementos e interacciones que conforman el sistema de apoyo a la toma de decisiones del BAH
- Desarrollar y validar un modelo lógico-matemático que exprese la relación de los elementos que conforman el sistema.
- Generar recomendaciones para el manejo del DSS.

1.5. Hipótesis

El desarrollo de un modelo de inferencia para un DSS brindará apoyo al tomador de decisiones del BAH en las operaciones de logística de recuperación y

distribución de productos hortofrutícolas que han sido donados por agricultores de la región cercana a Hermosillo.

1.6. Alcances y delimitaciones

En esta investigación se contempla trabajar con la geolocalización de los campos donadores en la costa de Hermosillo y el BAH, con el propósito de identificar las rutas más eficientes utilizando los caminos disponibles para poder llegar a los distintos puntos de recolección y distribución.

Este proyecto se centra en desarrollar el modelo de inferencia con el cual trabajará el DSS, mismo que permitirá realizar simulaciones que provea los resultados de los análisis requeridos tomando en cuenta una muestra del total de los campos especificados en la figura 1.2. Este modelo será uno de los modulos del DSS, que el CIAD entregará al BAH ya que el sistema esté completado para su apoyo.



Figura 1.2 Campos seleccionados para el estudio

1.7. Justificación

Al realizar el proyecto se espera lograr tener un sistema de soporte a la toma de decisiones que eficiente la logística de las rutas de transportación del alimento, tomando en cuenta diferentes criterios de decisión.

La importancia radica en que BAH contará con una mejor y efectiva estrategia de recolección y distribución de sus distintos productos de ayuda alimentaria a niños, ancianos, enfermo, personas con discapacidad y jóvenes en proceso de

rehabilitación, en donde dichos productos tienen un tiempo límite para poder consumirse antes de pasar a un estado de no consumo.

Los beneficios que se podrán obtener del proyecto son los siguientes:

- Elevar el padrón de beneficiarios del BAH
- Elevar la calidad de ayuda alimentaria
- Reducción de pérdidas de alimentos
- Ahorro de tiempo
- Mayor organización en las rutas
- Ahorro de recursos económicos.

A continuación se brinda un breve resumen que explica el contenido del trabajo por secciones. En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico que contiene toda la búsqueda de información. En el tercer capítulo se establece la metodología que se siguió para la obtención de los resultados. En el cuarto capítulo se habla de la implementación y el análisis de los resultados, como capítulos finales tenemos las conclusiones, las referencias y los anexos.

2. MARCO DE REFERENCIA

El objetivo primordial de este apartado es adentrarse en los conceptos de toma de decisiones y los sistemas de información; además es importante conocer las características de los Sistemas de Soporte de Decisiones (DSS), analizar el modelo de inferencia en el que se basan los DSS y establecer el estado del arte de cómo se han abordado en la literatura soluciones a esta problemática para establecer una referencia a la propuesta de esta investigación o trabajo.

2.1. La Toma de Decisiones

2.1.1. ¿Qué es la toma de decisiones?

Según Tran et. al. (2010) la toma de decisiones es el proceso de análisis y selección entre diversas alternativas, para determinar un curso a seguir, es fundamental para el organismo y su conducta, también suministra los medios para el control y permite la coherencia en los sistemas.

Sapulete et al. (2014) hacen un análisis de la literatura sobre la toma de decisiones y asumen que las personas son racionalmente limitadas, aunque pueden esforzarse para tomar excelentes decisiones. Una forma de hacer esto es considerar los diferentes puntos de vista y análisis de la información con cuidado. Esta información puede provenir de personas con intereses similares, sin embargo, el análisis de información de personas con intereses en conflicto también puede conducir a mejores decisiones.

2.1.2. Importancia y aspectos involucrados en el proceso de toma de decisiones

En la actualidad, las decisiones se configuran como un elemento constitutivo de ventaja competitiva en la sociedad del conocimiento, esto debido a que el pronóstico de un proyecto exitoso y el enfoque de una decisión efectiva pueden, por tanto, facilitar y apoyar la toma de decisiones; por esta razón se puede establecer que la creación de valor estratégico en las organizaciones se produce

en los procesos de toma de decisiones estratégicas (Rodríguez-Ponce et al., 2013).

También los mismos autores explican la importancia de analizar cada uno de los aspectos involucrados en el proceso de toma de decisiones y que finalmente tienen un impacto sobre la eficacia de las organizaciones:

Eficacia organizativa y la Calidad de las decisiones: puede ser entendida como el grado por el cual una organización logra realizar sus objetivos estando determinada en gran medida por la calidad y rapidez de la inteligencia organizacional y la toma de decisiones, involucrando los factores que afectan la calidad de las decisiones.

Racionalidad: puede ser definida como una medida que refleja la intención de que cada elección sea la mejor opción para el logro de los objetivos específicos en una situación determinada.

Flexibilidad: se configura como el grado en el cual se exploran nuevas ideas o supuestos en el proceso de toma de decisiones, la cual es considerada como la clave de la innovación.

Conflicto: puede ser considerado como el catalizador que estimula la creación de nuevo conocimiento en los tomadores de decisiones, y existe cuando un grupo de personas discrepa sobre los contenidos de tareas incluyendo las diferencias en los puntos de vistas e ideas.

Por otro lado, Daymara (2005) explica que Quien toma una decisión debe identificar 3 aspectos importantes: todas las alternativas disponibles, pronosticar sus consecuencias y evaluarlas según los objetivos y metas trazadas. Para ello, se requiere: "En primer lugar, información actualizada sobre qué alternativas se encuentran disponibles en el presente o cuáles se deben considerar. En segundo lugar, se necesita información sobre el futuro: cuáles son las consecuencias de actuar según cada una de las diversas opciones. En tercer lugar, es indispensable la información sobre como pasar del presente al futuro: cuáles son los valores y las preferencias que se deben utilizar para seleccionar, entre las alternativas que, según los criterios establecidos, conducen del mejor modo a los resultados

deseados". Este procedimiento en muchas ocasiones, debido a la escasez de tiempo y recursos, es imposible aplicarlo en entornos tradicionales, por ello la necesidad de sistemas que posibiliten el análisis y la interpretación de la información disponible

Por otro lado, Guillemette et al. (2014) explican el término "la apertura del espíritu", mismo que se refiere al grado en que los tomadores de decisiones están abiertos a nuevas ideas y fuentes de información. Muchos encargados de la toma de decisiones suelen elegir las soluciones que les son más familiares, y no siempre exploran nuevas vías como parte de este proceso, mismo que permite a quienes toman las decisiones a elegir la alternativa correcta e ir más allá de sus limitaciones habituales. Existen investigaciones que relacionan la apertura del espíritu con la creatividad, definida como el uso de la imaginación y habilidades intelectuales para desarrollar una nueva línea de pensamiento. En general, dichos procesos están más inclinados a tomar decisiones que consideran todas las cuestiones, y por lo tanto hacen más eficaz la toma de decisiones.

2.1.3. Ambigüedad en la toma de decisiones

La toma de decisiones aumenta nuestra capacidad de observar teóricamente las relaciones y los resultados relevantes. La falta de acuerdos sobre los criterios para la calidad o el rendimiento del producto o la falta de entendimiento de las relaciones causa-efecto, por ejemplo, limitan el camino al éxito de cualquier empresa. En el sector productivo existe ambigüedad la cual crea múltiples interpretaciones posibles por parte de los actores directos y personas inmersas en cualquier proyecto, cuyas interpretaciones pueden variar, y esta ambigüedad representa grandes oportunidades estratégicas a atacar para prever futuras consecuencias (Petkovka et al., 2014).

2.1.4. Fases de la toma de decisiones

El enfoque clásico sobre el proceso de toma de decisiones es genérico y se centra en 4 fases (Paula-Ligia y Răzvan, 2012):

- a) Conocer el contexto y recoger información relevante sobre la decisión que nos ocupa;
- b) Diseñar un enfoque para resolver el problema y la construcción de varias alternativas de decisión;
- c) Evaluar, comparar y elegir según criterios previamente establecidos
- d) Aplicación de una de las alternativas.

La teoría de la decisión y el análisis se centran en diversos aspectos de la toma de decisiones, tales como sus fases generales, el cómo se generan alternativas de decisión y las estrategias que se pueden emplear en la elección de una de las alternativas.

Los autores Paula-Ligia y Răzvan (2012) analizaron el proceso de varios “tomadores de decisiones” que realizan la misma decisión y determinaron que había varias acciones comunes, pero también encontraron que hay una gran cantidad de acciones realizadas por sólo un sub-conjunto de los tomadores de decisiones. A esto mismo, los autores concluyeron que por lo general la secuencia de acciones es única para cada decisión. Por lo tanto, el proceso de toma de decisiones es difusa y rara vez se realiza de la misma manera por dos individuos.

2.1.5. Ciclo de la información – Decisión – Acción.

En la toma de cualquier decisión se necesita algún tipo de información, aunque sea muy escasa. Con la obtención de información se elaboran, sintetizan y almacenan datos sobre un determinado hecho. Esta información es útil antes de la toma de decisiones, pero también enriquece la solución final si se incorpora paulatinamente durante todo el proceso. Por supuesto, a más información, más garantía de éxito en la toma de decisiones, pero hay que tener en cuenta la relación directa entre la información, su coste y el tiempo de recopilación, resumen, etc. (Claver et al., 2000).

La información es el principio y el fin del ciclo Información-Decisión-Acción; Con información podemos tomar una decisión, que impulsa a la implementación de una acción. Esta acción genera nueva información con la que se retroalimenta el

proceso y se vuelve a iniciar la necesidad de tomar nuevas decisiones, que se ve ejemplificado en la figura 2.1.

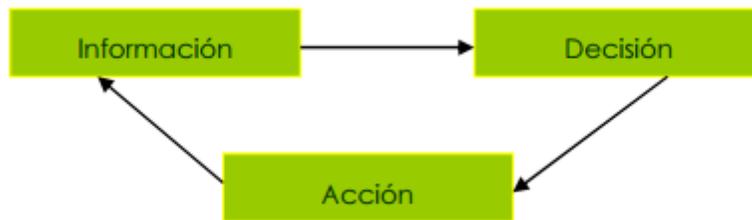


Figura 2.1 Ciclo de la Información - Decisión - Acción (Claver et al., 2000)

De este modo, la toma de decisiones es el proceso que facilita la conversión de la información en acción.

2.1.6. La toma de decisiones y las tecnologías de información

La información es vital para el proceso de toma de decisiones, tanto gerenciales como operativas, siendo estas más acertadas cuando se apoyan en fuentes de información que permitan reducir la incertidumbre y los riesgos empresariales.

En tal sentido, las tecnologías de información resultan una herramienta invaluable para recopilar, procesar, transmitir y almacenar datos, junto con sus principales componentes, hardware, software, base de datos y telecomunicaciones han propiciado transformaciones organizacionales en la manera de comprar y vender, en la forma de producir e incluso en la manera de comunicarse, facilitando y mejorando el acceso a la información; desencadenando cambios estructurales en las organizaciones, los cuales apuntan principalmente hacia la reducción de niveles jerárquicos y con ello a mejorar la eficiencia, eficacia y efectividad (Romero y Escalona, 2010).

Las Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) se han convertido en un catalizador de los procesos organizacionales, sin lugar a dudas se constituyen en herramientas de apoyo a la gestión empresarial, apalancando la construcción de estrategias orientadas a la competitividad y la innovación, generando así sostenibilidad para la organización y la sociedad. Aun así, la

incorporación de las TIC Al ámbito de la empresa es un proceso complejo, pues involucra multiplicidad de dimensiones (Galv3ez et al., 2014).

2.1.7. Perfil de las peque1as y medianas empresas

Los autores Montoya y Cobi1an (1999) explican que la peque1a y mediana empresa se caracteriza, en t3rminos generales, por:

- Su toma de decisiones es centralizada y la ejecutan los jefes de 1rea, siendo responsables de los resultados obtenidos.
- Un bajo nivel tecnol3gico
- Estructuras organizativas poco diferenciadas funcionalmente,
- Escasez de personal t3cnico y administrativo altamente calificado
- Dificultades financieras agudas
- Ausencia de planes a largo plazo
- Incapacidad de desarrollo de proyectos de mercado
- Bajo nivel de formalizaci3n y estructuraci3n de actividades

Por lo que existe una necesidad de incorporaci3n de nuevas tecnolog3as y el concepto de toma de decisiones constituye, en la actualidad, un proceso m1s relevante que en el pasado, y deber3a ser m1s tomada en cuenta, debido a que se erige como una de las acciones fundamentales para enfrentar la competitividad creciente y modernizar a la peque1a y mediana empresa.

2.2. Sistemas de informaci3n

A continuaci3n se presenta la informaci3n referente a los sistemas de informaci3n, sus caracter3sticas e importancia.

2.2.1. 1Qu3 es un sistema de informaci3n?

Los sistemas de informaci3n son un conjunto de elementos que interact3an entre s3 con el fin de apoyar las actividades de una empresa o negocio, y este mismo realiza cuatro actividades b1sicas: entrada, almacenamiento, procesamiento y salida de informaci3n. Durante a1os, la funci3n de la inform1tica dentro de las empresas se ha considerado por la alta administraci3n como la de una

herramienta para apoyar las funciones operativas. La perspectiva actual y futura tiende a cambiar radicalmente este enfoque, ya que ahora los sistemas de información son vistos además como áreas de oportunidad para lograr ventajas en el terreno de los negocios, ya que estos pueden representar un diferencial o valor agregado con respecto a los competidores (Cohen & Asín, 2000).

Otra definición atribuida por Tramullas (1997) dice que el sistema de información tiene la misión de memorizar y de producir información, y ponerla a disposición de la organización. Cualquier tipo de sistema de información se crea para adquirir, almacenar, organizar y recuperar información; también comenta que es conformado por un conjunto de procedimientos organizados que cuando se ejecutan, proporcionan información para la toma de decisiones y/o el control de la organización.

2.2.2. Importancia de los sistemas de información

La necesidad de información para sustentar la toma de decisiones es cada vez más grande. Sin embargo, la utilidad real de la información depende del uso concreto que finalmente hagan de ella aquellos que deciden usarla para confeccionar políticas y tomar decisiones. Un sistema de información competente no basta por sí solo, debe de ir acompañado de una cultura adecuada de generación, procesamiento y utilización de la información, es por esto que surge la necesidad de un mejoramiento en la prestación de servicios y reducción de costos derivados de la facilidad de acceso a la información por parte de los profesionales (Bernal et al., 2011).

Actualmente, según Gómez y Guerrero (2012) el auge en el desarrollo de los sistemas de información ha generado mayor crecimiento y competitividad en las organizaciones al apoyar los procesos de negocio, las actividades de procesamiento de la información y las actividades de administración, lo que abre un sinnúmero de posibilidades para ampliar las relaciones entre clientes, proveedores y empleados, y posibilitar la rapidez en las respuestas a los cambios del entorno.

2.2.3. Elementos de los Sistemas de información

Los sistemas de información permiten, entre otros aspectos, proporcionar información y Anticipar problemas, homogeneizar y validar datos, además de entresacar la información relevante para los altos niveles directivos. Shinsuke et al. (2011) Señala que los sistemas de información se componen de los siguientes elementos:

- La información: conjunto de datos estructurados según los mensajes a comunicar.
- Los beneficiarios de la información: los miembros de la organización y agentes relacionados con ella.
- Los elementos de soporte: Proceso de tratamiento de información, sistemas de análisis de datos, procedimientos de comunicación o difusores de información y soportes de información.

2.2.4. Objetivos de los sistemas de información

Todo sistema de información posee objetivos principales, los cuales Trasobares (2003) resume a continuación:

- Apoyar los objetivos y estrategias de la empresa: el sistema de información ha de suministrar a la organización toda la información necesaria para su correcto funcionamiento. La información manejada abarcará desde la actividad rutinaria de la empresa hasta aquella necesaria para el proceso de planificación a largo plazo de la empresa.
- Proporcionar información para el control de la totalidad de actividades de la empresa, pudiendo comprobar el cumplimiento de las metas establecidas por la organización. Los sistemas de información abarcan a todos los departamentos de la empresa y a la gestión global de la organización.
- Adaptar las necesidades de información a la evolución de la empresa: conforme la empresa va creciendo y desarrollándose, surgen nuevas necesidades de información que han de ser satisfechas por el sistema de información, evolucionando y adecuándose a las nuevas circunstancias del entorno.

- Interactuar con los diferentes agentes de la organización, permitiendo que estos empleen el sistema de información para satisfacer sus necesidades de un modo rápido y eficaz. La interactividad y flexibilidad de los sistemas de información constituyen un punto clave en el éxito o fracaso.

El autor continua explicando que para la realización de dichos objetivos, un buen sistema de información ha de ser capaz recibir y procesar los datos del modo más eficaz y sin errores, suministrar los datos en el momento preciso, evaluar la calidad de los datos de entrada, eliminar la información poco útil evitando redundancias, almacenar los datos de modo que estén disponibles cuando el usuario lo crea conveniente, proporcionar seguridad evitando la pérdida de información o la intrusión de personal no autorizado o agentes externo a la compañía y generar información de salida útil para los usuarios de sistemas de información, ayudando en el proceso de toma de decisiones (figura 2.2).

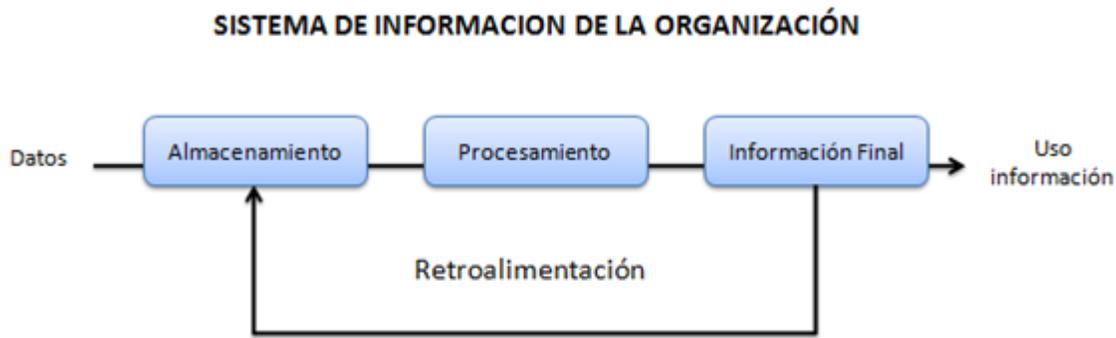


Figura 2.2 *Sistemas de información de la organización (Trasobares, 2003)*

2.2.5. Capacidades del Sistema de información para el cumplimiento de los objetivos

Los autores Sánchez et al. (2011) mencionan que el objetivo del sistema de información y de sus componentes, es la gestión de información de todo tipo; por ello, busca facilitar el desempeño de las actividades administrativas, de gestión y de producción en todos los niveles de la organización, lo que realiza suministrando la información adecuada, con la calidad adecuada, a la persona adecuada, en el

momento y lugar oportunos, y con el formato preciso para que su uso sea correcto. Para alcanzar los objetivos previstos, el sistema debe ser capaz de desempeñar las siguientes funciones:

- Recolección de datos de entrada.
- Evaluación de calidad y relevancia de los datos.
- Manipulación o proceso de los datos.
- Almacenamiento de la información.
- Distribución de la información.

2.2.6. Metodología para el desarrollo de un sistema de información

El diseño y desarrollo de sistemas de información comúnmente sigue una metodología genérica, un enfoque para organizar, dirigir y realizar las actividades del ciclo de vida de un sistema de información propuesto por Tramullas (1996):

- Planificación preliminar: analizar el problema de información en el contexto organizativo, definir los objetivos del sistema y organizar el proyecto y equipo de trabajo.
- Fase de diseño preliminar: encontrar una solución a los problemas de información, mediante la recolección de datos, la definición de necesidades y medios, el análisis de diseños alternativos y la selección del diseño definitivo.
- Fase de desarrollo: diseño de los elementos del sistema, entradas, salidas, procesos, controles, archivos y ficheros.
- Fase de instalación y desempeño: puesta en marcha y desempeño del sistema.

2.2.7. Tipos de sistemas de Información

Los sistemas de información se desarrollan con diversos propósitos, según las necesidades de la empresa (Kenneth et al., 2005), ejemplificados en la figura 2.3.

- Los sistemas de procesamiento de transacciones (TPS, transaction processing systems) funcionan al nivel operativo de una organización.

- Los sistemas de automatización de oficina (OAS, office automation systems) y los sistemas de trabajo del conocimiento (KWS, knowledge work systems) apoyan el trabajo al nivel del conocimiento.
- Los sistemas de información gerencial (MIS, management information system) y los sistemas de apoyo a la toma de decisiones (DSS, Decision support systems) constituyen una clase de alto nivel de sistemas de información computarizada.
- Los sistemas expertos aplican el conocimiento de los encargados de la toma de decisiones para solucionar problemas estructurados específicos.
- Los sistemas de apoyo a ejecutivos (ESS, executive support systems) se encuentran en el nivel estratégico de la administración.
- Los sistemas de apoyo a la toma de decisiones en grupo (GDSS, group decision support system) y los sistemas de trabajo corporativo apoyado por computadora (CSCWS, computer-supported collaborative work systems), descritos de manera general, auxilian la toma de decisiones semiestructuradas o no estructuradas a nivel de grupo.

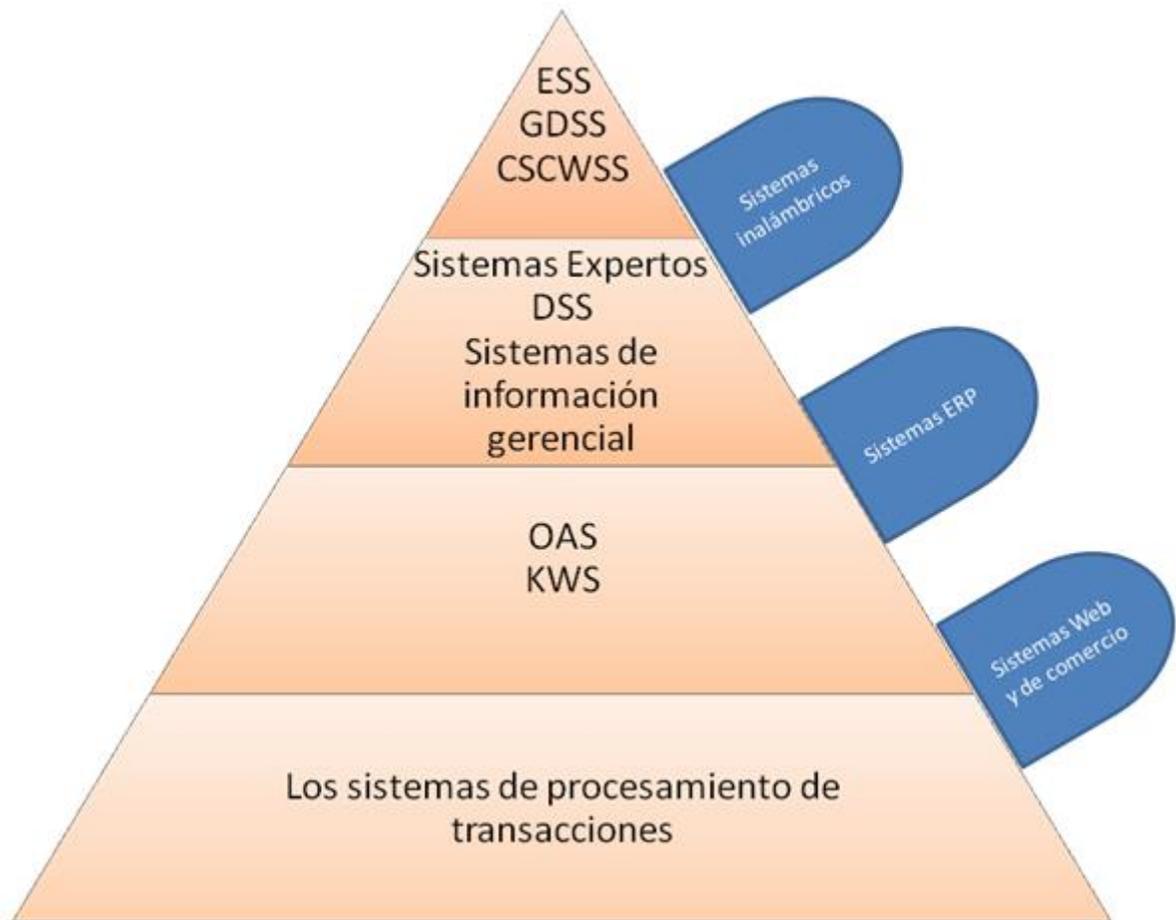


Figura 2.3 Tipos de sistemas de información (Kenneth et al., 2005).

2.3. Sistemas de soporte para la toma de decisiones (DSS)

El siguiente apartado, se describirá lo que es un DSS, sus elementos y otras características importantes para entender este concepto.

2.3.1. Inicio de los DSS

La investigación en el campo de los sistemas de soporte a la toma de decisiones se inició a principios de los 70, primero bajo el término "sistema de apoyo a las decisiones de gestión." y, posteriormente, bajo el nombre de "sistemas de apoyo a la toma de decisiones".

Algunas empresas y algunos estudiosos comenzaron a investigar y desarrollar distintos tipos de DSS, que se han caracterizado por ser sistemas tomadores de

decisiones interactivos que ayudan a utilizar los datos y modelos para resolver problemas no estructurados y semi-estructurados (figura 2.4). Morton (1971) establece que los DSS son herramientas que:

- Ayudan a los administradores en sus procesos de toma de decisiones de tareas semiestructurada o no estructuradas.
- Apoyar, en lugar de reemplazar (criterio gerencial).
- Mejorar la eficacia de la toma de decisiones.

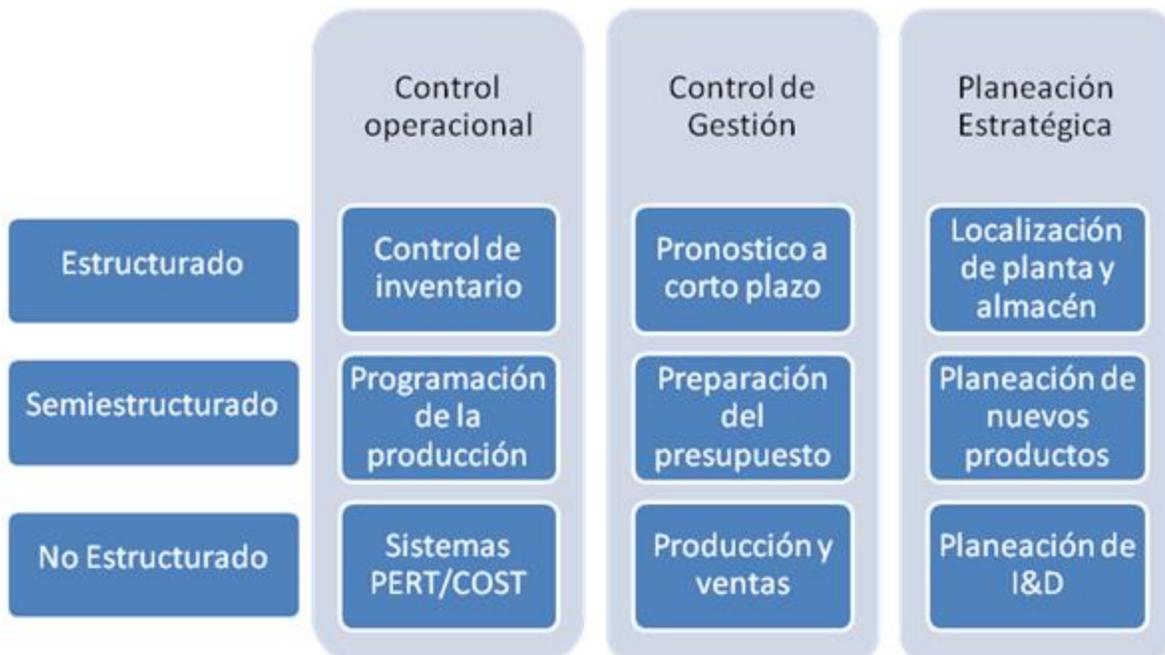


Figura 2.4 Tipo de problemas: Estructurados, semiestructurados y no estructurados (Morton, 1971)

2.3.2. Características de los DSS

Estas herramientas se han hecho más prácticas por un rápido avance en la tecnología informática que permite acceso de bajo costo a los modelos, sistemas y bases de datos mediante el uso de terminales interactivas y ordenadores personales. Según Closs y Helferich (1982) se pueden identificar las siguientes características de los DSS:

- Tienden a estar dirigidas a los problemas menos estructurados y no especificados que los administradores de nivel superior suelen enfrentar

- Intentan combinar el uso de modelos de análisis con acceso de datos tradicionales y funciones de recuperación de datos
- Se enfatiza la flexibilidad y capacidad de adaptación para dar cabida a los cambios en el medio ambiente y el enfoque de la toma de decisiones.

Complementando las características mencionadas anteriormente, los autores Cohen y Asin (2000) también aportan varias características que deben estar presentes en un sistema para poder considerarlo un DSS. A continuación se explican brevemente algunas de ellas:

- Interactividad: sistema computacional que puede interactuar en forma amigable y con respuestas a tiempo real con el encargado de tomar decisiones.
- Tipo de decisiones: apoya el proceso de toma de decisiones estructuradas y no estructuradas.
- Frecuencia de uso: tiene una utilización frecuente por parte de la administración media y alta para el desempeño de su función
- Variedad de usuarios: puede ser empleado por usuarios de diferentes áreas funcionales como ventas, producción, administración, finanzas y recursos humanos.
- Flexibilidad: permite acoplarse a una variedad determinada de estilos administrativos autocráticos, participativos, etc.
- Desarrollo: permite interactuar con información externa como parte de los modelos de decisión.
- Interacción ambiental: permite interactuar con información externa como parte de los modelos de decisión.
- Comunicación inter organizacional. Facilita la comunicación de información relevante de los niveles altos hacia los niveles operativos y viceversa, a través de gráficas.
- Acceso a base de datos: tiene capacidad de obtener información de las bases de datos corporativas.
- Simplicidad: simple y fácil de aprender y utilizar por el usuario final.

2.3.3. Desarrollo de los DSS a lo largo del tiempo

Al principio esta área se desarrollaba lentamente, pero tiempo después algunos aspectos permitieron su crecimiento y popularización en el mundo, esto se debe principalmente a las siguientes razones (Ghiaseddin, 1987):

- La gerencia se está dando cuenta de que las mejores decisiones significan más ganancias, e incluso una pequeña mejora en la toma de decisiones a veces añade un valor considerable a los resultados finales de la decisión.
- Rápidos avances tecnológicos en microelectrónica, que han resultado en la reducción drástica de los costes de hardware y capacidades de procesamiento más rápidas, ha hecho posible usar las computadoras para actividades de resolución de problemas semi-estructurados y no estructurados.
- Debido a los avances en la gestión y las Ciencias relacionadas con la informática, se ha hecho posible producir modelos más analíticos para apoyar las actividades de toma de decisiones empresarial.
- Los sistemas de apoyo a la toma de decisiones han demostrado que aumentan la efectividad y productividad de la administración.

2.3.4. ¿Qué es un DSS?

Los sistemas de soporte de decisiones (DSS) son sistemas informáticos que combinan los datos y la lógica de la decisión como una herramienta para ayudar a una toma de decisiones hecha por personas. Por lo general, incluye una interfaz de usuario para la comunicación con el encargado de tomar decisiones. Un DSS en realidad no toma una decisión, sino que ayuda a la toma de decisiones humana mediante el análisis de datos y la presentación de la información procesada en una forma que es amigable con el encargado, que puede ser ejemplificado en la figura 2.5.

Los DSS son típicamente combinación de conjuntos de reglas y procedimientos de decisión (un "motor de decisión, modelo de inferencia, etc.") que operan en particular con información dentro de una base de datos especificada. Los datos son procesados y dispuestos de tal manera que sea accesible para el motor de

decisión. El motor de decisión puede agregar varios datos para hacer utilizable la información para la toma de decisiones, o puede buscar los datos para encontrar patrones significativos que también pueden ser útiles (Kenneth y Julie, 2005).

Por otro lado Azadeh et al. (2013) explican que los DSS pueden ser usados como una táctica de planeación para evaluar la eficiencia y el desempeño basada en la toma de decisiones, en donde el principal objetivo de estos sistemas es ayudar a los responsables de tomar decisiones a hacer buenas elecciones cuando se trabaja con situaciones complejas.

Cohen y Asín (2000) mencionan que la finalidad de los DSS es apoyar la toma de decisiones mediante la generación y evaluación sistemática de diferentes alternativas o escenarios de decisión mediante el empleo de modelos y herramientas computacionales con el propósito de facilitar el proceso de selección a través de la estimación de costos y beneficios que resultan de cada alternativa.

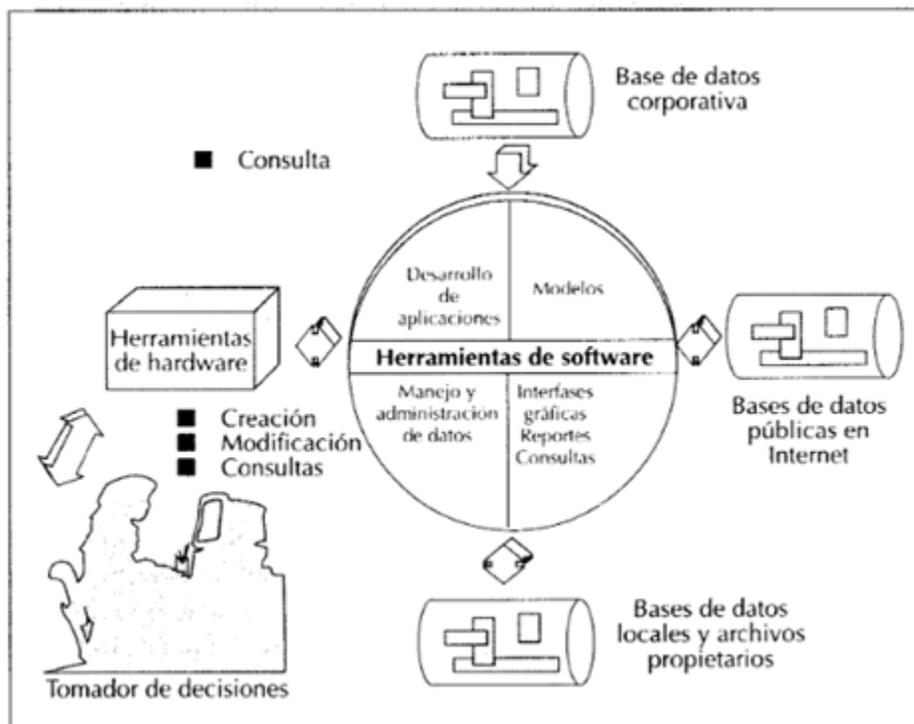


Figura 2.5 Esquema de un Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones (Kenneth y Julie, 2005)

2.3.5. Diferencias entre los DSS y los Sistemas de Soporte gerencial

Para obtener una definición formal, el concepto de sistema de soporte a la toma de decisiones es un verdadero reto, este término es usado por numerosos autores, y en la revisión de literatura por lo general se hace un énfasis en las diferencias entre un DSS y un Sistema de soporte gerencial (MIS), en donde el primero constituye una clase de alto nivel de sistemas de información computarizada.

Los DSS coinciden con los sistemas gerenciales en que ambos dependen de una base de datos para abastecerse de los mismos. Sin embargo, difieren en que los DSS ponen énfasis en el apoyo a la toma de decisiones en todas sus fases, aunque la decisión definitiva es responsabilidad exclusiva del encargado de tomarla, por lo que los DSS se ajustan más al gusto de las personas o grupo que los utiliza que a los sistemas de información gerencial tradicionales. En ocasiones se hace referencia a ellos como sistemas que se enfocan en la inteligencia de negocios (Kenneth y Julie, 2005).

2.3.6. Componentes de un DSS

Aunque los DSS son variados y complejos en general cuentan con los siguientes componentes tecnológicos (Oliver, 2008):

- Módulo de Administración del conocimiento
 - Integra el conocimiento de la organización a partir de los datos proveídos por el Administrador de Datos
- Modulo Administrador de Datos
 - Se encarga de realizar las acciones de ETML a partir de las Bases de datos externas o internas de la organización para alimentar al repositorio de datos del DSS que proveerá de información al Administrador de conocimiento.
- Modulo Administrador del Modelo

- Se encarga de generar los diversos modelos que permitirán realizar simulaciones que provean los resultados de los análisis requeridos
- Modulo Administrador de Diálogo
 - Gestiona la comunicación entre los Módulos anteriores y de la Interface amigable hacia el usuario

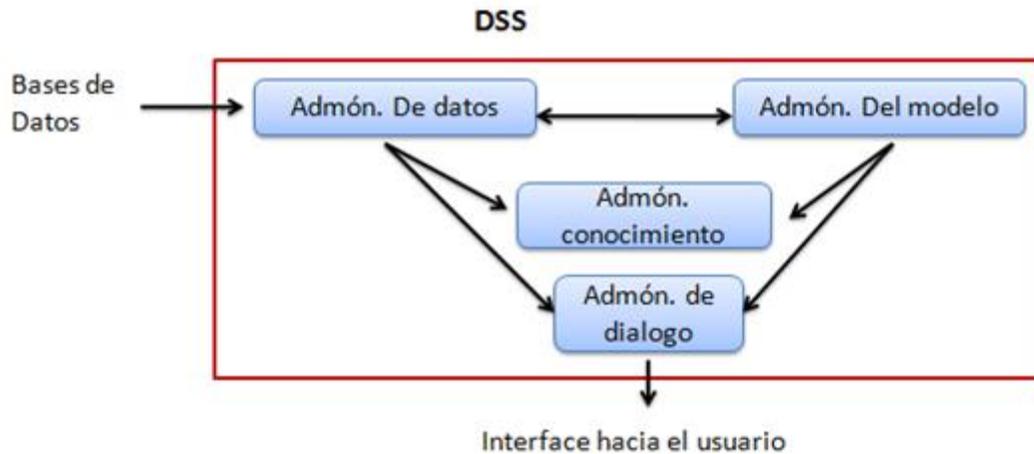


Figura 2.6 Componentes de un Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones (Oliver, 2008)

El acoplamiento adecuado de todos estos módulos da como resultado una herramienta poderosa capaz de redituara en grandes beneficios a la organización que se reflejan en una rápida respuesta a situaciones inesperadas resultado de condiciones cambiantes, habilidad para resolver muchas estrategias distintas con diferentes configuraciones rápida y objetivamente, mejora en el control y desempeño administrativo y la productividad del análisis (figura 2.6).

Por todo lo anterior, es importante resaltar que cuando la organización provee a sus estrategias con herramientas DSS los dota realmente de una extensión de sus capacidades, que por otra parte les permitirá responder con la rapidez necesaria para mantener a su organización a la vanguardia de los mercados manteniendo sus competencias a altos niveles, ya que permitirá apalancar las estrategias organizacionales al brindar elementos más tangibles para hacer de la toma de decisión un proceso controlado, comprobado y repetible lo que lo transforma a una metodología científica (Oliver, 2008).

2.3.7. Ventajas de los DSS en la Producción y Transporte de frutos

En la actualidad, los procesos de toma de decisiones relacionados a la producción y transporte de frutos se vuelven cada día más complejos dificultándose la elección de los métodos de control debido a que los cambios ocurren en forma vertiginosa.

En muchos casos la disponibilidad de la información necesaria para la toma de decisiones no es suficiente debido a la falta de experiencia y a la pobre transferencia de información desde los investigadores hacia las personas que toman las decisiones en el campo.

En esta situación las Tecnologías de la información y, más concretamente, los Sistemas de Soporte a la toma de Decisión (DSS) se constituyen en las herramientas apropiadas para superar esas carencias. Los DSS mejoran el flujo de información hacia y desde los usuarios finales y además les ayudan en la interpretación y uso de esa información en cada situación particular. Además son fácilmente adaptables y actualizables. Los DSS tienen un alto potencial para mejorar la forma en que los agricultores manejan sus cultivos, incrementando los niveles de producción y mejorando el transporte, aparte de sus ganancias y logrando reducir el uso de plaguicidas (González y Mondino, 2006).

2.3.8. Modelo de inferencia

Gutiérrez et al. (2011) mencionan que los modelos son los mecanismos que tiene el tomador de decisiones para encontrar la solución a un problema dado; Un modelo permite hacer una predicción del resultado de un problema basado en ciertos datos de entrada y los mismos normalmente están basados en investigación matemática o en la experiencia de la persona. El valor agregado de un DSS será la facilidad para probar diferentes escenarios de soluciones dadas y diferentes entradas (acciones) de datos. Los mismos autores explican que los modelos matemáticos se han aplicado a una serie de industrias de procesos que

incluyen, entre otras, operaciones relacionadas con la recolección de fruto, la distribución de alimentos, la industria alimentaria entre otras muchas actividades.

2.3.9. Procedimiento para la realización de un modelo matemático

Representar una situación “real” con un modelo involucra una serie de procedimientos. Berry y O’Shea (1987) identifican el proceso en tres etapas que se explican a continuación (figura 2.7):

- **Interacción con el asunto:** Una vez delineada la situación que se pretende estudiar, debe hacerse una investigación sobre el asunto. Tanto indirectamente (a través de libros y revistas especializadas) como directamente (a través de datos experimentales obtenidos con especialistas del área). Aunque hayamos dividido esta etapa en dos sub-etapas, los límites entre ambas no son tajantes: el reconocimiento de la situación-problema se torna cada vez más claro, a medida que se van conociendo los datos.
- **Construcción Matemática:** Ésta es la etapa más compleja y desafiante. Está subdividida en formulación del problema y solución. Es aquí que se da la “traducción” de la situación-problema al lenguaje matemático. Intuición y creatividad son elementos indispensables en esta etapa. En la formulación del problema-hipótesis, es necesario:
 - Clasificar la información (relevante y no relevante) identificando los hechos involucrados.
 - Decidir cuáles son los factores a ser perseguidos, planteando la hipótesis.
 - Generalizar y seleccionar variables relevantes.
 - Seleccionar símbolos apropiados para dichas variables.
 - Describir las relaciones que se establezcan, en términos matemáticos.

Se debe concluir esta subetapa con un conjunto de expresiones aritméticas y fórmulas, o ecuaciones algebraicas, gráficos o representaciones y

programas computacionales que nos lleven a la solución o nos permitan deducir una; La computadora puede ser un instrumento imprescindible.

- Modelo Matemático:** Para poder concluir el modelo, se torna necesario un chequeo para así comprobar en qué nivel éste se aproxima a la situación-problema traducida y a partir de ahí, poder utilizarlo. De esta forma, se hace primero la interpretación del modelo y posteriormente, se comprueba la adecuación-convalidación. Para interpretar el modelo se analizan las implicaciones de la solución, derivada del modelo que está siendo investigado. Entonces, se comprueba la adecuación del mismo, volviendo a la situación-problema investigada, evaluando cuán significativa y relevante es la solución. Si el modelo no atiende a las necesidades que lo generó, el proceso debe ser retomado en la segunda etapa cambiando hipótesis, variables, etc.

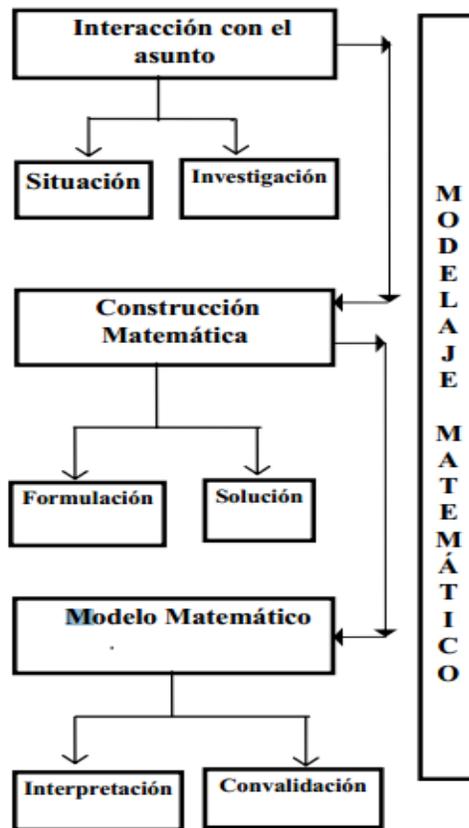


Figura 2.7 Etapas del Modelaje Matemático (Berry y O'shea, 1987)

2.3.10. Modelos Heurísticos

Las heurísticas clásicas realizan una exploración limitada sobre el espacio de búsqueda y normalmente las soluciones producidas son buenas en poco tiempo. Su implementación es sencilla y son fácilmente adaptables a problemas del mundo real. La heurística de mejoramiento o de búsqueda local pertenece a la Familia de algoritmos cuya meta es precisamente dar soluciones aproximadas a problemas generales de tipo NP (por su acrónimo en inglés nondeterministic polynomial time), sin necesidad de recorrer todo el espacio de búsqueda (López et al., 2014).

Por otro lado Torre y Pacheco (1992) explican que los algoritmos heurísticos o de aproximación no aseguran la obtención de la solución más conveniente, sino de una solución subóptima relativamente próxima a la mejor respuesta, en un tiempo de computación menor (crecimiento polinomial en función del número de ciudades), y son estos son más fáciles de asimilar y por tanto más fácil de adaptarlos ante cambios que se produzcan en la estructura del problema a tratar.

2.3.11. Tipos de Modelos Basados en la programación lineal

A continuación se revisan los modelos correspondientes a dos grandes grupos de problemas basados en la programación lineal mencionados por (Puchades et al., 2008):

Por una parte, están los problemas de transporte, asignación y transbordo, que forman parte de los problemas de flujo de red.

- Problema de transporte: trata una situación en la cual se envía un bien desde uno o varios puntos de origen hasta uno o varios puntos de destino con el objetivo de determinar la cantidad enviada, satisfaciendo al mismo tiempo las restricciones de la oferta y la demanda, y minimizando el coste total del envío. Método de la esquina noroeste; método del coste menor; y método de aproximación de Vogel. La diferencia entre los tres métodos es la “calidad” de la solución básica inicial que producen, en el sentido de que una mejor solución inicial proporciona un valor objetivo más pequeño. En

general, el método de Vogel genera la mejor solución básica inicial y el método de la esquina noroeste la peor, aunque la ventaja de este último es que implica menos cálculos.

- Problema de asignación: tiene una estructura similar al problema de transporte en el cual se trata de asignar el mejor recurso para cada tarea. Los problemas de asignación poseen métodos de resolución mucho más eficaces que los de transporte en general. Al igual que en el problema del transporte, en este problema también se observan casos de: oferta y demanda desiguales, problemas de maximización y problemas con asignación inaceptable.
- Problema de transbordo: determina cuántas unidades deberán embarcarse por cada uno de los arcos de la red, de manera que todos los nodos de la red se satisfagan al coste mínimo de transporte. Al igual que en los problemas de transporte y asignación, se puede formular este tipo de problemas con varias variantes, como son por ejemplo: suministro total no igual a la demanda total, maximización de la función objetivo, rutas con capacidad limitada y rutas inaceptables.
- Problema del agente viajero, es un caso particular de los problemas de transporte, que trata de determinar el recorrido que comenzando por una determinada ciudad, pase por todas las demás una sola vez y vuelva finalmente a la primera, de manera que se minimice la distancia total recorrida. Esta clasificación ha facilitado tanto el desarrollo de los modelos matemáticos y estrategias de resolución como la toma de decisiones por parte de las empresas, y surgen también en una gran cantidad de situaciones (redes de transporte, eléctricas, comunicaciones, etc.) y en áreas tan diversas como producción, distribución, localización de instalaciones, administración de recursos, etc.
- Problema de flujo máximo: su objetivo es transportar la cantidad máxima de flujo desde un punto de partida hasta un punto final. Es importante conocer la capacidad de la red para saber cuánto puede enviarse desde un nodo fuente a un nodo destino, aunque esto también puede hacerse definiendo

los cortes; es decir, la capacidad de corte es igual a la suma de las capacidades de los arcos asociados, y entre todos los cortes posibles en la red, el corte con la capacidad menor proporciona el flujo máximo en la red.

En último lugar se describen brevemente los métodos CPM (Critical Path Method) y PERT (Program Evaluation and Review Technique). Según Taha (2004), CPM y PERT son métodos basados en redes y diseñados para ayudar en la planificación, programación y control de proyectos, cuyo objetivo es proporcionar los medios analíticos para programar las actividades. La diferencia principal entre PERT y CPM es la manera en que se realiza la estimación de tiempo. PERT supone que el tiempo para realizar cada una de las actividades es una variable aleatoria descrita por una distribución de probabilidad, mientras que CPM infiere que los tiempos de las actividades se conocen en forma determinista y se pueden variar cambiando el nivel de los recursos utilizados.

2.3.12. Problema del Agente viajero

El problema de la planeación de rutas es uno de los problemas más comunes en la optimización de operaciones logísticas y por ende uno de los más estudiados. El planteamiento inicial del problema consiste en buscar la solución óptima con diversos parámetros proporcionados por el usuario como el número de vehículos, la capacidad de los vehículos, lugares a visitar (clientes) y su demanda. El desarrollo de soluciones al problema de planeación de rutas en el área de operaciones logística ha sido de gran ayuda a la hora de hacer planeaciones de tiempo, distancias e inversión. Los problemas más conocidos en el ámbito de la planeación de rutas son (Soto et al., 2008):

- El problema del agente viajero –TSP- (Travel Salesman Problem): El TSP consiste en encontrar el camino más corto posible entre el número variable de villas o sitios que se deben visitar y por los cuales solamente se debe pasar una sola vez, con la condición que al final del recorrido se debe retornar al punto de origen.

- El problema de planeación de rutas vehiculares – VRP- (vehicule routing problem): tiene por objetivo encontrar las rutas que recorren cada uno de los vehículos (ubicados en un depósito) de manera que se satisfagan los requerimientos de los clientes, las restricciones operativas y se minimice el costo total de transporte.

Las diferencias encontradas entre estos dos problemas es que en El problema del agente viajero (TSP) se utiliza con el fin de minimizar la distancia de la ruta, la cual visita a todos los clientes exactamente una vez y se dispone de un solo vehículo que debe visitar a todos los clientes en una sola ruta y a costo mínimo, no suele haber un depósito (y si lo hubiera, no se distinguiría de los clientes), no hay demanda asociada a los clientes y tampoco hay restricciones Temporales (Narducci et al., 2009).

El VRP parte del análisis del TSP y se representa como un conjunto de nodos por ser visitados (clientes) y un conjunto de vehículos inicialmente ubicados en un nodo particular (depósito), con el objetivo de asignar rutas a los vehículos dentro de una secuencia ordenada de nodos (clientes) una sola vez, tendientes a minimizar el costo total de transporte o la distancia total recorrida (Vidal et al., 2014).

2.3.13. ¿Qué es el TSP?

El problema del agente viajero (TSP) se remonta a la Europa del siglo XVII, donde era común contar con un agente viajero que llevaba un catálogo con productos para atender la demanda de ciudades, pueblos y aldeas alejadas de las ciudades principales. En 1800 el matemático irlandés William Rowand Hamilton diseñó un juego para dos competidores, el juego consiste en hacer un recorrido por 20 puntos de un icosaedro usando las conexiones de la figura e iniciando y terminando en el mismo punto (figura 2.8). La conexión entre el juego de Hamilton y el TSP consiste en que en los dos se busca una ruta que inicie y termine en el mismo lugar sin repetir puntos visitados (Escobar et al., 2011).

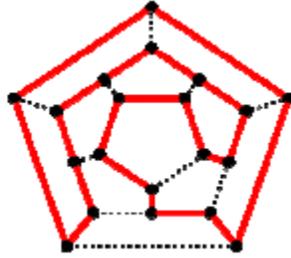


Figura 2.8 Representación del juego de Hamilton (Escobar et al., 2011)

El problema del agente viajero o TSP es uno de los problemas más famosos y complejos de las ciencias computacionales y ha sido abordado por varias ramas de la ingeniería y por distintas razones, su principal aplicación es la de rutear desde distintas perspectivas, ya sea un proceso que lleva una secuencia específica o una distribución de carácter logístico en la que intervienen elementos del transporte, buscando la mejor ruta posible con criterios de economía en distancia o en costo. Proveer soluciones contribuye a mejorar tareas y procesos en distintos ámbitos científicos e industriales, proponiendo alternativas para el mejor uso de los recursos (López et al., 2014).

2.3.14. Elementos del TSP

Algunos de los elementos principales de esta tipología de problemas son (Puchades et al., 2008):

- La red de transporte (red de carreteras en este caso),
- La flota de vehículos,
- La situación geográfica de los clientes,
- La ubicación del centro operativo,
- Los servicios a atender (Cargas a transportar) etc.

2.3.15. Construcción del Modelo

Clásicamente, el problema de TSP tiene que ver con hallar el recorrido más corto (cerrado) en una situación de n ciudades, donde cada ciudad es visitada exactamente una vez antes de regresar al punto de partida (Hamdy, 2011). El modelo TSP asociado se define por medio de dos datos:

1. El número de ciudades, n .

2. Las distancias d_{ij} entre las ciudades i y j ($d_{ij} = \infty$ si las ciudades i y j no están comunicadas).

El máximo de recorridos en una situación de n ciudades es $(n - 1)!$. Un modelo TSP se define mediante el número de ciudades n y la matriz de distancias ' d_{ij} '. La definición de un recorrido prohíbe conectar una ciudad a sí misma al asignar una penalización muy alta a los elementos diagonales de la matriz de distancias. Un modelo TSP es simétrico si $d_{ij} = d_{ji}$ para todas las i y j . De lo contrario, el modelo TSP es asimétrico.

Defina:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si se llega a la ciudad } j \text{ desde la ciudad } i \\ 0, & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

El modelo TSP se da como:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij}, d_{ij} = \infty \text{ para todas las } i = j$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$x_{ij} = (0, 1) \quad (3)$$

La solución forma un viaje redondo por la ciudades (4)

Las restricciones (1), (2) y (3) definen un modelo de asignación regular donde $x_{ij}=1$ si el nodo (ciudad) i está conectado a un nodo (ciudad) j , y cero en caso contrario. Si la solución del modelo de asignaciones resulta ser un recorrido [es decir, satisface la restricción (4)], entonces automáticamente es óptimo para el TSP. Esta es una rara ocurrencia, sin embargo, y es problema que el modelo de asignaciones se componga de subrecorridos. En ese caso se requieren cálculos adicionales para determinar la solución de recorrido óptima.

La figura 2.7 muestra un modelo TSP de ejemplo de 5 ciudades. Los nodos representan ciudades, y los arcos representan rutas en dos sentidos que pueden ser distintas si el modelo es asimétrico. Como antes se explicó, el modelo de asignaciones puede producir una solución de recorrido o subrecorrido como lo demuestra la figura 2.9.

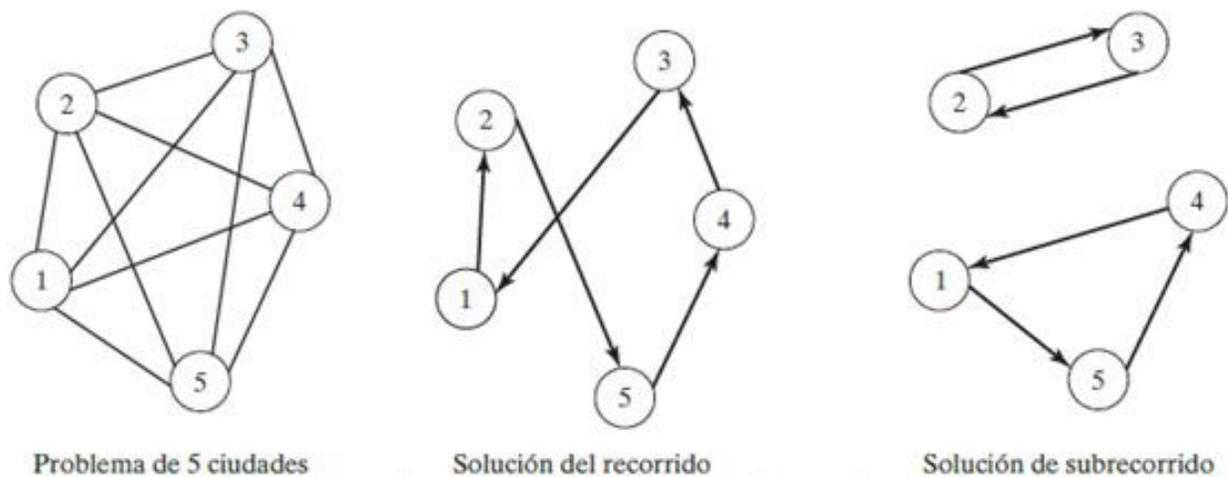


Figura 2.9 modelo TSP de ejemplo de 5 ciudades (Hamdy, 2011)

2.3.16. Algoritmo para la resolución del TSP

Algunas heurísticas para resolver el Problema del Agente Viajero para resolver el problema del agente viajero es utilizando el algoritmo del vecino más cercano.

Este tipo de algoritmo se basa en la idea de moverse de una ciudad a la siguiente, de tal forma que, de todas las opciones, la ciudad elegida sea la más cercana a donde se encuentra ubicado el agente viajero, en otras palabras, el agente viajero se moverá a la ciudad más próxima de su ubicación actual (Arellano y García,

2012), esto se ejemplifica en la figura 2.10. Este algoritmo trabaja con una heurística miope, ya que en una iteración se escoge la mejor opción que se tiene disponible, sin ver que esto puede obligarle a tomar malas decisiones posteriormente (Johnson et al., 2002).

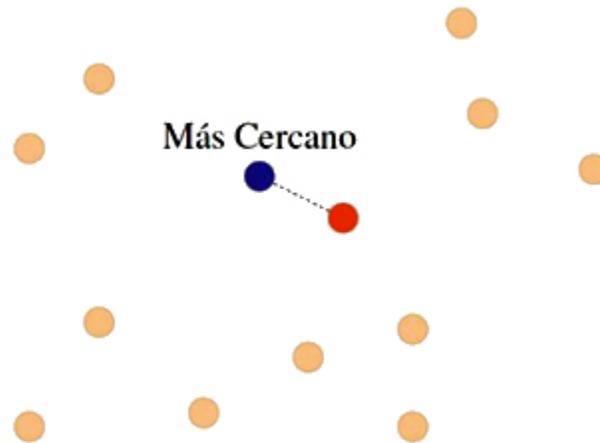


Figura 2.10 Algoritmo del vecino más cercano (Arellano y García, 2012)

2.3.17. Estudios similares

En los últimos años, se han desarrollado algunos DSS, uno de ellos fue un sistema capaz de encontrar estaciones de control que hayan detectado contaminantes en un río en la Cuenca del río Struma, en Bélgica, donde se tomaron los ríos como los caminos disponibles y las estaciones de detección como los nodos conectados por los caminos; y estiman los posibles objetos detectados por medio de varias reglas heurísticas y como resultado final del análisis DSS es un listado ordenado de objetos contaminantes con la puntuación más alta para el más probable de ellos. (Hachikyan et al., 2005).

Por otro lado, Miller et al. (213) construyeron un DSS que fue aplicado a la empresa farmacéutica Pfizer, la cual tenía grandes problemas en su toma de decisiones ya que esta empresa trabajaba con un plan semanal, mensual y bimestral de compra de materia prima, recolección de productos no terminados y envíos de productos terminados que provocaba que tuvieran grandes excedentes en su capacidad de almacenaje y por consecuencia se tenía que rentar almacenes

extra para este excedente no considerado de producto, esto traía consigo que muchos productos se extraviara o se dañara en un numero grande de almacenes y a veces entorpeciera el flujo de su cadena de valor, por lo que se construyó un DSS utilizando un modelo heurístico capaz de trabajar con la demanda diaria de esta empresa (ya no sería semanal, mensual o bimestral), lo cual produjo una reducción en el uso de almacenes rentados y una mejor distribución de productos a lo largo de la extensa cadena de suministros de Pfizer, disminuyendo pérdidas o daños de productos y teniendo un aumento significativo en las entregas de productos al cliente.

Otro ejemplo muy notable fue el que los investigadores Zhi-Hua y Zhao-Han (2014) realizaron en su estudio en China, donde comentan que como es un país muy extenso dividido en provincias y con una extensa red carretera la cual dificultaba la toma de decisiones de la empresa para cual fue realizado este proyecto, donde como principal beneficio se encontraría la reducción de tiempos de recorrido y entrega y también el decremento de combustible usado por parte de los vehículos utilizados para estos procesos que impactaría directamente en disminuir la contaminación por emisión de gases. Ellos crean un DSS basado en un modelo heurístico el cual es capaz de disminuir la tasa de envíos sin carga (número de viajes realizados sin carga, que crean gasto de combustible y salarios) y también apoyaría directamente a la toma de decisiones de la empresa para mejorar el flujo de entregas y disminuir el uso excesivo de los vehículos, que como se mencionó anteriormente China es una país extenso y con una larga red carretera por lo que disminuye considerablemente la vida útil de la flota de vehículos de la empresa. Ellos se apoyan el uso de complementos al DSS como por ejemplo el uso de GPS integrados en los vehículos de entrega, los cuales apoyan a los conductores en sus jornadas de distribución.

3. METODOLOGÍA

El diseño de la metodología seleccionada es cuasiexperimental, ya que manipula deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes, sólo que difieren de los experimentos “puros” en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos. En estos experimentos los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están formados antes del experimento: son grupos intactos (la razón por la que surgen y la manera como se formaron es independiente o aparte del experimento). Por ejemplo, si los grupos del experimento son tres equipos escolares formados con anterioridad a la realización del experimento, y cada uno de ellos constituye un grupo experimental (Hernández et al., 2010).

Esta Investigación contempla un alcance explicativo, en donde se darán a conocer los resultados de la investigación, al igual que la documentación de la misma, y el origen de dichos resultados.

3.1. Desarrollo de la Metodología

La metodología se compone de 7 apartados (la figura 3.1 muestra un diagrama de esta metodología), mismos que son una adecuación de “los Pasos para realizar un estudio de simulación” propuesto por García et al., (2006). Éstos se explican a continuación.

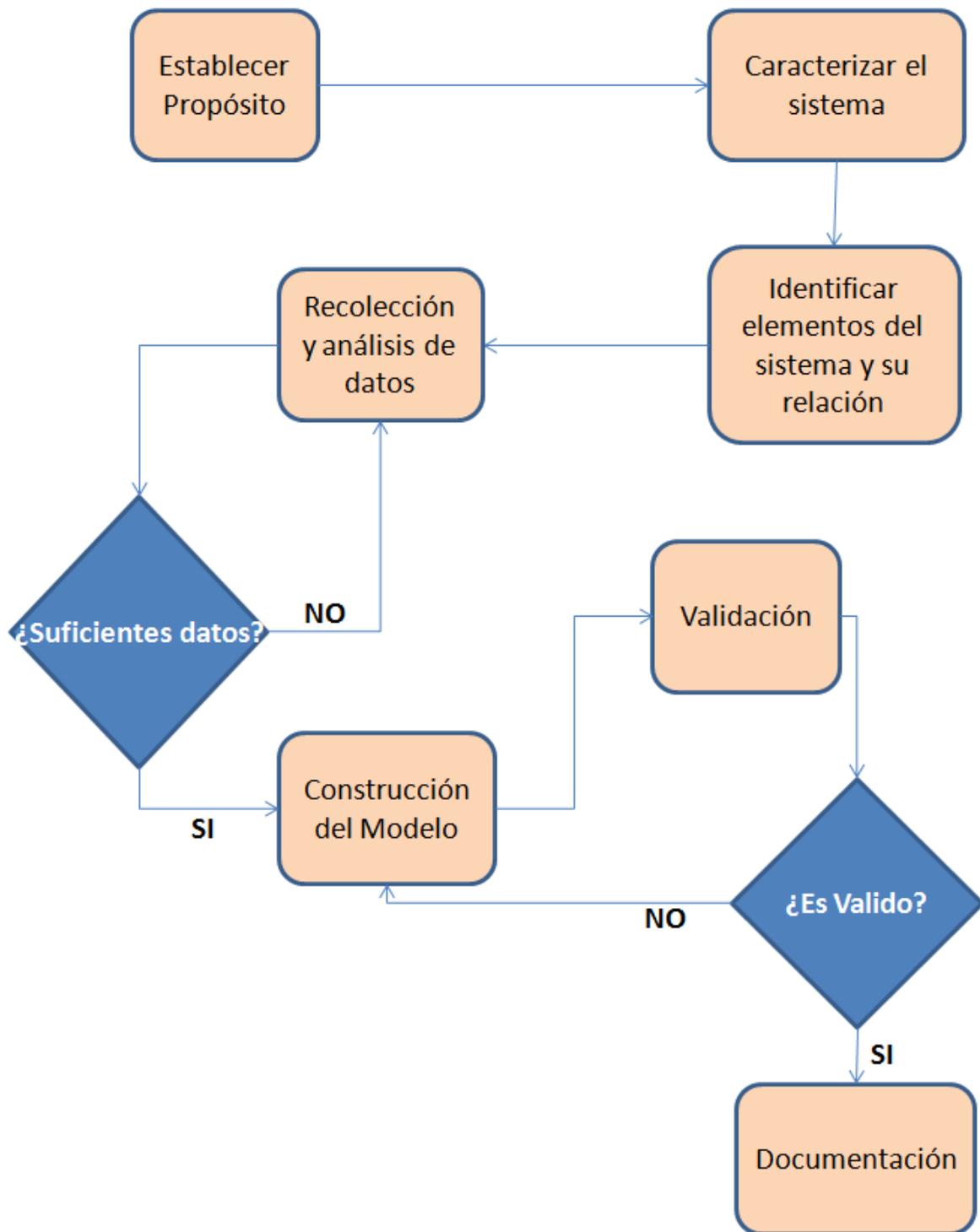


Figura 3.1 Diagrama de Metodología propuesta (García et al., 2006)

3.1.1.Propósito

El propósito de esta sección es explicar detalladamente el plan o estrategia desarrollada para obtener la información y herramientas metodológicas que se requieren para el desarrollo del modelo de inferencia, el cual formará parte de uno de los módulos que constituyen al DSS, el mismo brindará apoyo al proceso de la toma de decisiones.

3.1.2.Caracterizar el Sistema

Para comenzar a caracterizar el sistema, se debe cambiar el punto de vista a uno en donde se considere a la empresa como una sistema (a partir de lo antes mencionado se referirá a la empresa como un sistema), donde aquí se podrá determinar las cualidades o rasgos característicos de la organización que la haga diferente de las demás, es decir, presentar o describir a la institución con sus rasgos característicos de manera que resulte inconfundible. Y partiendo de esta caracterización determinar sus bondades y defectos.

3.1.3.Identificar elementos del sistema y las relaciones lógico-matemáticas

En este paso se necesita identificar los elementos que conforman al sistema, es decir, la empresa abordada mediante la perspectiva sistémica nos permite identificar el conjunto de partes o elementos interrelacionados entre si los cuales desarrollan funciones específicas para desarrollar o lograr objetivos comunes y por otro lado detectar las relaciones que vinculan a estos elementos y hacen funcionar a la empresa como un ente productivo. A partir de este análisis poder delimitar el alcance y consideraciones del modelo matemático.

3.1.4.Recolección y análisis de datos

En esta etapa se debe determinar qué información es útil para suministrar al modelo de inferencia de datos de entrada e información relevante para su funcionamiento, e identificar qué información es innecesaria para su depuración.

Dentro de los datos necesarios para el modelo de inferencia encontramos:

- El Padrón de Productores
- Los productos donados
- Ubicación geográfica de predios y el centro de acopio
- Red de transporte (red de carreteras y caminos disponibles que conecten a los predios y el centro de acopio, Obtenidos por Google Earth), considerando que todos los caminos cuentan con las mismas características (sin desperfectos)
- Matriz de distancias (distancias obtenidas por medio del software Google Earth)

La información se obtuvo de dos fuentes, en los primeros 3 puntos del listado anterior la información se obtuvo de fuentes oficiales (SAGARPA, CNA, JUNTA LOCAL DE USUARIOS, CESAYE).

3.1.5. Construcción del modelo

Una vez que se ha definido el sistema en términos de un modelo conceptual y se ha realizado la recolección de datos, la siguiente etapa del estudio consiste en la generación de un modelo de inferencia integrando estos dos últimos aspectos (modelo conceptual y datos) para tener un modelo lo más cercano posible a la realidad del problema bajo estudio.

La generación de este modelo deberá traducir a un lenguaje matemático la información que se obtuvo en la etapa de definición del sistema, incluyendo las relaciones en todos los posibles subsistemas que existan en el problema a modelar.

Por las características mencionadas a partir del punto 2.3.13 del Marco Teórico se estableció la utilización del Problema del agente Viajero mediante el algoritmo de resolución del vecino más cercano como las bases para la construcción del modelo.

El modelo basado en el problema del agente viajero, que se utilizará para la construcción del modelo, sirve para determinar cuál sería la ruta en base a

diferentes criterios en lo que se incluyen: los campos, las distancias entre estos, los productos donados, los medios de transportes disponibles y además de contemplar el supuesto de que todos los caminos tienen las mismas características. En éste caso se utilizará el algoritmo del vecino más cercano, que determinará la menor distancia a recorrer incluyendo restricciones como la de visitar cada punto en una sola ocasión.

La figura 3.2 ejemplifica este problema, se muestran 5 campos, si el agente visitara los 5 campos en orden esto lo llevaría a recorrer 13 unidades, una mejor ruta sería ABDCEA con 11 unidades, la mejor ruta es ABEDCA con 9 unidades.

Para el desarrollo del algoritmo computacional durante esta investigación se trabajará con una matriz reducida de 7 puntos de recolección, una vez que se determine que el algoritmo es funcional se continuará con la validación, y posteriormente con la obtención de la mejor ruta contemplando los 25 campos distribuidos en la costa de Hermosillo.

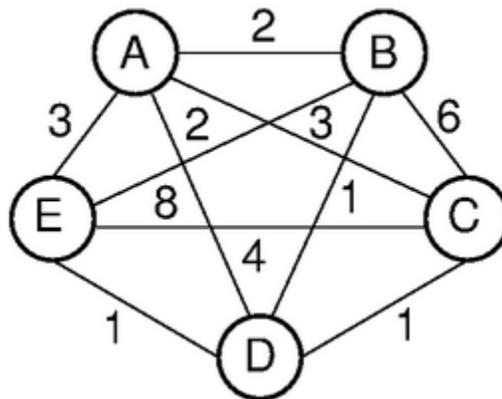


Figura 3.2 Ejemplo de la Ruta más corta utilizando el modelo TSP

A continuación se muestra el modelo de inferencia utilizando el TSP siguiendo el algoritmo del vecino más cercano (procedimiento constructivo) utilizado durante esta investigación, mismo que se podría representar con una serie de pasos representados de la siguiente manera (figura 3.3):

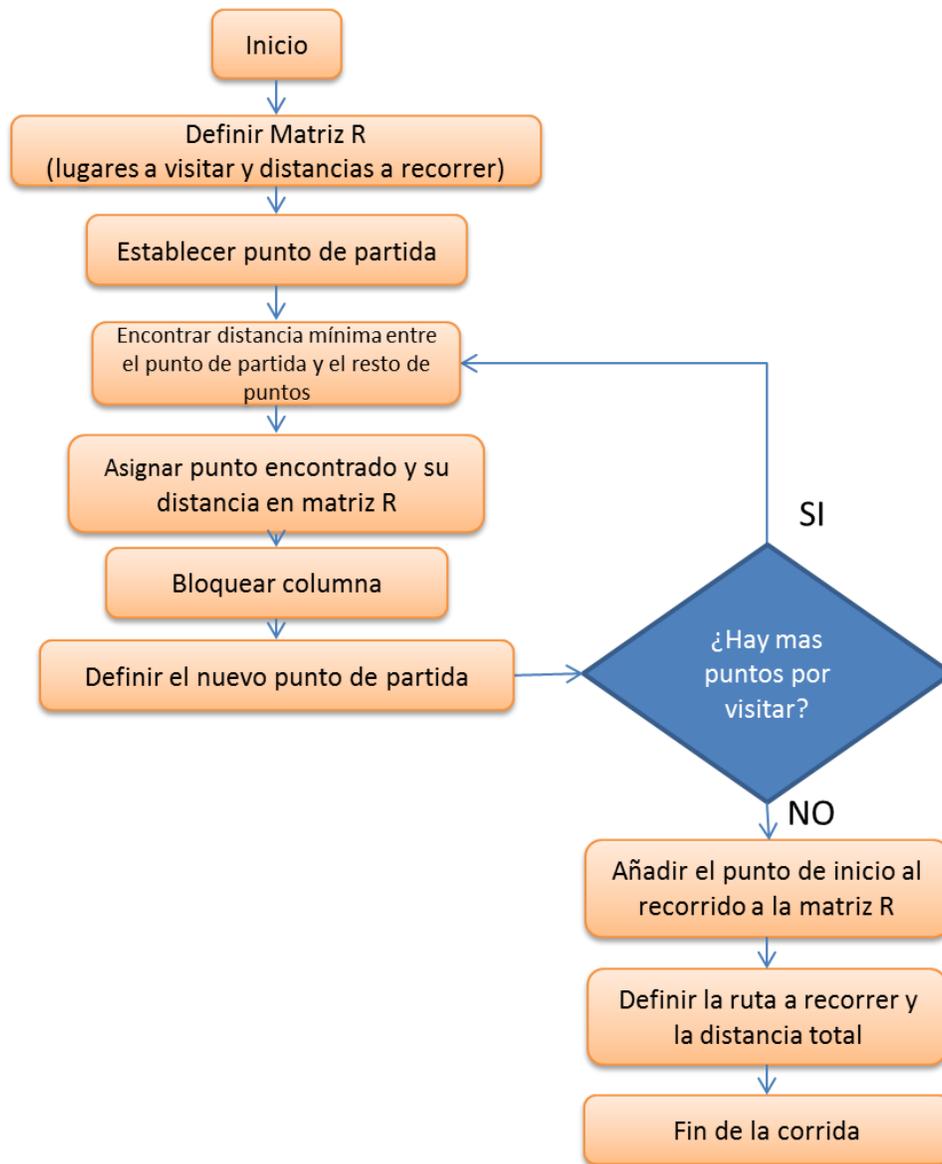


Figura 3.3 Algoritmo del modelo matemático

1. Se define la matriz de recorrido que tendrá como elementos la secuencia de puntos a recorrer y las distancias, la cual se identificará como R , y contendrá n renglones y dos columnas correspondientes a los lugares a recorrer y las distancias recorridas.

2. Se establece el punto de partida en la Matriz de distancias, el cual corresponde al lugar de origen al cual debemos retornar al final para cerrar el ciclo de recorrido. Éste se identificará como P_i , para $i = 1, 2, \dots, n$, donde n es el número de puntos a recorrer, que corresponden a la matriz de distancias (matriz de dimensión $n \times n$).

3. Se identifica en el renglón i el valor mínimo, que representa la distancia mínima entre el punto partida (P_i) y el punto destino (P_j para este caso i tomará el valor correspondiente a la columna donde se encuentra al valor mínimo).
4. Se asigna el punto de partida al elemento R_{i1} de la matriz y la distancia mínima al elemento R_{i2} de la matriz.
5. Se utiliza el número correspondiente a la columna donde se encontró el valor mínimo para establecer nuevamente el punto de partida en un renglón diferente y esta columna es bloqueada para evitar su selección en futuras iteraciones (para indicar que ya se eligió).
6. Se repiten los pasos desde 1 al 4 hasta haber recorrido todos los puntos.
7. Se completa el recorrido anexando el primer punto de partida y la distancia del punto anterior a los elementos R_{i1} y R_{i2} de la matriz de recorrido R .
8. Fin de la corrida.

3.1.6. Validación

El proceso de Validación del modelo consiste en realizar una serie de pruebas al mismo, utilizando información real de entrada (Padrón de Productores, de Productos y las distancias entre predios y el centro de acopio) para observar su comportamiento y analizar sus resultados.

El modelo debe someterse a prueba con las condiciones actuales de operación, lo que nos dará como resultado un comportamiento similar al que se presenta en el escenario real del proceso y validar que el comportamiento sea congruente con las expectativas que se tienen de acuerdo con la experiencia.

Se consideran dos herramientas para validar la efectividad del modelo de inferencia, en primer lugar el WinQsb, en donde se correrán los mismos datos con lo que se trabajará durante esta investigación, esto para comparar los resultados del algoritmo computacional desarrollado mediante Rstudio. Como medio de apoyo para la validación se utilizará el programa Minitab para determinar si existe

o no diferencias estadísticas significativas entre los resultados entre ambos software al con un nivel de significancia del 5 %.

Se realizará la comparación de medias mediante el análisis de varianzas (ANOVA mediante el programa MiniTab) para determinar si existen diferencias significativas entre el algoritmo Creado en Rstudio contra los 4 métodos proporcionados por WinQsb.

Ya aclarado que las varianzas son iguales, el valor P de las siguientes tablas ANOVA hará decidir si se observan diferencias significativas en la media de los datos de cada método (Rstudio y WinQsb), de acuerdo al algoritmo con el que se resolvió el problema (Valor $P > 0.05$, por defecto, indicaría que las medias son estadísticamente distintas).

En MiniTab se permite elegir un método (se ofrecen tres distintos) para calcular intervalos de confianza para las diferencias entre medias. Los intervalos se han calculado de acuerdo al método Tuckey (uno de los más utilizados).

3.1.7.Documentación y sugerencias del modelo

Una vez realizado la validación del modelo y el análisis de sus resultados, así como la puesta en marcha, es necesario efectuar toda la documentación, esto permitirá el uso del modelo generado y constituirá la base para poder realizar ajustes futuros en caso de ser requerido.

En la documentación se debe incluir los supuestos del modelo, sus alcances y limitaciones. También es importante incluir sugerencias tanto del uso del modelo como sobre los resultados obtenidos, esto con el propósito de realizar un reporte más completo.

4. IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se desarrollan y explican los resultados obtenidos, el cómo y el porqué de cada uno de los datos recolectados, la construcción del motor de inferencia basado en el Problema del Agente Viajero usando el algoritmo del vecino más cercano el cual nos arrojará como resultado el camino más corto entre los campos partiendo de la ciudad de Hermosillo y volviendo a ella, también se habla acerca de la simulación y validación de dicho modelo matemático para la recolección de productos donados mediante el software Rstudio.

4.1. Propósito

El propósito de esta sección es explicar el desarrollo de la metodología para la creación de un modelo de inferencia, que formará parte de un DSS guiado a apoyar al tomador de decisiones del BAH en su proceso de decisión y elevar el proceso de recolección y distribución de productos, mediante la recolección de datos los cuales incluyen el padrón de productores, la ubicación geográfica de predios y las distancias organizadas en una matriz, y con esto último construyendo el modelo matemático, mismo que será validado para su posterior aplicación.

4.2. Caracterizar el sistema

Los productores que se encuentran en la zona agrícola de la Costa de Hermosillo que producen diferentes cultivos como hortalizas y frutales, los cuales se dirigen a mercados de exportación o al mercado nacional, en esta producción existe un porcentaje que no será vendido o comercializado, estos problemas podrían ser producto de diversos factores mostrados en la figura 4.1, esto no significa que éstos no sean consumibles, es por ello que se dona a instituciones o a particulares; es aquí donde el BAH, utilizando sus medios de transporte y los caminos disponibles, realiza el proceso logístico de recolección y distribución de éstos alimentos.

La funcionalidad del DSS será la de brindar apoyo a la toma de decisiones que el BAH realice para mejorar su proceso de logística, en donde el modelo que se desarrollará de inferencia o algoritmo, será un módulo que formará parte del DSS. Éste módulo evaluará datos de entrada y arrojará una solución al problema de minimizar la distancia entre el centro de acopio (Hermosillo) y los predios o campos de la zona.

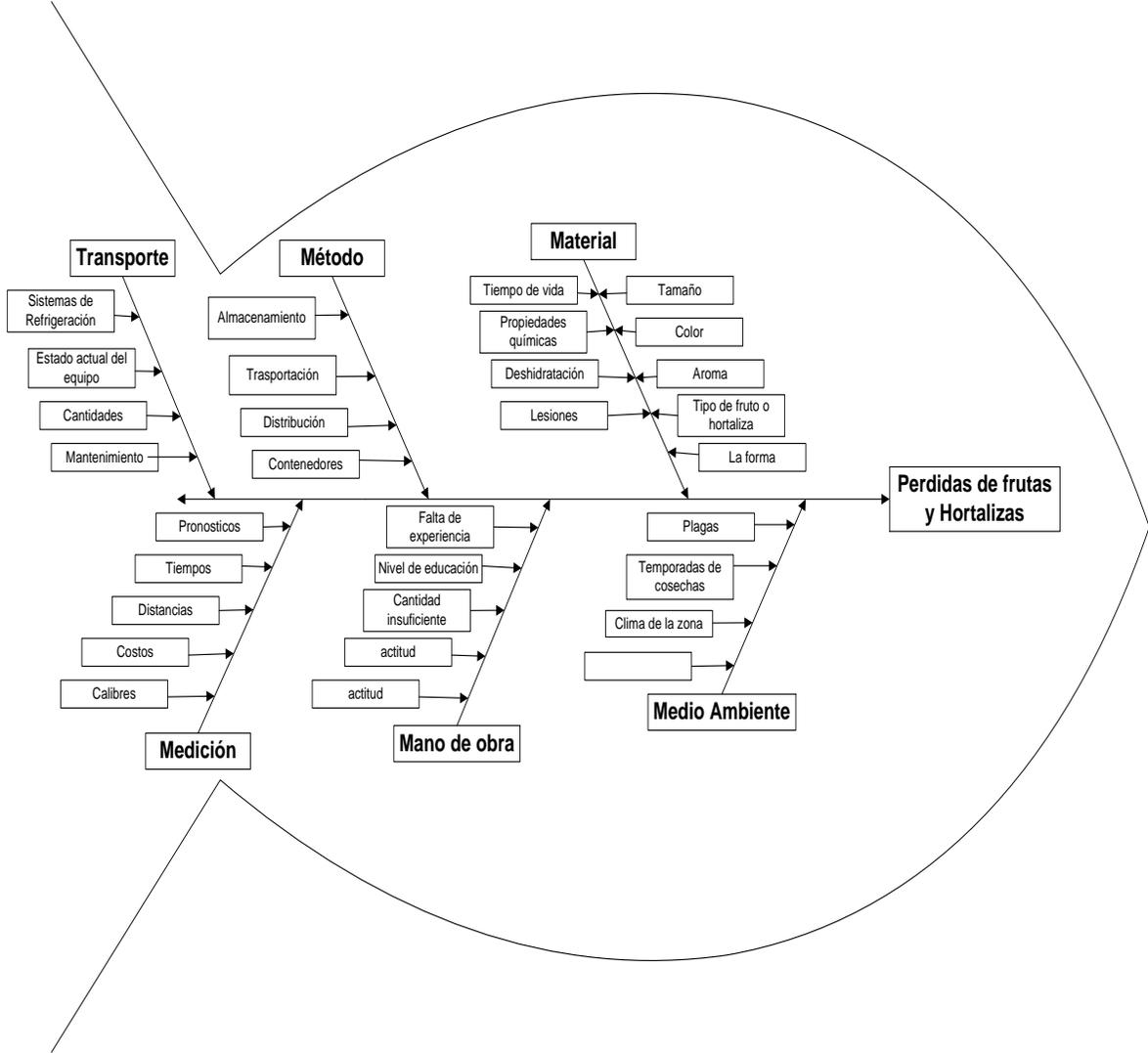


Figura 4.1 Posibles problemas que causen defectos en la calidad por los cuales no se comercializan los productos

4.3. Identificar los elementos del sistema y su relación lógico-matemática

Como se puede observar en la figura 4.2, los principales elementos del sistema son los productores, el BAH y los beneficiarios.

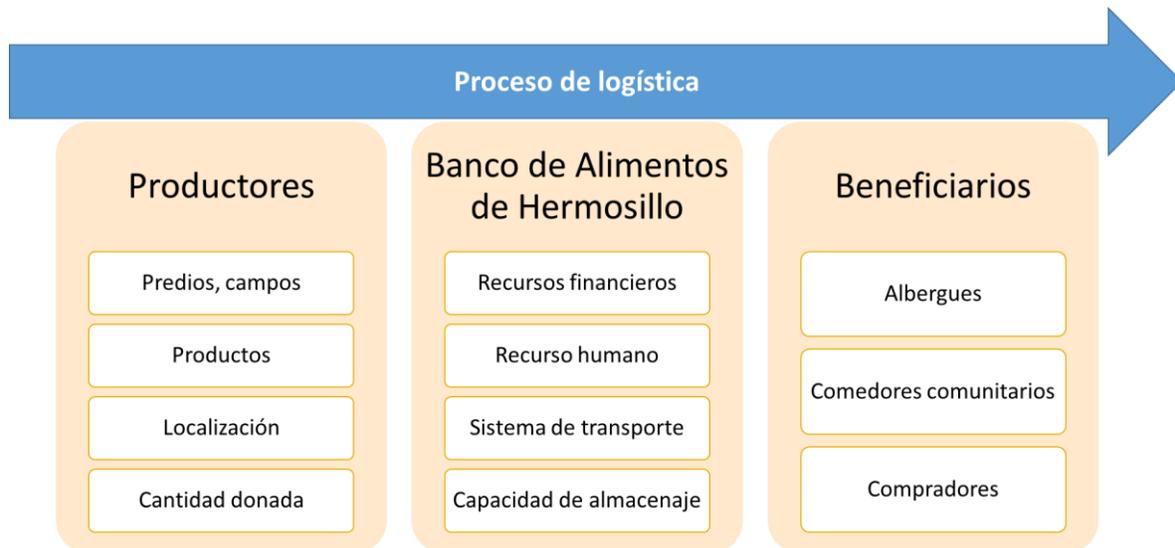


Figura 4.2 Elementos del sistema y su interacción

- Productores: son aquellas personas encargadas de sembrar y cultivar los alimentos, mismos que realizan su comercialización, como ya se mencionó cierto porcentaje no se vende por diversos aspectos de calidad y son donados al BAH, éstos productores no llevan la donación al centro de acopio, por lo que el BAH debe recolectarlos; muchos de los predios están distribuidos en zonas cercanas a Hermosillo y por su ubicación solo se puede llegar a ellos haciendo uso de los caminos disponibles que conectan al centro de acopio y a los campos o predios ya identificados que se encuentran comprometidos con la causa, esto se ejemplifica en la figura 4.3.

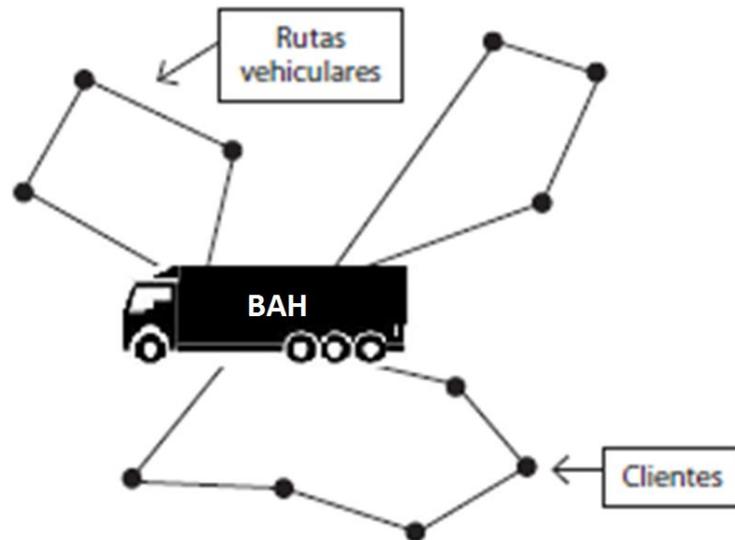


Figura 4.3 Ejemplificación de la recolección en distintos puntos

- Banco de alimentos de Hermosillo (BAH): es una institución cuyo objetivo es el concientizar y promover en la comunidad la donación y rescate de alimentos, y que busca realizar una distribución eficiente de los alimentos donados a los más necesitados; es aquí donde nace la necesidad de elevar la eficiencia de su proceso de logística de recolección y distribución para minimizar la distancia recorrida por su sistema de transporte y su recurso humano, al mismo tiempo contempla que estos productos son perecederos y tienen que estar a disposición de las personas en el menor tiempo posible; para el BAH representaría una ventaja el contar con un proceso de toma de decisiones más formalizado y robusto que la manera actual en la que se encuentran operando, lo cual les permita facilitar la entrega de estos productos a sus almacenes y distribuirlos a las personas más necesitadas en albergues y comedores comunitarios y también evitar en lo más posible la pérdida de recursos y tiempo.
- Beneficiarios: Son aquellas personas en pobreza alimentaria, esto es la incapacidad para obtener una canasta básica alimentaria, incluso cuando se utiliza todo el ingreso disponible en el hogar para comprar los bienes de dicha canasta. El BAH también cuenta con clientes y compradores los

cuales surten su necesidad de alimento, es decir realiza comercialización de ciertos productos con aquellos que si pueden adquirirlos.

A continuación se muestra a grandes rasgos la secuencia de la logística de recolección de los productos agrícolas donados por el productor, como se ejemplifican en la figura 4.4. Una vez logrado el acuerdo de donación, es el BAH, el responsable de recoger la cantidad de producto donado en cada uno de los predios correspondientes. Priorizando la secuencia de recolección de acuerdo a la disponibilidad de sus recursos y las distancias y accesos a cada uno de los campos.

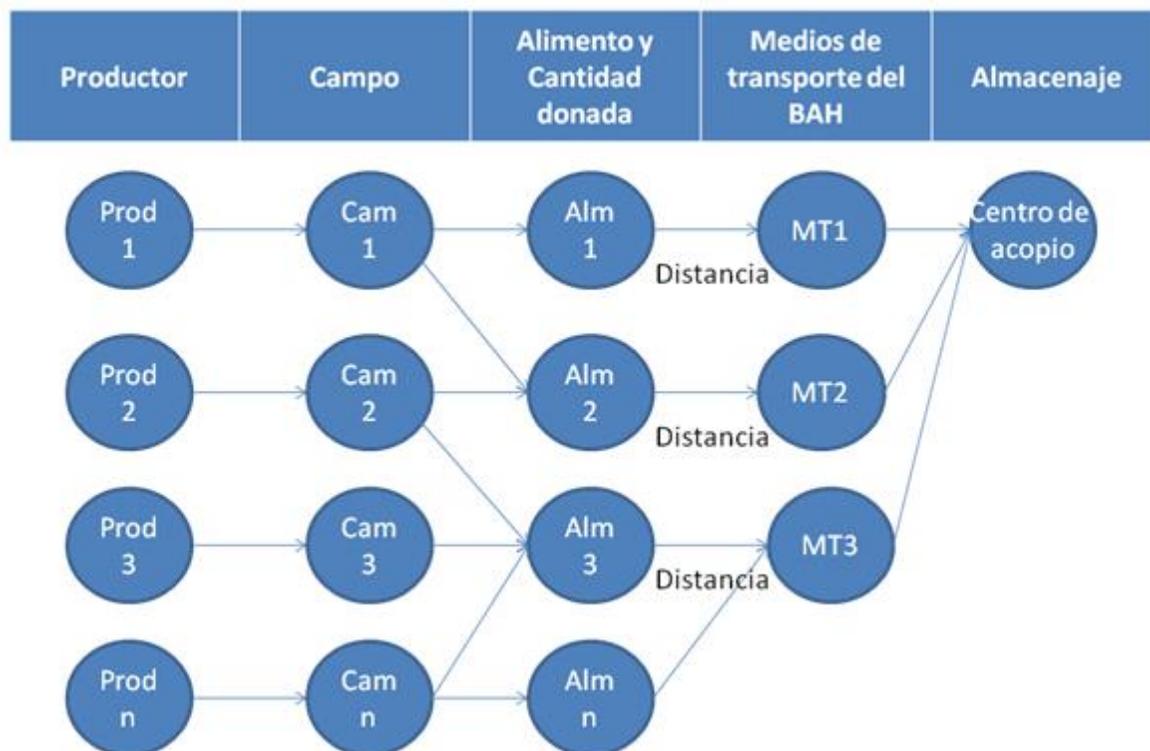


Figura 4.4 Modelo conceptual, de la secuencia lógica de recolección

Más en concreto, las relaciones lógicas que encontramos en el sistema nos muestran que para iniciar con todo el proceso de recolección se necesita emitir una solicitud de donación por parte del BAH, la cual debe ser aceptada o denegada por el productor, en el caso de que se establezca un acuerdo el tomador de decisiones encargado en el BAH utiliza los recursos humanos, financieros, de transporte y almacenaje para obtener el alimento y guardarlo para

entregarlo al beneficiario; el mismo encargado del BAH entregará una orden de recolección para que los camiones recojan los productos en los campos y lo traigan de vuelta para su almacenaje en sus instalaciones en Hermosillo.

La relación lógico matemática de los elementos del sistema contempla como interaccionan estos mismos para arrojar, en el caso de esta investigación, la mínima distancia total recorrida. Por lo que se asume que se conoce, para cada Campo, la distancia entre ellos.

Un esquema común es que se disponga de un almacén central y una flota de unidades de transporte. Por lo tanto, como se mencionó en el párrafo anterior, las unidades de servicio son limitadas; si la empresa dispone de los recursos se puede determinar la ruta que debe seguir el vehículo para recolectar en el menor tiempo posible toda la mercancía. Existen algunas condicionantes que se deben de tomar en cuenta como por ejemplo la cantidad donada de producto y por otro lado las unidades que tienen una cierta capacidad de almacenamiento y puede ser que los productos agrícolas necesiten ser transportados con refrigeración o no. Se debe determinar cuáles son los productores que deben ser asignados a cada unidad para hacer la recolección, y cuál es la ruta que debe de seguir cada una con el fin de terminar el proceso de recolección con la menor distancia posible en el menor tiempo posible, ejemplificado en la figura 4.5.

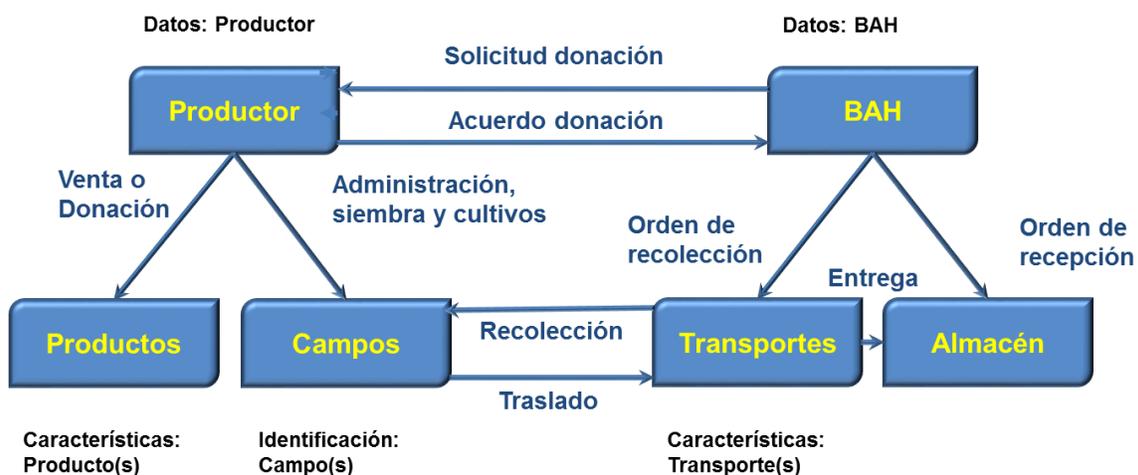


Figura 4.5 Modelo conceptual de los elementos del sistema (relación lógica)

4.4. Recolección y análisis de datos

A continuación se explica cómo se obtuvieron los datos referentes a este estudio.

4.4.1. Construcción de la Matriz de distancias

A partir del análisis anterior, se puede obtener una base donde tomar datos que alimenten al modelo matemático, y es necesario construir la matriz que contenga las distancias entre los predios, las cuales son obtenidas mediante el software Google earth mismo que permite conocer un estimado de las distancias que separa a los diferentes predios seleccionados para el estudio y también las distancias aproximadas que los conductores de los vehículos recorren en cada viaje que realizan para cumplir con el proceso de recolección (distancias entre Hermosillo y los predios y también entre los predios mismos, mostradas en la imagen 4.6 y sus distancias en la tabla 4.1, siguiendo algunos criterios mencionados a continuación);

Para continuar se presenta de manera general los criterios considerados en esta investigación para la obtención de distancias y la construcción de la matriz de distancias.

1. Se selecciona el lugar de origen y los lugares a visitar por el viajante y su ubicación geográfica (en caso de no tener información que contenga las distancias, obtenerlas manualmente como en el caso de este estudio, donde se utilizó el software Google Earth)
2. Se obtienen las distancias de los distintos puntos que el viajante visitará
3. Se construye la matriz $n \times n$ de distancias que contenga las longitudes que se obtuvieron en el paso anterior.



Figura 4.6 Campos seleccionados para el estudio

	Hermosillo	Campo 8 de Mayo	Perlette	Dolores	Esperanza	El perico II	La navidad
Hermosillo		46.4	83	107	63.4	46.9	79
Campo 8 de Mayo	46.4		48.5	71.9	28.7	9.23	44.4
Perlette	83	48.5		74.6	22.3	49.2	30.4
Dolores	107	71.9	74.6		54.8	72.7	70.5
Esperanza	63.4	28.7	22.3	54.8		29.5	18.3
El perico II	46.9	9.23	49.2	72.7	29.5		45.2
La navidad	79	44.4	30.4	70.5	18.3	45.2	

Tabla 4.1 Matriz de distancias entre Hermosillo y los predios expresada en KM

Con la matriz construida, se puede comenzar a trabajar con las distancias en una corrida preliminar, misma que será explicada a continuación

4.5. Solución Manual: Problema del Agente Viajero

Para comenzar con la resolución manual del problema y obtener la ruta más corta mediante el problema del agente viajero usando el algoritmo del vecino más cercano, se inicia asignando el punto de partida correspondiente a Hermosillo (P1: de donde inicia y termina el recorrido de los vehículos) y se busca desde esa fila la columna con la distancia más corta, en la figura se muestra que dicho campo se refiere al campo 8 de Mayo (P2); el siguiente paso es eliminar esa columna para que el siguiente predio que se busque no contemple la distancia de este campo (ejemplificada en la tabla 4.2).

	Hermosillo	Campo 8 de Mayo	Perlette	Dolores	Esperanza	El perico II	La navidad
Hermosillo		46.4	83	107	63.4	46.9	79
Campo 8 de mayo	46.4	-	48.5	71.9	28.7	9.23	44.4
Perlette	83	48.5		74.6	22.3	49.2	30.4
Dolores	107	71.9	74.6		54.8	72.7	70.5
Esperanza	63.4	28.7	22.3	54.8		29.5	18.3
El perico II	46.9	9.23	49.2	72.7	29.5		45.2
La navidad	79	44.4	30.4	70.5	18.3	45.2	

Tabla 4.2 Primer paso en la resolución del problema

A continuación, se comienza asignando el nuevo punto de partida tomando en cuenta la columna seleccionada anteriormente, en este caso es el Campo 8 (P2) el cual es asignado en el renglón 2 Correspondiente al campo 8 de Mayo. Comenzando la búsqueda de este nuevo renglón se busca la columna con la distancia más corta a partir de dicha fila, y como se observa en la tabla siguiente el campo más cercano es el Perico II (P6) y se elimina esta columna (tabla 4.3).

	Hermosillo	Campo 8 de Mayo	Perlette	Dolores	Esperanza	El perico II	La navidad
Hermosillo		46.4	83	107	63.4	46.9	79
Campo 8 de mayo	46.4	-	48.5	71.9	28.7	9.23	44.4
Perlette	83	48.5		74.6	22.3	49.2	30.4
Dolores	107	71.9	74.6		54.8	72.7	70.5
Esperanza	63.4	28.7	22.3	54.8		29.5	18.3
El perico II	46.9	9.23	49.2	72.7	29.5	-	45.2
La navidad	79	44.4	30.4	70.5	18.3	45.2	

Tabla 4.3 Segundo paso en la resolución del problema

Como se ha observado en las tablas anteriores, el procedimiento continua igual, el nuevo punto de partida es el resultado que se obtuvo en el paso anterior (el Perico II = P6) y se iguala al renglón (renglón 6 correspondiente al Perico II) que será el nuevo punto de partida en donde se iniciará la búsqueda de la columna con la distancia más corta entre este campo y las columnas restantes, en la siguiente tabla se aprecia que el siguiente campo es la Esperanza (P5) e igual que en los pasos anteriores se elimina esa columna (tabla 4.4).

	Hermosillo	Campo 8 de Mayo	Perlette	Dolores	Esperanza	El perico II	La navidad
Hermosillo		46.4	83	107	63.4	46.9	79
Campo 8 de mayo	46.4	-	48.5	71.9	28.7	9.23	44.4
Perlette	83	48.5		74.6	22.3	49.2	30.4
Dolores	107	71.9	74.6		54.8	72.7	70.5
Esperanza	63.4	28.7	22.3	54.8		29.5	18.3
El perico II	46.9	9.23	49.2	72.7	29.5	-	45.2
La navidad	79	44.4	30.4	70.5	18.3	45.2	

Tabla 4.4 Tercer paso en la resolución del problema

Para proseguir con la obtención del resultado, se realiza la misma operación que se hizo en los pasos anteriores hasta que se eliminen todas las columnas y ya no existan renglones por asignar como puntos de partida (obtención de P3, P4, P7) estos pasos son observados en las tablas 4.5, 4.6 y 4.7.

	Hermosillo	Campo 8 de Mayo	Perlette	Dolores	Esperanza	El perico II	La navidad
Hermosillo		46.4	83	107	63.4	46.9	79
Campo 8 de mayo	46.4	-	48.5	71.9	28.7	9.23	44.4
Perlette	83	48.5		74.6	22.3	49.2	30.4
Dolores	107	71.9	74.6		54.8	72.7	70.5
Esperanza	63.4	28.7	22.3	54.8	-	29.5	18.3
El perico II	46.9	9.23	49.2	72.7	29.5	-	45.2
La navidad	79	44.4	30.4	70.5	18.3	45.2	

Tabla 4.5 Cuarto paso en la resolución del problema

	Hermosillo	Campo 8 de Mayo	Perlette	Dolores	Esperanza	El perico II	La navidad
Hermosillo		46.4	83	107	63.4	46.9	79
Campo 8 de mayo	46.4	-	48.5	71.9	28.7	9.23	44.4
Perlette	83	48.5	-	74.6	22.3	49.2	30.4
Dolores	107	71.9	74.6		54.8	72.7	70.5
Esperanza	63.4	28.7	22.3	54.8	-	29.5	18.3
El perico II	46.9	9.23	49.2	72.7	29.5	-	45.2
La navidad	79	44.4	30.4	70.5	18.3	45.2	

Tabla 4.6 Quinto paso en la resolución del problema

	Hermosillo	Campo 8 de Mayo	Perlette	Dolores	Esperanza	El perico II	La navidad
Hermosillo		46.4	83	107	63.4	46.9	79
Campo 8 de mayo	46.4	-	48.5	71.9	28.7	9.23	44.4
Perlette	83	48.5	-	74.6	22.3	49.2	30.4
Dolores	107	71.9	74.6	-	54.8	72.7	70.5
Esperanza	63.4	28.7	22.3	54.8	-	29.5	18.3
El perico II	46.9	9.23	49.2	72.7	29.5	-	45.2
La navidad	79	44.4	30.4	70.5	18.3	45.2	

Tabla 4.7 Sexto paso en la resolución del problema

El último paso, ya que las columnas han sido eliminadas, se termina la corrida con el regreso del vehículo a Hermosillo (P1). Entonces encontramos que la ruta más corta es:

- Hermosillo (j1)
 - 46.4 km.
- Campo 8 de Mayo (j2)
 - 9.23 km.
- El Perico II (j3)
 - 29.5 km.
- La esperanza (j4)
 - 18.3 km.
- La navidad (j5)
 - 30.4 km.
- La Perlette (j6)
 - 74.6 km.
- Dolores (j7)
 - 107 km.
- Hermosillo (regreso a inicio de recorrido = j1)

Obteniendo la ruta con la distancia de recorrido más corta de 315.43 km. Este resultado es puesto en la Matriz R que como se explicó en el Algoritmo anterior, es conformado por 8 renglones (número de lugares a recorrer) y dos columnas (Lugares a recorrer y distancias recorridas, figura 4.8).

Matriz R	
Lugares a recorrer	Distancias recorridas
Hermosillo	46.4
Campo 8 de mayo	9.23
El perico II	29.5
La Esperanza	18.3
La Navidad	30.4
La Perlette	74.6
Dolores	107
Hermosillo	Fin de corrida
Distancia total	315.43

Tabla 4.8 *Matriz R que contiene el recorrido y distancias.*

4.5.1. Solución Computacional: Problema del Agente Viajero

Para la creación del algoritmo computación, como ya se mencionó a lo largo de este proyecto se utilizó el software Rstudio.

Rstudio nos muestra diversas ventajas y desventajas. Entre sus ventajas podemos citar la gran facilidad para combinar paquetes de código R y de otros programas, su alta calidad de gráficos, matrices y texto, y sobre todo, una amplia comunidad de usuarios.

Sin embargo, pueden citarse algunas desventajas. Una de las principales es que hasta hace poco el uso de R estaba limitado a entornos universitarios y de usuarios con gran conocimiento de la estadística y la programación. Unido a esto, su primera impresión entre los posibles usuarios es ser poco amigable y difícil para aquellos que desconocen como programar (aunque esto queda superado con el uso).

La creación del algoritmo computacional implica la utilización de diversas funciones las cuales hacen más fácil la interacción entre el usuario y el resultado de la distancia más corta entre diversos Campos o predios a lo algo de las Costa de Hermosillo.

Arrojando como resultado final una secuencia de puntos en orden de visita. Ya mencionadas algunas de las ventajas y desventajas se presenta la programación computacional del Código.

4.5.2. Código del Algoritmo Computacional

El código del algoritmo computacional puede ser observado en el apartado 7.1 del capítulo de Anexos. Como se observa en la programación del algoritmo, en esencia se trata de la construcción de una función que integra diversas opciones que hacen una búsqueda de las distancias más cercanas en una matriz nxn, y con lo cual como resultado final, arrojan una secuencia de puntos por visitar con sus respectivas distancias entre sí. La ventaja de esta función es que no se tiene que volver a teclear el código cada vez que se requiera obtener un resultado. Por lo que cada vez que se ingresen datos de búsqueda solo se tiene que teclear la palabra con la cual se nombró la función y se obtendrá la respuesta en automático, aparte de que Arroja un resultado sencillo de entender y de seguir.

Este algoritmo está sujeto a diversas limitaciones, como por ejemplo que la matriz de distancias tendría que ser de nxn sin excepción.

El resultado obtenido en esta corrida mediante el algoritmo computacional arroja un resultado similar al que se produjo con la corrida realizada de manera manual obteniendo los mismos resultados, aparte de que también es capaz de arrojar un resultado en archivo de Excel con extensión CSV (figura 4.7 y 4.9).

```
> obtenDatos()
Este es el directorio de datos, asegúrese de que es el directorio correcto[1] "c:/1/ivan/mejor"
NOTA: SE CARGARÁ EL ARCHIVO DE NOMBRE Distancias.csv contenido en el directorio de datos[1] "
TECLEE EL NOMBRE DEL ARCHIVO DE SALIDA INCLUYENDO LA EXTENSIÓN (Ejemplo:Nombre.csv) k
ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS[1] 315.43
MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO[1] "ESTOS SON LOS RESULTADOS DE LA MEJOR RUTA EN BASE A LOS DATOS CONTENIDOS EN
EL ARCHIVO Distancias.csv"
  Origen      Destino Menor_Distancia
1 Hermosillo Campo. 8. de. Mayo      46.40
2 Campo. 8. de. Mayo El. perico. II      9.23
3 El. perico. II Esperanza      29.50
4 Esperanza La. navidad      18.30
5 La. navidad Perlette      30.40
6 Perlette Dolores      74.60
7 Dolores Hermosillo      107.00
SE HA CREADO EL ARCHIVO [1] "k"
CONTIENE LOS RESULTADOS Y SE ENCUENTRA EN EL DIRECTORIO DE TRABAJO [1] "c:/1/ivan/mejor"
```

Figura 4.7 obtenido mediante el Algoritmo computacional desarrollado en esta investigación

	A	B	C	D	E
1		Origen	Destino	Menor_Distancia	
2	1	Hermosillo	Campo.8.de.	46.4	
3	2	Campo.8.de.	El.perico.II	9.23	
4	3	El.perico.II	Esperanza	29.5	
5	4	Esperanza	La.navidad	18.3	
6	5	La.navidad	Perlette	30.4	
7	6	Perlette	Dolores	74.6	
8	7	Dolores	Hermosillo	107	
9					
10					

Figura 4.8 Resultado obtenido mediante el Algoritmo computacional, arrojado en archivo de Excel.

4.6. Validación

Para la validación de este algoritmo matemático se comparó el resultado que se obtuvo con el algoritmo computacional de esta investigación contra el resultado que arroja el software WinQsb y sus distintos métodos, donde se trabaja con los mismos datos en cada corrida y con el mismo tipo de problema, el cual es el Vecino más cercano. Además se anexa la comparación con otros 3 métodos distintos al vecino más cercano como lo son: Inserción más barata, mejora de intercambio bidireccional, ramificación y enlace.

Se realizaron 20 corridas de 16 nodos seleccionados aleatoriamente, y fueron resueltos con 4 métodos proporcionados por el software WinQsb. Los cuales fueron comparados con el algoritmo computacional creado en Rstudio durante esta investigación.

- Rstudio: Vecino más cercano
- WinQsb: Vecino más cercano, Inserción más barata, mejora de intercambio bidireccional, ramificación y enlace.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en las 20 corridas realizadas con cada método mencionado anteriormente presentados en la 4.9 (pruebas incluidas en el apartado de anexos, sección 7.3).

	Vecino Más Cercano	Vecino Más Cercano	Inserción Más Barata	Two-way Exchange Improvement Heuristic WinQsb	Branch and Bound WinQsb
Corrida 1	479.08	479.08	479.6	479.3	479.08
Corrida 2	511.57	511.57	469.79	469.39	469.79
Corrida 3	501.86	501.86	473.23	473.23	473.23
Corrida 4	439.39	439.39	405.48	405.48	405.48
Corrida 5	459.78	459.78	413.33	412.73	413.33
Corrida 6	393.01	393.01	355.89	355.89	355.89
Corrida 7	388.99	388.99	368.6	368.47	368.6
Corrida 8	537.54	537.54	486.29	485.62	486.29
Corrida 9	551.72	551.72	508.5	508.1	508.5
Corrida 10	414.34	414.34	389.39	389.29	389.39
Corrida 11	355.23	355.23	354.09	354.09	354.09
Corrida 12	506.66	506.66	469.26	469.06	469.26
Corrida 13	472.09	472.09	438.45	438.45	438.45
Corrida 14	438.87	438.87	421.92	421.72	421.92
Corrida 15	446.33	446.33	418.11	418.01	418.11
Corrida 16	423.17	423.17	395.76	395.76	395.76
Corrida 17	447.63	447.63	417.06	417.06	417.06
Corrida 18	501.81	501.81	465.11	463.31	465.11
Corrida 19	473.16	473.16	440.45	440.45	440.45
Corrida 20	454.42	454.42	440.29	440.09	440.29

Tabla 4.9 *Resultados de Corridas*

Se presenta a continuación la tabla con la estadística descriptiva de cada método, donde se muestra diferentes datos observados en la Tabla 4.10.

Rstudio		WINQSB	
<i>SR</i>		<i>NN</i>	
Vecino más cercano		Vecino más cercano	
Media	459.8325	Media	459.8325
Error típico	11.31315517	Error típico	11.3131552
Mediana	457.1	Mediana	457.1
Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	50.59396801	Desviación estándar	50.593968
Varianza de la muestra	2559.749599	Varianza de la muestra	2559.74
Curtosis	-0.259252199	Curtosis	-0.2592522
Coeficiente de asimetría	-0.143719031	Coeficiente de asimetría	-0.1437190
Rango	196.49	Rango	196.49
Mínimo	355.23	Mínimo	355.23
Máximo	551.72	Máximo	551.72
Suma	9196.65	Suma	9196.65
Cuenta	20	Cuenta	20
Nivel de confianza (95.0%)	23.67870591	Nivel de confianza (95.0%)	23.6787059

WINQSB					
<i>CI</i>		<i>TW</i>		<i>BB</i>	
Inserción más Barata		Mejora de intercambio bidireccional		Ramificación y enlace	
Media	430.53	Media	430.275	Media	430.504
Error típico	9.92038	Error típico	9.8821	Error típico	9.91364
Mediana	430.185	Mediana	430.085	Mediana	430.185
Moda	#N/A	Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	44.3653	Desviación estándar	44.194	Desviación estándar	44.3351
Varianza de la muestra	1968.280	Varianza de la muestra	1953.14	Varianza de la muestra	1965.608
Curtosis	-0.805	Curtosis	-0.798	Curtosis	-0.803
Coeficiente de asimetría	-0.1551	Coeficiente de asimetría	-0.1561	Coeficiente de asimetría	-0.1560
Rango	154.41	Rango	154.01	Rango	154.41
Mínimo	354.09	Mínimo	354.09	Mínimo	354.09
Máximo	508.5	Máximo	508.1	Máximo	508.5
Suma	8610.6	Suma	8605.5	Suma	8610.08
Cuenta	20	Cuenta	20	Cuenta	20
Nivel de confianza (95.0%)	20.763	Nivel de confianza (95.0%)	20.683	Nivel de confianza (95.0%)	20.74

Tabla 4.10 Estadística descriptiva de cada método

En el apartado de Anexos en las figuras 7.5, 7.6, 7.7 y 7.8 se presentan las gráficas de las Pruebas de normalidad de cada método, donde se muestra que efectivamente tienden a ser normales, ya que muchas veces la distribución normal es el modelo de partida del análisis de datos.

A continuación, se realizó un resumen de los resultados de las Tablas Anova del algoritmo computacional desarrollado durante esta investigación contra cada método antes mencionados del software WinQsb (tabla 4.11), lo cual indica que no existe diferencia significativa entre las medias de los datos arrojados por las corridas con un nivel de significancia del 5%.

Para mayor información, revisar el apartado 7.2 del capítulo de anexos donde se muestra toda esta evidencia.

Resumen ANOVAS					
Rstudio	Vs	WinQsb	F	P	Decisión
Vecino más Cercano	Vs	Vecino más Cercano	0	1	Sin diferencia significativa
Vecino más Cercano	Vs	Inserción más barata	3.79	0.059	Sin diferencia significativa
Vecino más Cercano	Vs	Mejora en el intercambio bidireccional	3.87	0.056	Sin diferencia significativa
Vecino más Cercano	Vs	Ramificación y enlace	3.8	0.59	Sin diferencia significativa

Tabla 4.11 Resumen de ANOVAS para cada método

Comenzando con los métodos del vecino más cercano entre los dos sistemas se determina que son iguales, sin ninguna diferencia estadística, obteniendo los mismos resultados en cada corrida.

Para los métodos restantes, tenemos que no existen diferencias estadísticas significativas entre el algoritmo que se desarrolló en esta investigación contra los métodos de Ramificación y enlace, mejora de intercambio bidireccional e inserción más barata con un nivel de significancia del 5%.

En Conclusión, en este apartado podemos comprobar que el algoritmo computacional desarrollado durante este trabajo no tiene diferencias estadísticas

significativas entre los métodos proporcionados por el software Rstudio y WinQsb (Figura 4.17).

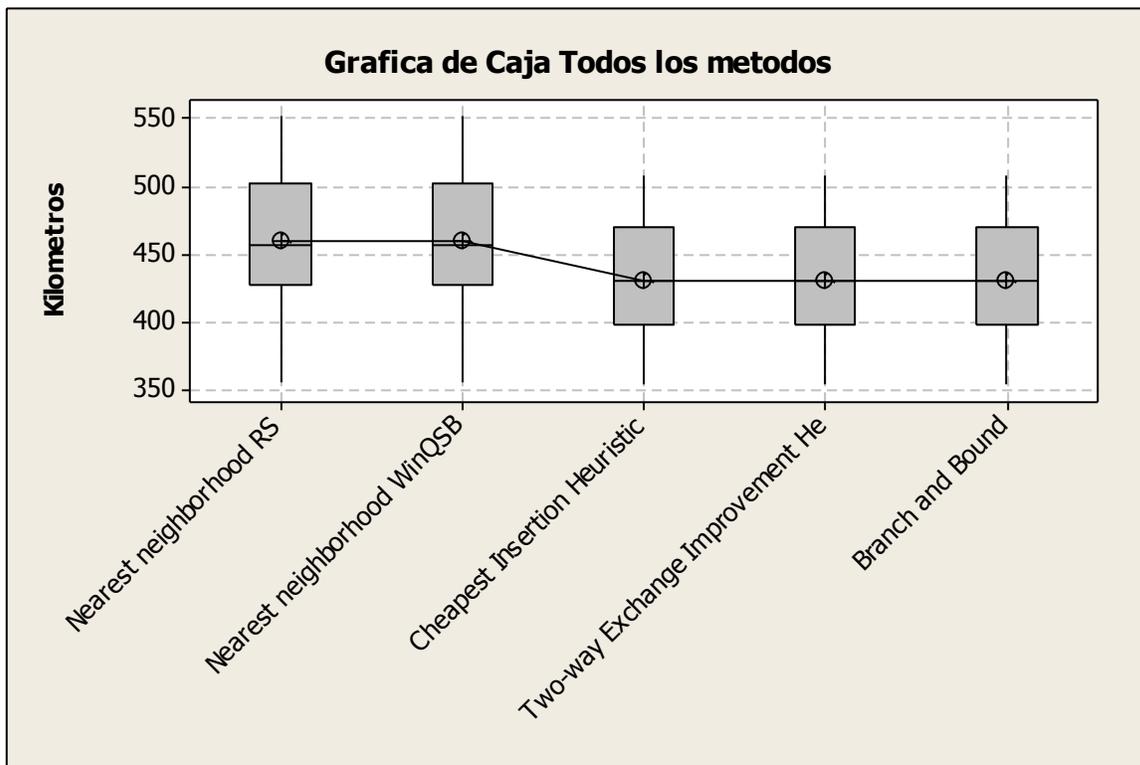


Figura 4.9 Grafica de Comparación Rstudio – WinQsb, Todos los métodos

4.7. Documentación y sugerencias del modelo

Una vez validado el modelo de Inferencia, es necesario efectuar toda la documentación necesaria de este mismo lo cual permitirá su uso adecuado entre los usuarios y también tener bases para que en un futuro, en caso de ser necesario, se realicen ajustes a este modelo para su mejora.

El modelo creado durante este proyecto se rige bajo los parámetros que el Problema del Agente Viajero (TSP) establece, los cuales indican que solo se hará un recorrido pasando por cada punto una sola vez, y teniendo en cuenta el algoritmo del vecino más cercano, mismo que a su vez nos indica que el viajante se moverá de un punto a otro bajo la restricción de que este punto al cual se debe trasladar, será el más cercano desde su punto de origen. Ya entendido el comportamiento esencial de este modelo se continua con una breve descripción

del modelo de inferencia, el cual contemplando el número de Columnas y renglones que se tengan (matriz $n \times n$) comenzará a buscar el punto más cercano desde el punto de origen (Hermosillo), y desde este nuevo punto que fue encontrado, partir hacia el nuevo punto más cercano omitiendo todos aquellos puntos que ya se han visitado con anterioridad, mismos que evitan que se realice un recorrido volviendo a puntos a visitados.

El algoritmo computacional consta de la creación de una función, la cual dentro de la misma se encuentran leyes y restricciones que hacen que comience la búsqueda de distancias entre campos o predios cercanos a donde se encuentra el viajante, y a partir de ahí se comienzan ciclos (función FOR) los cuales se terminan hasta que el número de lugar por visitar será igual al número de columnas o renglones que la matriz contenga. También se contempla la distancia de cada punto entre sí, y esta misma se almacena para después ser arrojada en una matriz de recorrido (n renglones \times 3 columnas) que contiene los punto de origen, el punto a visitar y la distancia a recorrer y la sumatoria total de las distancias que se obtuvieron.

Para continuar, se comentan las ventajas que este algoritmo tiene:

Se trabaja con una matriz $n \times n$, esto quiere decir que no importa la cantidad de columnas-renglones que contenga la matriz, esta programación se creó para realizar ciclos de búsqueda terminando cuando se tenga recorridos el mismo número de columnas-renglones.

El algoritmo se encuentra dentro de una función del Software, la cual contiene el código ya grabado dentro de este comando, y por lo cual no se tiene que estar reproduciendo cada vez que se necesite un nuevo resultado con diferentes cantidades.

Debido a que el código central se encuentra dentro de una función que puede ser llamada cuando se necesite, el resultado puede ser solicitado por medio de un simple serie de palabras o palabra con el cual se identifique esta función, y con ellos se obtendrá un resultado.

El resultado que arroja es fácil de entender y muestra una consecución de puntos por visitar con la distancia que el viajante deberá recorrer para respectivo punto.

Dentro de sus ventajas encontramos que el usuario no deberá teclear manualmente las distancias conforme a la programación del código, es decir, el algoritmo computacional realizara el proceso de encontrar la ruta más corta, en base a un archivo de Excel con extensión CSV, este archivo tendrá la matriz de los predios a visitar con las distancias y es de donde el modelo computacional procesará los datos, después el algoritmo arrojará un nuevo documento de Excel el cual contendrá la ruta más corta.

Como sugerencias para el uso de este código computacional se necesita de una matriz de distancias $n \times n$, es decir se tiene que tener el mismo número de renglones que de columnas, si esto el código no funcionará.

Se recomienda que el usuario previamente tenga las distancias calculadas para la ejecución del código, ya que este usuario tendrá que introducirlos manualmente en el código para crear la matriz nueva.

Para la interpretación de los resultados, el resultado se tomará como la matriz de recorrido, la cual tendrá n renglones (n = número de puntos visitados por el viajante, incluyendo el retorno al punto de origen), y 3 columnas las cuales contienen: en la columna 1 el punto de origen. La columna 2 el punto más cercano/punto a visitar. Columna 3 contiene la distancias recorridas entre cada punto visitado. El Resultado que el código arroja también indica la distancia total recorrida por el viajante.

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Este Proyecto se realizó para apoyar al BAH en su proceso de toma de decisiones mediante la creación de un sistema de soporte a la toma de decisiones, más en específico, el principal objetivo de este trabajo es el desarrollo de uno de los módulos claves de un DSS, el modelo de inferencia que arroja el resultado que se mostrará al usuario, mismo que tendrá un sistema sólido con el cual tomar una decisión basada en una herramienta de investigación de operaciones, que es el problema del agente viajero utilizando el algoritmo del vecino más cercano, este ha sido ampliamente utilizado en la planeación de rutas y la optimización de operaciones logística, y por ende uno de los más estudiados contemplando diversos parámetros proporcionados por el usuario.

Con la creación de este modelo de inferencia, utilizando herramientas de investigación de operación, podría subsanar las necesidades de gestionar mejor los recursos del BAH, y a su vez darle un soporte que apoye las actividades logísticas que desarrolla día con día en el cumplimiento de sus objetivos.

A través de este trabajo se logró crear un algoritmo capaz de arrojar la mejor ruta entre los diferentes predios ubicados en la zona costera de Hermosillo, y este mismo algoritmo se desarrolló en un software, el cual procesará los datos mediante un Archivo de Excel que contenga todas las distancias entre los predios, y dará como resultado la ruta más corta de la corrida en pantalla de Rstudio y aparte un nuevo archivo de Excel con este mismo resultado.

En esta investigación se permitió conocer un estimado de las distancias entre los predios de la costa de Hermosillo y la capital del Estado de Sonora, permitiendo crear una matriz de 26x26 donde se concentra toda esta información, datos con los cuales trabaja el algoritmo computacional (figuras 7.1 y 7.2, apartado de anexos).

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran un algoritmo computacional funcional, capaz de trabajar con un gran número de predios distribuidos en la zona costera de Hermosillo, dando como producto la mejor ruta en cuanto a distancia de recorrido. Este Algoritmo computacional desarrollado mediante el Software Rstudio fue validado mediante la realización de la prueba de normalidad y la comparación de los resultados arrojados en 20 corridas distintas contra los resultados arrojados por el Software WinQsb donde se hicieron con 4 métodos diferentes (incluyendo el algoritmo del vecino más cercano, Inserción más barata, mejora de intercambio bidireccional y ramificación y enlace) los cuales fueron analizados mediante ANOVA para determinar si existía diferencia estadística significativa, como se demostró en el análisis de los resultados (apartado 4.6 Validación) se demuestra que al compararse estadísticamente no existe diferencia significativa con un nivel de significancia del 5%, lo que sugiere que el Algoritmo funciona correctamente y permite conocer la ruta más corta.

A su vez este proyecto podrá beneficiar al BAH en cuanto a ahorro de recursos económicos y humanos, ya sea en cuestiones del sueldo de los trabajadores que pasan horas en recorridos que pueden ser más cortos debido a la disminución de distancias por recorrer y mantener en lo más posible el buen estado de los productos donados, revisar anexos de esta investigación, donde se muestra el resultado de la propuesta al BAH.

También se espera lograr una disminución de la cantidad de combustible utilizado en recorridos innecesarios que los conductores puedan realizar, se propone la utilización de una base matemática y un sistema formal de toma de decisiones que entregue un proceso logístico con mejores recorridos y pudiera esperarse una recolección y traslado eficiente de productos, lo que se podría traducir en menor desperdicio en el manejo de los alimentos donados.

5.1. Recomendaciones

Como recomendación, se necesita ampliar la matriz de distancias con aquellos predios que se encuentran en todas las regiones cercanas a Hermosillo, conocer los caminos disponibles y las distancias entre cada predio y la capital.

Como otra recomendación, también sería importante correr estos datos en el algoritmo computacional y conocer la mejor ruta entre estos predios, y tener un conocimiento más completo contemplando todos los predios ubicados en la región alrededor de Hermosillo

5.2. Trabajos futuros

Como parte de los trabajos futuros, se aconseja mejorar el algoritmo computacional, mediante el establecimiento de ponderaciones al volumen de productos que los predios donen, con lo que el algoritmo podría tener un criterio de decisión basado en la cantidad de producto donado, teniendo así un motor de inferencia más en comparación con el modelos desarrollado durante esta investigación y con la capacidad de dar mejores resultados en comparación con el modelo desarrollado durante esta investigación, ya que este algoritmo no contempla este aspecto, y se podría priorizar aquellos predios que donen más productos.

También se necesita para este proyecto, la creación de una interface que sea la plataforma entre los el modelo y el usuario, contemplando los diferentes aspectos que la usabilidad contiene, y por consecuencia este proyecto podrá ser culminado para su propuesta al BAH, el cual será un sistema hecho a la medida de las necesidades de esta institución.

6. REFERENCIAS

1. Arellano A., García C., 2012. Estudio de heurística para el problema del agente viajero Asimétrico. CIENCIACIERTA año 8 No. 30 Abril – junio 2012
2. Azadeh A., Ghaderi F. 2013. Anvari M., Izadbakhsh H. R., Jahangoshai R. M., Raoofi Z., 2013, An integrated decision support system for performance assessment and optimization of decision-making units., Int J Adv Manuf Technol (2013)
3. Bernal O., Forero C., 2011. Sistemas de información en el sector salud en Colombia, Rev. Gerenc. Polit. Salud, Bogotá (Colombia), 10 (21): 85-100, julio-diciembre de 2011
4. Berry J., O'shea, T. 1987. Assessing Mathematical Modelling. International Journal of Mathematics Education Science and Technology vol 13, 6, 1987.
5. Claver E., Llopis J., Lloret, M., Molina, H. 2000. Manual de administración de empresas, 4ª edición, Civitas, Madrid,
6. Closs J., Helferich K., 1982., Logistics Decision Support System, an integration of information, data base and modeling systems to aid the logistics practitioners., journal of business logistics, 1982,
7. Cohen D., Asín E., 2000. Sistemas de información para los negocios, un enfoque de toma de decisiones, McGraw Hill, 3era. Edición. México D.F., ISBN 970-10-2658-6
8. Crossland M., 2008. Decision Support Systems. School of Business, Oral Roberts University, Tulsa, OK, USA., 10.1007/978-0-387-35973-1_269
9. Daymara D., 2005. Toma de decisiones, el imperativo diario de la vida en la organización moderna. Acimed: revista cubana de los profesionales de la información y la comunicación en salud, ISSN 1024-9435, ISSN-e1530-2880, Vol. 13, Nº. 3, 2005
10. Escobar L., Martínez A., Romero A. Equipo asíncrono de agentes basados en recocido simulado aplicado al problema del agente viajero simétrico. Scientia et Technica Año XVI, No 49, Diciembre de 2011. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701

11. Galv3ez A., Erazo R., Palacios F., 2014. Influencia de las tecnolog3as de la informaci3n y comunicaci3n en el rendimiento de las micro, peque1as y medianas empresas colombianas. Estudios gerenciales (2014) <http://dx.doi.org/10.1016/j.estger.2014.06.006>
12. Garc3a D., Reyes G., Barr3n C. 2006. Simulaci3n y an3lisis de sistemas con Pro Model. Pearson Educaci3n. M3xico 2006 ISBN 970-26-0773-6
13. Ghiaseddin N., 1987, Decision support systems: Theory and application. Characteristics of a successful DSS user's needs Vs. Builder's needs. NATO ASI Series, Vol F31
14. G3mez F., Guerrero L., 2012. Gesti3n de riesgos y controles en sistemas de informaci3n: del aprendizaje a la transformaci3n organizacional. estud. gerenc. 28 (2012) 87-95
15. Gonz3lez J., Mondino P. 2006. Sistema de soporte a la toma de decisi3n para la Protecci3n Integrada del manzano en Uruguay. Phytoma Espa1a: La revista profesional de sanidad vegetal, ISSN 1131-8988, N3 181, 2006 , p3gs. 54-59
16. Guillemette G., Maxime L. Cadieux J., 2014. Defining decision making process performance: conceptualization and validation of an index, information & management 51 (2014) 618-626.
17. Guti3rrez F. 3., Cadena M., Montoya J., Palacios F., 2011. Metodolog3a de optimizaci3n para la toma de decisiones en la red de suministro de biodiesel en Colombia., *Cuad. admon.ser.organ. Bogot3 (Colombia)*, 24 (43): 59-87,
18. Hachikyan A., Scherer R., Angelova M., Lazarova M., 2005, Decision Support System for a River Network Pollution Estimation Based on a Structural Linguistic data model, An international Journal Vol. 5 No. 1 (2005), pp. 105-113
19. Hamdy, A. T., 2011. Investigaci3n de operaciones. 9na. Edici3n., Naucalpan de Ju3rez, Estado de M3xico, 2012 PEARSON EDUCACI3N ISBN: 978-607-32-0796-6

20. Hernández S., Collado F., Baptista P., 2010. Metodología de la investigación. 5ta. Edición, editorial McGrawHill. México. ISBN: 978-607-15-0291-9
21. Johnson, D., Gutin, G., McGeoch, L., Yeo, A., Zhang, W., Zverovitch, A. Experimental Analysis of heuristics for the ATSP. The Traveling Salesman Problem and its Variations. 2002. 445-487
22. Kenneth E., Julie E., 2005., Análisis y diseño de sistemas. Sexta Edición, Pearson Educación, México, 2005, ISBN 970-26-0577-6
23. López E., Salas O. Murillo A. 2014. El problema del agente viajero: un algoritmo determinístico usando búsqueda tabú. Revista de Matemática: teoría y aplicaciones 2014 21(1) : 127–144 CIMPA – UCR ISSN: 1409-2433
24. Miller T., Emmanuel P., Vijay G., Oduntan B. 2013. A logistic deployment decision support system at Pfizer. Ann Oper Res (2013) 203:81–99 DOI 10.1007/s10479-010-0775-1
25. Montoya T., Cobián R., 1999. Toma de decisiones y modernidad en la pequeña empresa mexicana. Administración y Organizaciones. nov1999, Vol. 1 Issue 3, p87-111. 25p. ISSN: 1665-014X
26. Morton S. 1971, management Decision support systems: computer based support for decision making. Division of research, Harvard university
27. Narducci F., Daza M., Montoya R. 2009. Resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases. Revista EIA, Número 12, p. 23-28, Diciembre 2009 ISSN 1794-1237
28. Oliver j. 2008. La importancia de los DSS en la competitividad de las empresas. Revista Digital Universitaria 10 de diciembre 2008, Volumen 9 Número 12, ISSN: 1067-6079
29. Paula-Ligia S., Răzvan P., 2012. Implementing recommendation algorithms for decision making processes. Informatica Economică vol. 16, no. 3/2012
30. Petkovka P., Anu W., Yao X., Jain S., 2014. Reputation and decision making under ambiguity: a study of U.S. venture capital firms' investments

- in the emerging clean energy sector., *Academy of Management Journal*, 2014, Vol. 57, No. 2, 422–448. <http://dx.doi.org/10.5465/amj.2011.0651>
31. Puchades V., Bru J., Rodríguez A., 2008. Aplicación de la Teoría de Grafos para mejorar la planificación de rutas de trabajo de una empresa del sector de la distribución automática. *Revista de Métodos cuantitativos para la economía y la empresa* (6) pp 7-22 diciembre de 2008 ISSN: 1886-516X. D.L. SE-2927-06.
 32. Rodríguez-Ponce E., Pedraja-Rejas L., Araneda—Guirriman C., 2013. Decision-making process and organizational performance in private companies in northern Chile. *INGENIARE - Revista Chilena de Ingeniería*. sep-dic2013, Vol. 21 Issue 3, p328-336. 9p
 33. Romero M., Escalona Y., 2010. Tecnologías de información en la toma de decisiones operativas en empresas petroleras. *Telos, revista de estudios interdisciplinarios en ciencias sociales*, ISSN 1317-0570 ~ Depósito legal pp: 199702ZU31 Vol. 12 (3): 323 - 341, 2010
 34. Sánchez F., Cortés A., Peralta E., Díaz O., 2007. El transporte automotor de cargas en la argentina. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional U.T.N. – Argentina ISBN N° 978-950-42-0079-6
 35. Sánchez L., Vargas L., Luna R., Vidal V. 2011. Sistema de Información para el Control de Inventarios del Almacén del ITS. *Conciencia Tecnológica*, ISSN-e 1405-5597, N° 41, 2011, págs. 41-46
 36. Sapulete S., Witteloostuijn A., Kaufmann W., 2014. An experimental study into the influence of work council advice on managerial decision-making, *scandinavian journal of management* (2014) 30, 358-371
 37. Shinsuke M., Leizel P., Julita T., Gaite Naruo U. 2001. Systemic factors of errors in the case identification process of the national routine health information system: A case study of Modified Field Health Services Information System in the Philippines. *BMC Health Services Research* 2011, 11:271 <http://www.biomedcentral.com/1472-6963/11/271>
 38. Soto D. Wilson S. Pinzon Y. 2008. Una metaheurística híbrida aplicada a un problema de planificación de rutas. *Revista Avances en sistemas e*

- información, vol. 5, núm. 3, diciembre 2008, pp. 135-144, universidad nacional de Colombia.
39. Taha, H.A. 2004. Investigación de Operaciones. 7ª edición. Prentice Hall, México.
 40. Torre A., Pacheco B. 1992. Desarrollo de algoritmos para el TSP con ventanas de tiempo. III Congreso de economía regional de castilla y león, comunicación 2: pp 702-715
 41. Tramullas S. 1996. Organización y gestión del diseño de sistemas de información. Scire: Representación y organización del conocimiento, ISSN 1135-3716, Vol. 2, Nº 2, 1996. págs. 121-132
 42. Tramullas S., 1997. Los sistemas de información: una reflexión sobre información, sistema y documentación. Revista general de información y documentación, ISSN 1132-1873, Vol. 7, Nº 1, 1997 , págs. 207-229
 43. Tran V., Páez D., Sánchez F. 2012. Emotions and decision-making processes in management teams: a collective level analysis. Colegio Oficial de Psicólogos de Madrid.
 44. Trasobares H. 2003. Los sistemas de información: evolución y desarrollo. Proyecto social: Revista de relaciones laborales, ISSN 1133-3189, Nº 10-11, 2003 , págs. 149-165
 45. Vidal F., León P., Gutiérrez H. 2014. Método heurístico para el problema de ruteo de vehículos aplicado a la empresa distribuidora Representaciones Continental. Gest. Soc., 7(1); 171-186, enero-junio 2014, ISSN 2027-1433
 46. Zhi-Hua H., Zhao-Han S. 2014. A decision support System for public logistics information Service management and optimization. Decision Support Systems 59 (2014) 219–229

7. ANEXOS

En este apartado se Muestra la simulación de este algoritmo computacional con una matriz de 26 renglones y 26 columnas, lo que nos arroja un resultado más completo respecto a los predios de la costa de Hermosillo, incluyendo los 7 predios que fueron utilizados en la construcción de este modelo de inferencia. También se muestra el mapa de todos predios a lo largo de la costa de los cuales se tomó la distancia para la realización de la matriz de distancias.

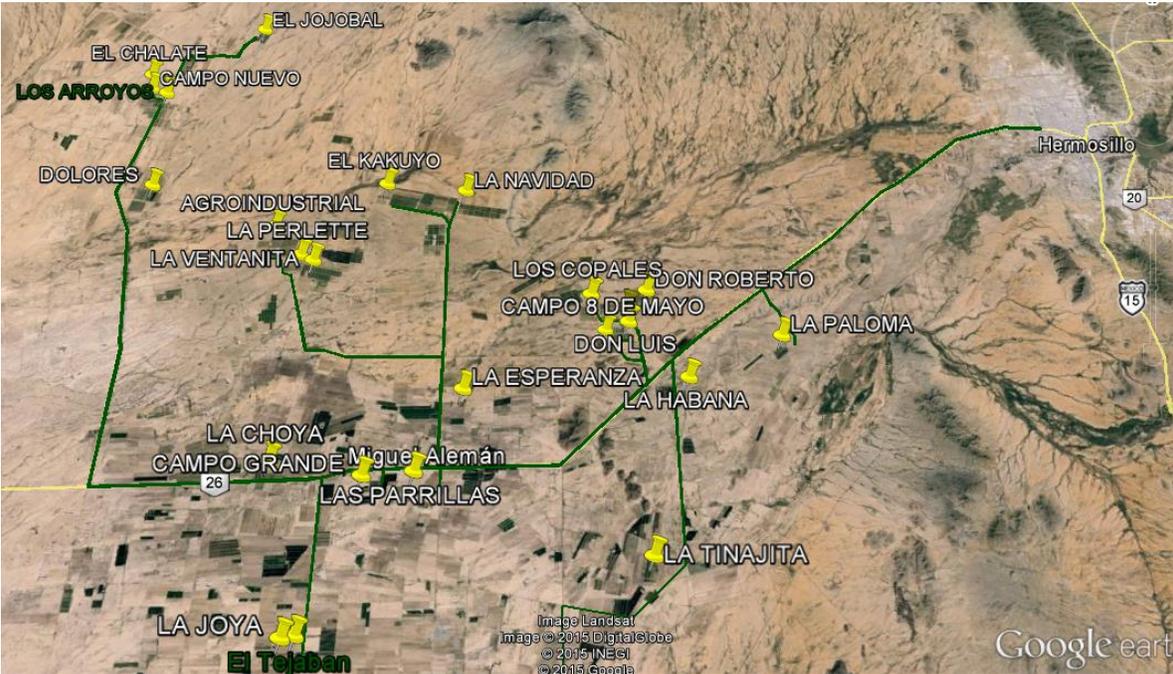


Figura 7.1 Grafica de Comparación Rstudio – WinQsb, Todos los métodos

Se muestra la matriz de distancia en la figura 7.2:

	Hermosillo	mpo 8 de M	Perlette	Dolores	Esperanza	El perico	La navidad	La habana	Joga	Choga	a ventanita	Parrila	La Paloma
Hermosillo	0	46.4	83	107	63.4	46.9	79	41	76.8	69	80.4	60.4	34.2
mpo 8 de M	46.4	0	48.5	71.9	28.7	9.23	44.4	9.98	40.7	33.2	44.4	24.3	21.1
Perlette	83	48.5	0	74.6	22.3	49.2	30.4	47.5	44.1	36.7	1.77	28.3	58.6
Dolores	107	71.9	74.6	0	54.8	72.7	70.5	68.4	49.8	34.3	69.1	49.5	79.8
Esperanza	63.4	28.7	22.3	54.8	0	29.5	18.3	27	23.6	16.7	18.7	8.1	38.3
El perico	46.9	9.23	49.2	72.7	29.5	0	45.2	11	41.8	34.3	45.5	25.4	22
La navidad	79	44.4	30.4	70.5	18.3	45.2	0	44.4	41	33.5	28	25.2	55.5
La habana	41	9.98	47.5	68.4	27	11	44.4	0	41.4	34	45.2	25	16.9
La Joga	76.8	40.7	44.1	49.8	23.6	41.8	41	41.4	0	15.2	42	22.4	52.6
La Choga	69	33.2	36.7	34.3	16.7	34.3	33.5	34	15.2	0	34.6	15	45.3
a ventanita	80.4	44.4	1.77	69.1	18.7	45.5	28	45.2	42	34.6	0	26.4	56.7
Las Parrilas	60.4	24.3	28.3	49.5	8.1	25.4	25.2	25	22.4	15	26.4	0	36.5
La Paloma	34.2	21.1	58.6	79.8	38.3	22	55.5	16.9	52.6	45.3	56.7	36.5	0
El Kakugo	82.4	46.3	33	71	20	47.7	7.1	47	43.8	36.7	31	28.4	58.5
Don Roberto	47.8	8.42	49.4	70.5	29	1.75	46.2	12.7	43.5	36.1	47.3	27.3	24.4
La Tinajita	53	21.5	58.8	80.3	38.8	22.8	56	12.6	53	45.7	51	36.6	28.8
Los copales	49.3	10.2	50.9	72.1	31	4.52	48	14.4	45	37.6	48.9	28.7	25.5
ampo gran	62.7	26.9	30.3	44.2	10.2	28	27.3	27.6	17.3	10.1	28.1	8.73	38.9
Don Luis	45.8	0.86	47.4	68.5	26.9	7.9	44.4	10.3	41.6	34	45.5	25.2	22
El Chalatte	115	79.3	82.7	11.6	61.9	80.9	79.6	80	61.2	46	80.4	61	91.3
El Jojobal	127	91.5	94.8	23.8	74.8	93.8	91.5	92.2	73.5	57.6	92.8	73.2	104
Los Arroyos	115	79	82	11.2	62	80.2	79.2	78.8	60.9	45.5	80.3	60.7	90.8
El Tejaban	77.91	41.81	45.21	50.91	24.71	42.91	42.11	42.51	1.11	16.3	43.11	23.51	53.71
La Cuichi	85.6	54.1	91.4	112.9	71.4	55.4	88.6	45.2	85.6	78.3	83.6	69.2	61.4
groindustri	87.15	52.65	4.15	78.75	26.45	53.35	34.55	51.65	48.3	40.9	5.92	32.45	62.75
Campo Nue	117.22	81.22	84.22	13.42	64.22	82.42	81.42	81.02	63.1	47.7	82.52	62.92	93.02
Kakugo	82.4	47.8	53	49.3	62.7	45.8	115	127	115	77.91	85.6	87.15	117.22
Don Roberto	46.3	8.42	21.5	10.2	26.9	0.86	79.3	91.5	79	41.81	54.1	52.65	81.22
La Tinajita	33	49.4	58.8	50.9	30.3	47.4	82.7	94.8	82	45.21	91.4	4.15	84.22
Los copales	71	70.5	80.3	72.1	44.2	68.5	11.6	23.8	11.2	50.91	112.9	78.75	13.42
ampo gran	20	29	38.8	31	10.2	26.9	61.9	74.8	62	24.71	71.4	26.45	64.22
Don Luis	47.7	1.75	22.8	4.52	28	7.9	80.9	93.8	80.2	42.91	55.4	53.35	82.42
El Chalatte	7.1	46.2	56	48	27.3	44.4	79.6	91.5	79.2	42.11	88.6	34.55	81.42
El Jojobal	47	12.7	12.6	14.4	27.6	10.3	80	92.2	78.8	42.51	45.2	51.65	81.02
Los Arroyos	43.8	43.5	53	45	17.3	41.6	61.2	73.5	60.9	1.11	85.6	48.25	63.12
El Tejaban	36.7	36.1	45.7	37.6	10.1	34	46	57.6	45.5	16.31	78.3	40.85	47.72
La Cuichi	31	47.3	51	48.9	28.1	45.5	80.4	92.8	80.3	43.11	83.6	5.92	82.52
groindustri	28.4	27.3	36.6	28.7	8.73	25.2	61	73.2	60.7	23.51	69.2	32.45	62.92
Campo Nue	58.5	24.4	28.8	25.5	38.9	22	91.3	104	90.8	53.71	61.4	62.75	93.02
Don Roberto	0	49.3	59	51	30.2	47.3	82.6	94.4	82.1	44.91	91.6	37.15	84.32
La Tinajita	49.3	0	24.4	6.1	29.7	9.26	82	94.1	81.9	44.61	57	53.55	84.12
Los copales	59	24.4	0	26	39.3	22.6	91.7	104	91.5	54.11	32.6	62.95	93.72
ampo gran	51	6.1	26	0	31.3	10.9	83.7	95.9	83.3	46.11	58.6	55.05	85.52
Don Luis	30.2	29.7	39.3	31.3	0	27.8	55.8	68	55.2	18.41	71.9	34.45	57.42
El Chalatte	47.3	9.26	22.6	10.9	27.8	0	80.1	92.6	79.8	42.71	55.2	51.55	82.02
El Jojobal	82.6	82	91.7	83.7	55.8	80.1	0	12.2	0.62	62.31	124.3	86.85	2.83
Los Arroyos	94.4	94.1	104	95.9	68	92.6	12.2	0	12.5	74.61	136.6	98.95	14.72
El Tejaban	82.1	81.9	91.5	83.3	55.2	79.8	0.62	12.5	0	62.01	124.1	86.15	2.22
La Cuichi	44.91	44.61	54.11	46.11	18.41	42.71	62.31	74.61	62.01	0	86.71	49.36	64.23
groindustri	91.6	57	32.6	58.6	71.9	55.2	124.3	136.6	124.1	86.71	0	95.55	126.32
Campo Nue	37.15	53.55	62.95	55.05	34.45	51.55	86.85	98.95	86.15	49.36	95.55	0	88.37
Don Roberto	84.32	84.12	93.72	85.52	57.42	82.02	2.83	14.72	2.22	64.23	126.32	88.37	0

Figura 7.2 Matriz de distancias de 26x26

Estas Distancias fueron con las cuales, se corrió la simulación, obteniendo la primera propuesta de recorrido a lo largo de 26 predios dispersos en la costa de Hermosillo, arrojando un resultado por el algoritmo de computación mostrado a continuación en la figura 7.3, y también se arroja el resultado en formato de Excel en figura 74.

```
> obtenDatos()
Este es el directorio de datos, asegúrese de que es el directorio correcto[1] "C:/1/ivan/mejor"
NOTA: SE CARGARÁ EL ARCHIVO DE NOMBRE Distancias.csv contenido en el directorio de datos[1] "
TECLEE EL NOMBRE DEL ARCHIVO DE SALIDA INCLUYENDO LA EXTENSIÓN (Ejemplo:Nombre.csv) ruta.csv
ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS[1] 571.45
MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO[1] "ESTOS SON LOS RESULTADOS DE LA MEJOR RUTA EN BASE A LOS DATOS CONTENIDOS EN
EL ARCHIVO Distancias.csv"
  Origen Destino Menor_Distancia
1 Hermosillo La.Paloma 34.20
2 La.Paloma La.habana 16.90
3 La.habana Campo.8.de.Mayo 9.98
4 Campo.8.de.Mayo Don.Luis 0.86
5 Don.Luis El.perico.II 7.90
6 El.perico.II Don.Roberto 1.75
7 Don.Roberto Los.copales 6.10
8 Los.copales La.Tinajita 26.00
9 La.Tinajita La.Cuichi 32.60
10 La.Cuichi Las.Parrilas 69.20
11 Las.Parrilas Esperanza 8.10
12 Esperanza Campo.grande 10.20
13 Campo.grande La.Choya 10.10
14 La.Choya La.Joya 15.20
15 La.Joya El.Tejaban 1.11
16 El.Tejaban La.navidad 42.11
17 La.navidad El.Kakuyo 7.10
18 El.Kakuyo La.ventanita 31.00
19 La.ventanita Perlette 1.77
20 Perlette Agroindustrial 4.15
21 Agroindustrial Dolores 78.75
22 Dolores Los.Arroyos 11.20
23 Los.Arroyos El.Chalatte 0.62
24 El.Chalatte Campo.Nuevo 2.83
25 Campo.Nuevo El.Jojobal 14.72
26 El.Jojobal Hermosillo 127.00
SE HA CREADO EL ARCHIVO [1] "ruta.csv"
```

Figura 7.3 Resultado de la simulación mediante el Modelo de inferencia computacional

	A	B	C	D	E
1		Origen	Destino	Menor_Distancia	
2	1	Hermosillo	La.Paloma	34.2	
3	2	La.Paloma	La.habana	16.9	
4	3	La.habana	Campo.8.de.l	9.98	
5	4	Campo.8.de.l	Don.Luis	0.86	
6	5	Don.Luis	El.perico.II	7.9	
7	6	El.perico.II	Don.Roberto	1.75	
8	7	Don.Roberto	Los.copales	6.1	
9	8	Los.copales	La.Tinajita	26	
10	9	La.Tinajita	La.Cuichi	32.6	
11	10	La.Cuichi	Las.Parrilas	69.2	
12	11	Las.Parrilas	Esperanza	8.1	
13	12	Esperanza	Campo.granc	10.2	
14	13	Campo.granc	La.Choya	10.1	
15	14	La.Choya	La.Joya	15.2	
16	15	La.Joya	El.Tejaban	1.11	
17	16	El.Tejaban	La.navidad	42.11	
18	17	La.navidad	El.Kakuyo	7.1	
19	18	El.Kakuyo	La.ventanita	31	
20	19	La.ventanita	Perlette	1.77	
21	20	Perlette	Agroindustri	4.15	
22	21	Agroindustri	Dolores	78.75	
23	22	Dolores	Los.Arroyos	11.2	
24	23	Los.Arroyos	El.Chalatte	0.62	
25	24	El.Chalatte	Campo.Nuev	2.83	
26	25	Campo.Nuev	El.Jojobal	14.72	
27	26	El.Jojobal	Hermosillo	127	

Figura 7.4 Resultado de la simulación mediante el Modelo de inferencia computacional, arrojado por el sistema en formato de Excel.CSV

Como se observa en la imagen, se tiene un consecución de puntos por visitar, obteniendo una distancia de recorrido total de 571.45 km. Lo cual sería la propuesta de recorrido para que el Banco de Alimentos tenga un sistema logístico más sólido, teniendo menos desperdicios en productos, combustible, tiempo y en recursos humanos y económicos.

7.1. Código del algoritmo computacional

A continuación se presenta el código de programación del algoritmo computacional desarrollado mediante Rstudio.

```
MR<-function (ds){
```

```

nreng<-nrow(ds)#cantidad de renglones del data set se busca el de las distancias
ncolu<-ncol(ds)
resultado<-matrix(ncol=2,nrow=nreng)#matriz donde se tendrán los resultados
Menor_Distancia<-c()
Destino<-c()
Origen<-c()
total=0
busc<-1
#índice para buscar el de menor distancia, se empieza con 1 porque es el primer
valor que se va a comparar
#inicia un ciclo en donde se ordenará la matriz
ordenado<-vector (length = nreng)
for(ren in 1:nreng){
  if(ren==nreng){
    #si el renglón es el Último, entonces se considera que las distancias son las
Últimas
    #es decir es la ruta de regreso y ya se tiene toda la ruta correcta
    inicial<-1
  }else{
    #se inicia la comparación a partir del punto 2 de la matriz
    inicial<-2
  }
  Origen[ren]<-colnames(ds[busc])
  #Se calcula cual es el valor mínimo de la matriz considerando el punto inicial
  valormin<-min(ds[busc,inicial:ncolu])
  indicordeminimo<-which(ds[busc,]==valormin)
  busc<-indicordeminimo#en este punto se establece cual es el valor de la
localización inicial
  Menor_Distancia[ren]<-valormin
  Destino[ren]<-colnames(ds[indicordeminimo])
  #valor de total de km recorridos

```

```

total=total+valormin
ds[,indicadordeminimo]<-500000
resultado[ren,1]<-valormin
# resultado[ren,2]<-names[indicadordeminimo]
}
#print("este es el valor suma")
#print(Menor_Distancia)
#print("estos son los nombres")
# print(Destino)
# cat("estos son los nombres origen")
# print(Origen)
cat("ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS")
#se imprime la cantidad total de km recorridos
print(total)
cat("MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO")
datos<-data.frame(Origen, Destino, Menor_Distancia)
#print(datos)
resultado<-datos
# datos4<-data.frame(datos3,suma)
# resultado<-datos2
#se imprime la cantidad total de km recorridos
# print(resultado)
return(resultado)
}

```

```

obtenDatos <- function(){
  setwd("C:/1/ivan/mejor")
  cat("Este es el directorio de datos, asegúrese de que es el directorio correcto")
  print(getwd())
}

```

```

cat("NOTA: SE CARGARA EL ARCHIVO DE NOMBRE Distancias.csv contenido
en el directorio de datos")
print(" ")
X<- readline("TECLEE EL NOMBRE DEL ARCHIVO DE SALIDA INCLUYENDO
LA EXTENSIÓN (Ejemplo:Nombre.csv) ")
Distancias <-read.csv("Distancias.csv", header = TRUE, sep = ",")
ruta<-MR(Distancias)
write.csv(ruta, X)
texto<-"ESTOS SON LOS RESULTADOS DE LA MEJOR RUTA EN BASE A
LOS DATOS CONTENIDOS EN EL ARCHIVO Distancias.csv"
print(texto)
print(ruta)
cat("SE HA CREADO EL ARCHIVO ")
print(X)
cat(" CONTIENE LOS RESULTADOS Y SE ENCUENTRA EN EL DIRECTORIO
DE TRABAJO ")
print(getwd())
#x <- readline("What is the value of x?")
#y <- readline("What is the value of y?")
#t <- readline("What are the T values?")
#v <- readline("What are the V values?")

# x <- as.numeric(unlist(strsplit(x, ",")))
# y <- as.numeric(unlist(strsplit(y, ",")))
# t <- as.numeric(unlist(strsplit(t, ",")))
# v <- as.numeric(unlist(strsplit(v, ",")))

}

```

```
#setwd("C:/1/ivan/mejor")

#Distancias <-read.csv("Distancias.csv", header = TRUE, sep = ",")
#titulo<-read.csv("titulos.csv", header = FALSE, sep = ",")
#ruta<-MR(Distancias)
#print("ESTOS SON LOS VALORES")
#write.csv(ruta, "resultado.csv")
#print(ruta)
```

7.2. Evidencia de la Validación

En esta sección se presentan las gráficas donde se demuestra la prueba de normalidad para cada método (figuras 7.5, 7.6, 7.7, 7.8)

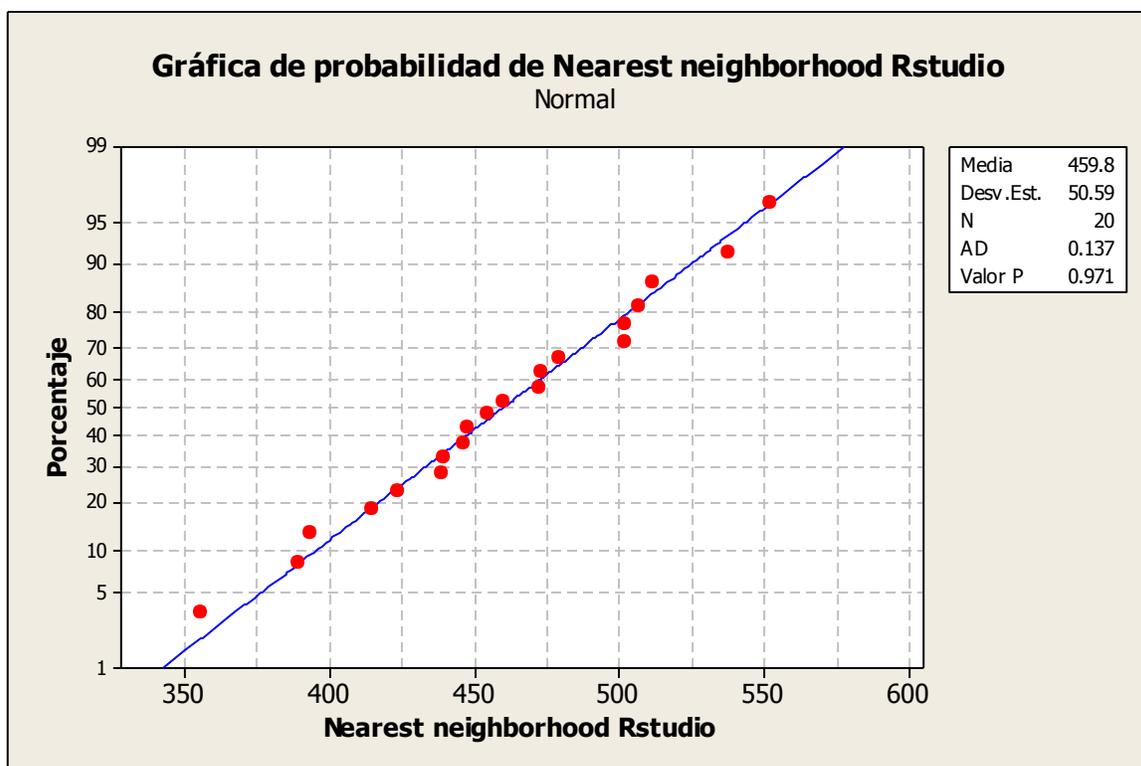


Figura 7.5 Grafica de normalidad Rstudio – Vecino más cercano

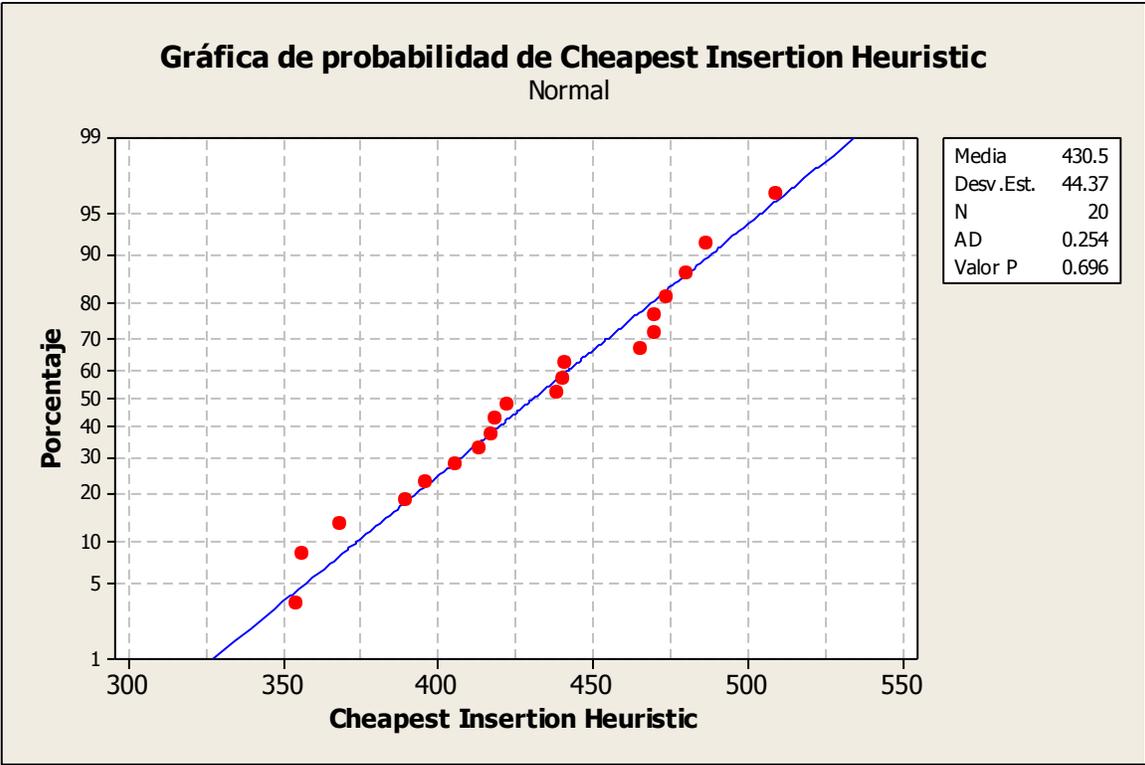


Figura 7.6 Grafica de normalidad WinQsb – Inserción más barata

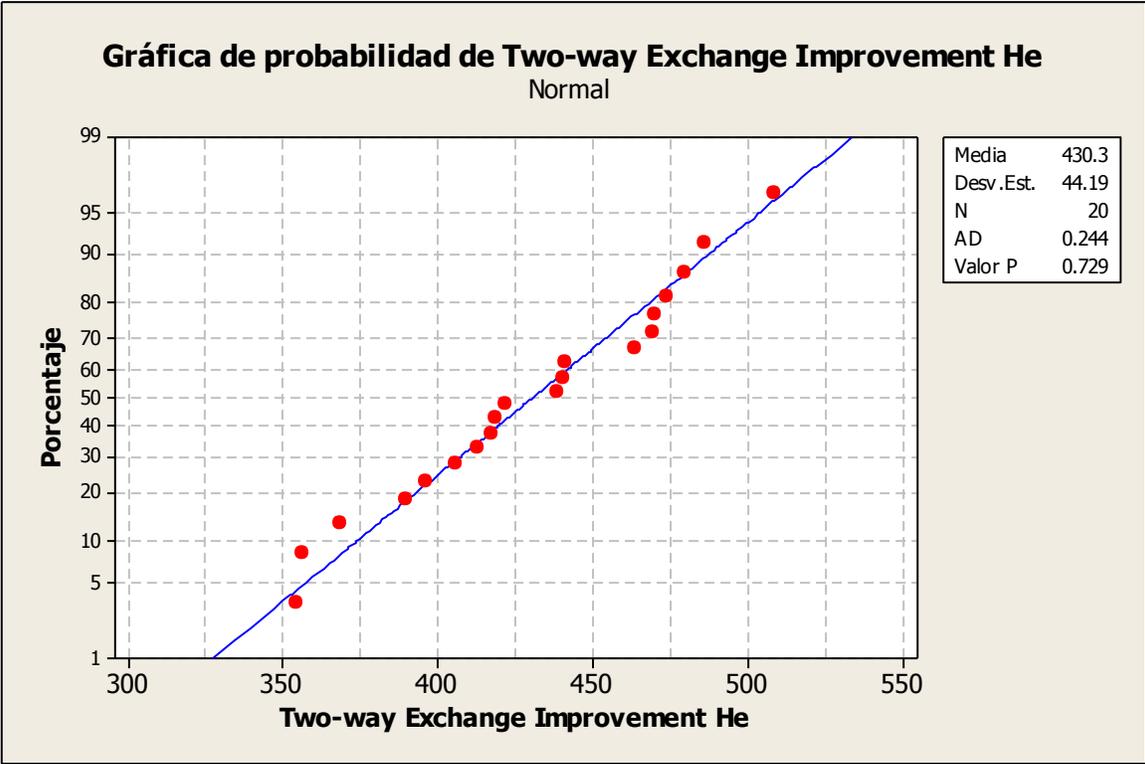


Figura 7.7 Grafica de normalidad WinQsb – Mejora de intercambio bidireccional

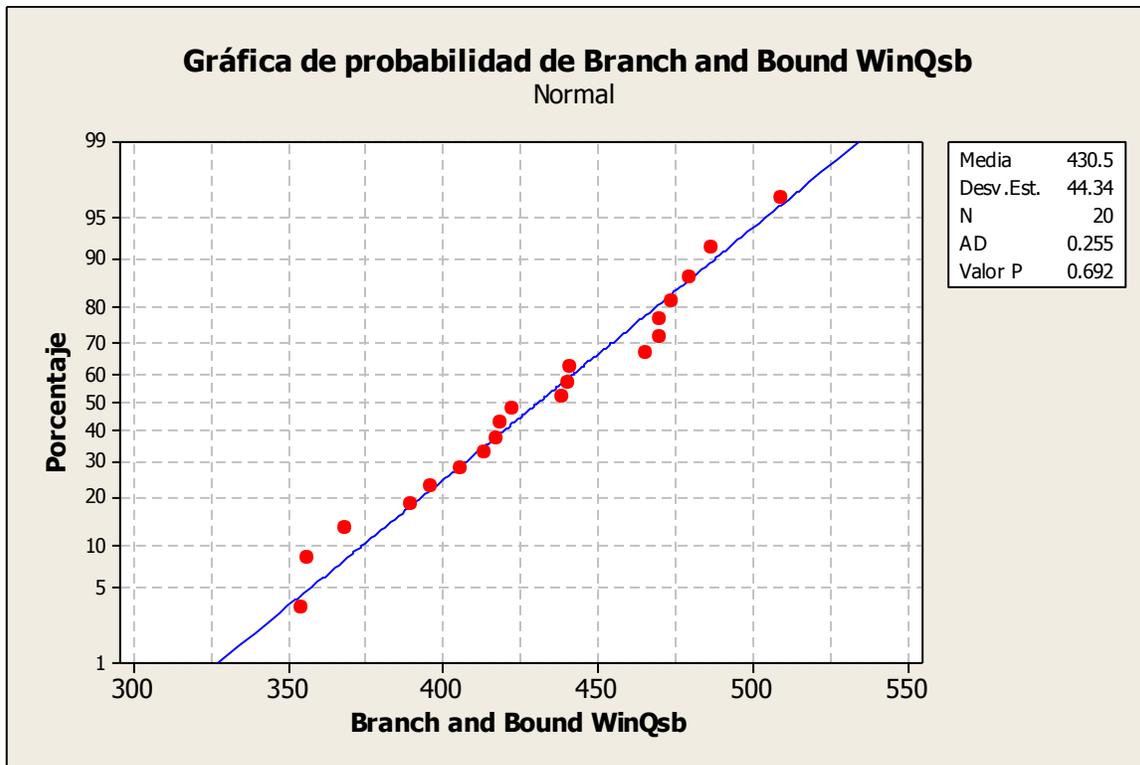


Figura 7.8 Grafica de normalidad WinQsb – Ramificación y enlace

A continuación, se muestran las tablas Anovas donde se hicieron las comparaciones entre cada método, lo cual indica que no existe diferencia significativa entre las medias de los datos arrojados por las corridas con un nivel de significancia del 5%.

Rstudio: Vecino más cercano Vs WinQsb: Vecino más cercano

En la tabla Anova se observa un valor P de 1.00 lo cual no indica que no existe diferencia significativa entre las medias de los datos arrojados por las corridas del método del método del vecino más cercano de ambos software con un nivel de significancia del 5% (Figura 7.9).

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0	0	0.00	1.000
Error	38	97270	2560		
Total	39	97270			

S = 50.59 R-cuad. = 0.00% R-cuad. (ajustado) = 0.00%

Nivel		N	Media	Desv.Est.
Nearest neighborhood Rst		20	459.83	50.59
Nearest neighborhood Wi		20	459.83	50.59

Desv.Est. agrupada = 50.59

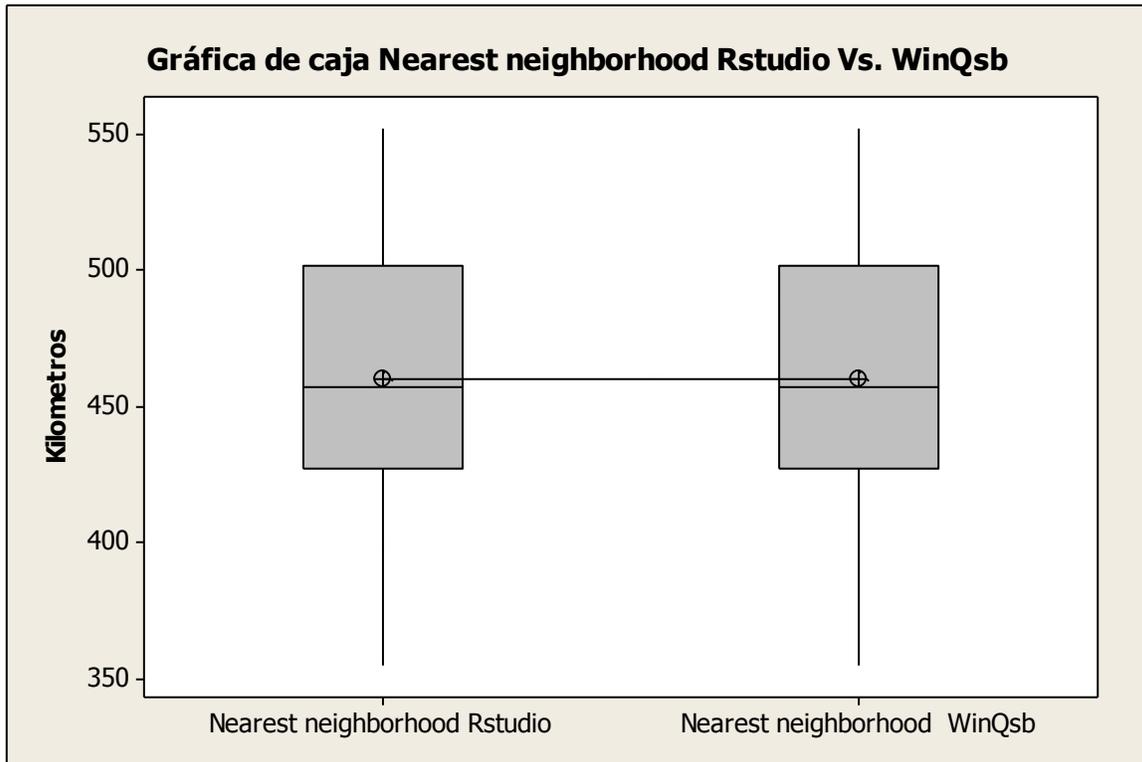


Figura 7.9 Grafica de comparación Rstudio-WinQsb

Rstudio: Vecino más cercano Vs. WinQsb: Inserción más barata

En la tabla Anova se observa un valor P de 0.059 lo cual no indica que no existe diferencia significativa entre las medias de los datos arrojados por las corridas de los métodos de ambos software con un nivel de significancia del 5% (Figura 7.10).

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	8586	8586	3.79	0.059
Error	38	86033	2264		
Total	39	94619			

S = 47.58 R-cuad. = 9.07% R-cuad. (ajustado) = 6.68%

Nivel		N	Media	Desv.Est.
Nearest neighborhood Rst		20	459.83	50.59
Cheapest Insertion Heuri		20	430.53	44.37

Desv.Est. agrupada = 47.58

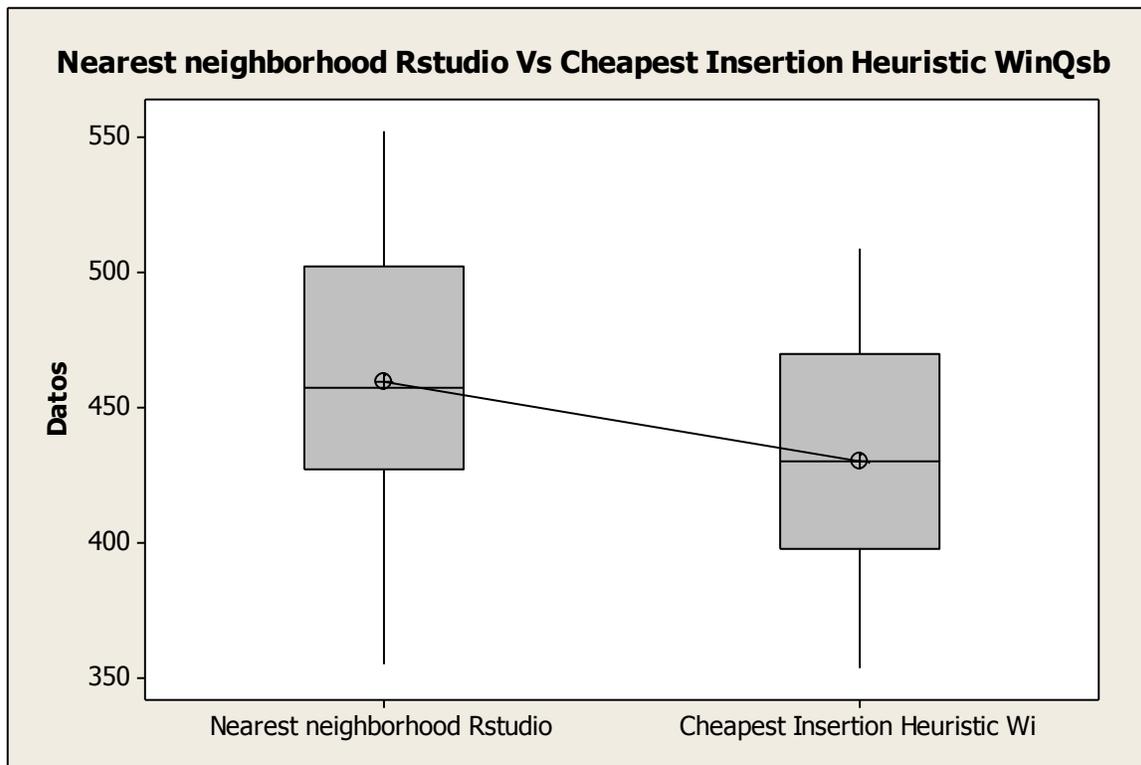


Figura 7.10 Grafica de comparación Rstudio – WinQsb

Rstudio: Vecino más cercano Vs. WinQsb: Mejora en el intercambio bidireccional

En la tabla Anova se observa un valor P de 0.056 lo cual no indica que no existe diferencia significativa entre las medias de los datos arrojados por las corridas de los métodos de ambos software con un nivel de significancia al 5% (Figura 7.11).

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	8736	8736	3.87	0.056
Error	38	85745	2256		
Total	39	94481			

S = 47.50 R-cuad. = 9.25% R-cuad.(ajustado) = 6.86%

Nivel	N	Media	Desv.Est.
Nearest neighborhood Rst	20	459.83	50.59
Two-way Exchange Improve	20	430.28	44.19

Desv.Est. agrupada = 47.50

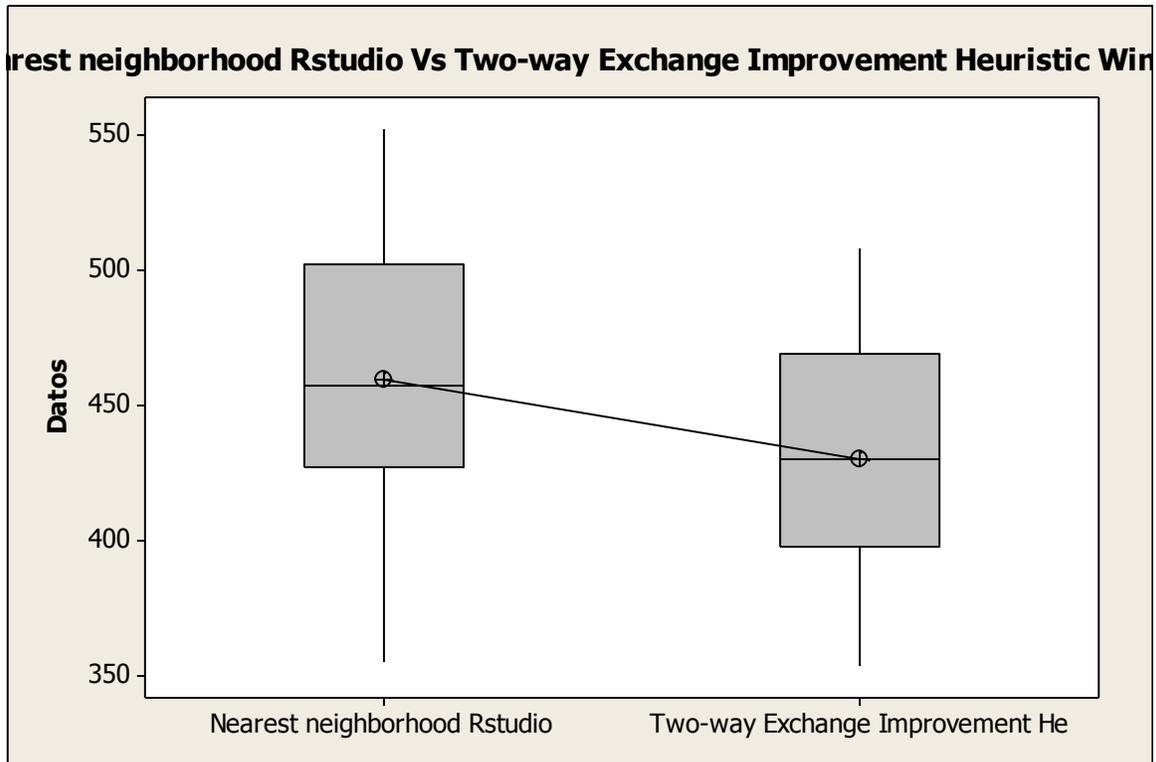


Figura 7.11 Grafica de comparación Rstudio – WinQsb

R studio: Nearest neighborhood Vs. WinQsb: Ramificación y enlace.

En la tabla Anova se observa un valor P de 0.059 lo cual no indica que no existe diferencia significativa entre las medias de los datos arrojados por las corridas de los métodos de ambos software con un nivel de significancia del 5% (figura 7.12).

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	8602	8602	3.80	0.059
Error	38	85982	2263		
Total	39	94583			

S = 47.57 R-cuad. = 9.09% R-cuad. (ajustado) = 6.70%

Nivel	N	Media	Desv.Est.
Nearest neighborhood Rst	20	459.83	50.59
Branch and Bound WinQsb	20	430.50	44.34

Desv.Est. agrupada = 47.57

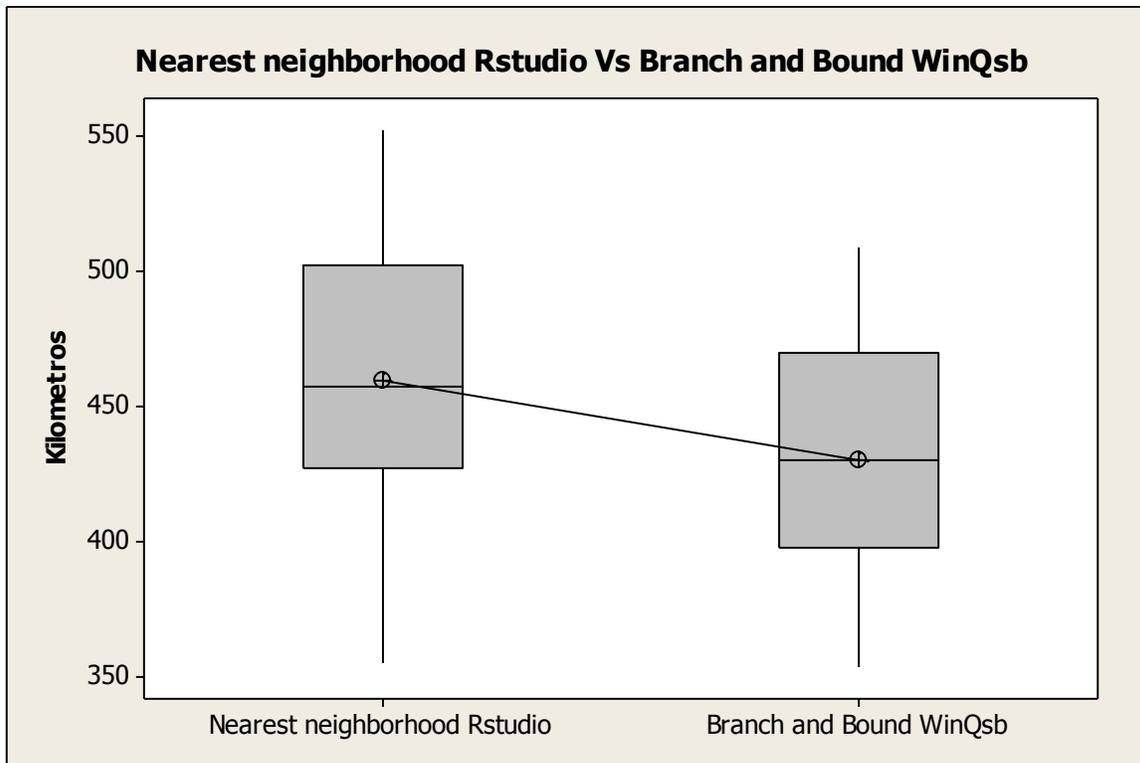


Figura 7.12 Grafica de comparación Rstudio – WinQsb

7.3. Corridas de prueba utilizadas durante la Validación

En este apartado se muestran las corridas que se realizaron con ambos software y los métodos del Vecino más cercano, inserción más barata, Mejora de intercambio bidireccional y también ramificación y enlace.

CORRIDA 1 – MUESTRA 1

RSTUDIO

```
[1] "Corrida: 1"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 479.08
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
[1,] [,1] [,2]
[1,] "La.Paloma" "34.2"
[2,] "Campo.8.de.Mayo" "21.1"
[3,] "Don.Luis" "0.86"
[4,] "Don.Roberto" "9.26"
[5,] "Los.copales" "6.1"
[6,] "La.Tinajita" "26"
[7,] "La.Cuichi" "32.6"
[8,] "La.ventanita" "83.6"
[9,] "Agroindustrial" "5.92"
[10,] "La.navidad" "34.55"
[11,] "El.Tejaban" "42.11"
[12,] "Dolores" "50.91"
[13,] "Los.Arroyos" "11.2"
[14,] "El.Chalatte" "0.62"
[15,] "Campo.Nuevo" "2.83"
[16,] "Hermosillo" "117.22"
```

WINQSB

Solution for corrida 1: Minimization (Traveling Salesman Problem)

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	LA.PALOMA	34.2	9	LA.VENTANITA	AGROINDUTRIAS	5.92
2	LA.PALOMA	CAMPO.8	21.1	10	AGROINDUTRIAS	LA.NAVIDAD	34.55
3	CAMPO.8	DON.LUIS	0.86	11	LA.NAVIDAD	EL.TEJABAN	42.11
4	DON.LUIS	DON.ROBERTO	9.26	12	EL.TEJABAN	DOLORES	50.91
5	DON.ROBERTO	LOS.COPALES	6.1	13	DOLORES	LOS.ARROYOS	11.2
6	LOS.COPALES	LA.TINAJITA	26	14	LOS.ARROYOS	EL.CHALATTE	0.62
7	LA.TINAJITA	LA.CUICHI	32.6	15	EL.CHALATTE	CAMPO.NUEVO	2.83
8	LA.CUICHI	LA.VENTANITA	83.6	16	CAMPO.NUEVO	HERMOSILLO	117.22
	Total	Minimal	Traveling Distance	or Cost	=		479.08
	(Result	from	Cheapest Insertion	Heuristic)			

Solution for corrida 1: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	ARROYOS	CAMPO.NUEVO	2.22	9	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86
2	CAMPO.NUEVO	CHALATTE	2.83	10	CAMPO.8	CUICHI	54.1
3	CHALATTE	AGROINDUTRIAS	86.85	11	CUICHI	TINAJITA	32.6
4	AGROINDUTRIAS	VENTANITA	5.92	12	TINAJITA	HERMOSILLO	53
5	VENTANITA	NAVIDAD	28	13	HERMOSILLO	PALOMA	34.2
6	NAVIDAD	DON.ROBERTO	46.2	14	PALOMA	TEJABAN	53.71
7	DON.ROBERTO	COPALES	6.1	15	TEJABAN	DOLORES	50.91
8	COPALES	DON.LUIS	10.9	16	DOLORES	ARROYOS	11.2
	Total	Minimal	Traveling Distance	or Cost	=		479.60
	(Result	from	Cheapest Insertion	Heuristic)			

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	ROINDUSTRI	VENTANITA	5.92	9	TINAJITA	HERMOSILLO	53
2	VENTANITA	NAVIDAD	28	10	HERMOSILLO	PALOMA	34.2
3	NAVIDAD	ON.ROBERT	46.2	11	PALOMA	TEJABAN	53.71
4	ON.ROBERT	COPALES	6.1	12	TEJABAN	DOLORES	50.91
5	COPALES	DON.LUIS	10.9	13	DOLORES	CHALATTE	11.6
6	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86	14	CHALATTE	AMPO.NUEV	2.83
7	CAMPO.8	CUICHI	54.1	15	AMPO.NUEV	ARROYOS	2.22
8	CUICHI	TINAJITA	32.6	16	ARROYOS	ROINDUSTRI	86.15
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	479.30
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic]	

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	VENTANITA	ROINDUSTRI	5.92
2	PALOMA	CAMPO.8	21.1	10	ROINDUSTRI	NAVIDAD	34.55
3	CAMPO.8	DON.LUIS	0.86	11	NAVIDAD	TEJABAN	42.11
4	DON.LUIS	ON.ROBERT	9.26	12	TEJABAN	DOLORES	50.91
5	ON.ROBERT	COPALES	6.1	13	DOLORES	ARROYOS	11.2
6	COPALES	TINAJITA	26	14	ARROYOS	CHALATTE	0.62
7	TINAJITA	CUICHI	32.6	15	CHALATTE	AMPO.NUEV	2.83
8	CUICHI	VENTANITA	83.6	16	AMPO.NUEV	HERMOSILLO	117.22
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	479.08
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method]	

CORRIDA 2 – MUESTRA 2

```
[1] "Corrida: 2"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 511.57
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
  [,1] [,2]
[1,] "La.habana" "41"
[2,] "Campo.8.de.Mayo" "9.98"
[3,] "Los.copales" "10.2"
[4,] "La.Tinajita" "26"
[5,] "La.Cuichi" "32.6"
[6,] "Las.Parrilas" "69.2"
[7,] "Esperanza" "8.1"
[8,] "Campo.grande" "10.2"
[9,] "La.Choya" "10.1"
[10,] "El.Tejaban" "16.31"
[11,] "La.navidad" "42.11"
[12,] "La.ventanita" "28"
[13,] "Perlette" "1.77"
[14,] "Agroindustrial" "4.15"
[15,] "El.Chalatte" "86.85"
[16,] "Hermosillo" "115"
```

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Co
1	HERMOSILLO	LA.HABANA	41	9	AMPO.GRAN	LA.CHOYA	10.1
2	LA.HABANA	CAMPO.8	9.98	10	LA.CHOYA	EL.TEJABAN	16.31
3	CAMPO.8	LOS.COPALES	10.2	11	EL.TEJABAN	LA.NAVIDAD	42.11
4	OS.COPALES	LATINAJITA	26	12	LA.NAVIDAD	LA.VENTANITA	28
5	LATINAJITA	LA.CUICHI	32.6	13	A.VENTANIT	PERLETTE	1.77
6	LA.CUICHI	AS.PARRILLAS	69.2	14	PERLETTE	AGROINDUSTRI	4.15
7	AS.PARRILLA	ESPERANZA	8.1	15	ROINDUSTRI	EL.CHALATTE	86.85
8	ESPERANZA	CAMPO.GRANDE	10.2	16	EL.CHALATTE	HERMOSILLO	115
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	511.57
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	VENTANITA	ROINDUSTRI	5.92	9	COPALES	CAMPO.8	10.2
2	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15	10	CAMPO.8	CUICHI	54.1
3	PERLETTE	NAVIDAD	30.4	11	CUICHI	TINAJITA	32.6
4	NAVIDAD	AMPO.GRAN	27.3	12	TINAJITA	HABANA	12.6
5	AMPO.GRAN	TEJABAN	18.41	13	HABANA	HERMOSILLO	41
6	TEJABAN	CHALATTE	62.31	14	HERMOSILLO	PARRILLAS	60.4
7	CHALATTE	CHOYA	46	15	PARRILLAS	ESPERANZA	8.1
8	CHOYA	COPALES	37.6	16	ESPERANZA	VENTANITA	18.7
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	469.79
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	VENTANITA	ESPERANZA	18.7	9	HERMOSILLO	MPD.GRANC	62.7
2	ESPERANZA	PARRILLAS	8.1	10	MPD.GRANC	TEJABAN	18.41
3	PARRILLAS	COPALES	28.7	11	TEJABAN	CHALATTE	62.31
4	COPALES	CAMPO.8	10.2	12	CHALATTE	CHOYA	46
5	CAMPO.8	CUICHI	54.1	13	CHOYA	NAVIDAD	33.5
6	CUICHI	TINAJITA	32.6	14	NAVIDAD	ROINDUSTRI	34.55
7	TINAJITA	HABANA	12.6	15	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15
8	HABANA	HERMOSILLO	41	16	PERLETTE	VENTANITA	1.77
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	469.39
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PARRILLAS	60.4	9	TEJABAN	CHALATTE	62.31
2	PARRILLAS	ESPERANZA	8.1	10	CHALATTE	CHOYA	46
3	ESPERANZA	VENTANITA	18.7	11	CHOYA	COPALES	37.6
4	VENTANITA	ROINDUSTRI	5.92	12	COPALES	CAMPO.8	10.2
5	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15	13	CAMPO.8	CUICHI	54.1
6	PERLETTE	NAVIDAD	30.4	14	CUICHI	TINAJITA	32.6
7	NAVIDAD	MPD.GRANC	27.3	15	TINAJITA	HABANA	12.6
8	MPD.GRANC	TEJABAN	18.41	16	HABANA	HERMOSILLO	41
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	469.79
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

CORRIDA 3 - MUESTRA 3

```
[1] "Corrida: 3"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 501.86
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
  [,1] [,2]
[1,] "La.Paloma" "34.2"
[2,] "Campo.8.de.Mayo" "21.1"
[3,] "Don.Roberto" "8.42"
[4,] "El.perico.II" "1.75"
[5,] "Las.Parrilas" "25.4"
[6,] "La.Choya" "15"
[7,] "El.Tejaban" "16.31"
[8,] "Perlette" "45.21"
[9,] "Agroindustrial" "4.15"
[10,] "Dolores" "78.75"
[11,] "Los.Arroyos" "11.2"
[12,] "El.Chalatte" "0.62"
[13,] "Campo.Nuevo" "2.83"
[14,] "El.Jojobal" "14.72"
[15,] "La.Cuichi" "136.6"
[16,] "Hermosillo" "85.6"
```

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	LA.PALOMA	34.2	9	PERLETTE	ROINDUSTRI	4.15
2	LA.PALOMA	CAMPO.8	21.1	10	ROINDUSTRI	DOLORES	78.75
3	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42	11	DOLORES	ARROYOS	11.2
4	ON.ROBERT	EL.PERICO	1.75	12	ARROYOS	EL.CHALATTE	0.62
5	EL.PERICO	AS.PARRILLA	25.4	13	EL.CHALATTE	CAMPO.NUEVI	2.83
6	AS.PARRILLA	LA.CHOYA	15	14	CAMPO.NUEVI	JOJOBAL	14.72
7	LA.CHOYA	TEJABAN	16.31	15	JOJOBAL	LA.CUICHI	136.6
8	TEJABAN	PERLETTE	45.21	16	LA.CUICHI	HERMOSILLO	85.6
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	501.86
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	ARROYOS	CAMPO.NUEVI	2.22	9	PERICO	PALOMA	22
2	CAMPO.NUEVI	JOJOBAL	14.72	10	PALOMA	HERMOSILLO	34.2
3	JOJOBAL	CHALATTE	12.2	11	HERMOSILLO	CUICHI	85.6
4	CHALATTE	DOLORES	11.6	12	CUICHI	ROINDUSTRI	95.55
5	DOLORES	PARRILLAS	49.5	13	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15
6	PARRILLAS	CAMPO.8	24.3	14	PERLETTE	TEJABAN	45.21
7	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42	15	TEJABAN	CHOYA	16.31
8	ON.ROBERT	PERICO	1.75	16	CHOYA	ARROYOS	45.5
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	473.23
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	ARROYOS	AMPO.NUEVI	2.22	9	PERICO	PALOMA	22
2	AMPO.NUEVI	JOJOBAL	14.72	10	PALOMA	HERMOSILLO	34.2
3	JOJOBAL	CHALATTE	12.2	11	HERMOSILLO	CUICHI	85.6
4	CHALATTE	DOLORES	11.6	12	CUICHI	ROINDUSTRI	95.55
5	DOLORES	PARRILLAS	49.5	13	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15
6	PARRILLAS	CAMPO.8	24.3	14	PERLETTE	TEJABAN	45.21
7	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42	15	TEJABAN	CHOYA	16.31
8	ON.ROBERT	PERICO	1.75	16	CHOYA	ARROYOS	45.5
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	473.23
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	CUICHI	85.6	9	JOJOBAL	CHALATTE	12.2
2	CUICHI	ROINDUSTRI	95.55	10	CHALATTE	DOLORES	11.6
3	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15	11	DOLORES	PARRILLAS	49.5
4	PERLETTE	TEJABAN	45.21	12	PARRILLAS	CAMPO.8	24.3
5	TEJABAN	CHOYA	16.31	13	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42
6	CHOYA	ARROYOS	45.5	14	ON.ROBERT	PERICO	1.75
7	ARROYOS	AMPO.NUEVI	2.22	15	PERICO	PALOMA	22
8	AMPO.NUEVI	JOJOBAL	14.72	16	PALOMA	HERMOSILLO	34.2
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	473.23
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

CORRIDA 4 – MUESTRA 4

```
[1] "Corrida: 4"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 439.39
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
[1,] [,1] [,2]
[1,] "La.Paloma" "34.2"
[2,] "La.habana" "16.9"
[3,] "Campo.8.de.Mayo" "9.98"
[4,] "Don.Luis" "0.86"
[5,] "El.perico.II" "7.9"
[6,] "La.Tinajita" "22.8"
[7,] "Las.Parrilas" "36.6"
[8,] "Campo.grande" "8.73"
[9,] "La.Choya" "10.1"
[10,] "La.Joya" "15.2"
[11,] "El.Tejaban" "1.11"
[12,] "Perlette" "45.21"
[13,] "Agroindustrial" "4.15"
[14,] "Los.Arroyos" "86.15"
[15,] "El.Jojobal" "12.5"
[16,] "Hermosillo" "127"
```

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	LA.PALOMA	34.2	9	AMPO.GRANC	LA.CHOYA	10.1
2	LA.PALOMA	LA.HABANA	16.9	10	LA.CHOYA	JOYA	15.2
3	LA.HABANA	CAMPO.8	9.98	11	JOYA	TEJABAN	1.11
4	CAMPO.8	DON.LUIS	0.86	12	TEJABAN	PERLETTE	45.21
5	DON.LUIS	EL.PERICO	7.9	13	PERLETTE	ROINDUSTRI	4.15
6	EL.PERICO	TINAJITA	22.8	14	ROINDUSTRI	ARROYOS	86.15
7	TINAJITA	PARRILLAS	36.6	15	ARROYOS	JOJOBAL	12.5
8	PARRILLAS	AMPO.GRANC	8.73	16	JOJOBAL	HERMOSILLO	127
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	439.39
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

Solution for CORRIDAS 4: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	CAMPO.8	AMPO.GRANC	26.9	9	PERLETTE	PARRILLAS	28.3
2	AMPO.GRANC	JOYA	17.3	10	PARRILLAS	TINAJITA	36.6
3	JOYA	TEJABAN	1.11	11	TINAJITA	HABANA	12.6
4	TEJABAN	CHOYA	16.31	12	HABANA	HERMOSILLO	41
5	CHOYA	JOJOBAL	57.6	13	HERMOSILLO	PALOMA	34.2
6	JOJOBAL	ARROYOS	12.5	14	PALOMA	PERICO	22
7	ARROYOS	ROINDUSTRI	86.15	15	PERICO	DON.LUIS	7.9
8	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15	16	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	405.48
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

Solution for CORRIDAS 4: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	CAMPO.8	AMPO.GRANC	26.9	9	PERLETTE	PARRILLAS	28.3
2	AMPO.GRANC	JOYA	17.3	10	PARRILLAS	TINAJITA	36.6
3	JOYA	TEJABAN	1.11	11	TINAJITA	HABANA	12.6
4	TEJABAN	CHOYA	16.31	12	HABANA	HERMOSILLO	41
5	CHOYA	JOJOBAL	57.6	13	HERMOSILLO	PALOMA	34.2
6	JOJOBAL	ARROYOS	12.5	14	PALOMA	PERICO	22
7	ARROYOS	ROINDUSTRI	86.15	15	PERICO	DON.LUIS	7.9
8	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15	16	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	405.48
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	CHOYA	JOJOBAL	57.6
2	PALOMA	PERICO	22	10	JOJOBAL	ARROYOS	12.5
3	PERICO	DON.LUIS	7.9	11	ARROYOS	ROINDUSTRI	86.15
4	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86	12	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15
5	CAMPO.8	AMPO.GRAN	26.9	13	PERLETTE	PARRILLAS	28.3
6	AMPO.GRAN	JOYA	17.3	14	PARRILLAS	TINAJITA	36.6
7	JOYA	TEJABAN	1.11	15	TINAJITA	HABANA	12.6
8	TEJABAN	CHOYA	16.31	16	HABANA	HERMOSILLO	41
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	405.48
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

CORRIDA 5 – MUESTRA 5

```
[1] "Corrida: 5"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 459.78
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
[1,] [,1] [,2]
[1,] "Don. Luis" "45.8"
[2,] "Campo. 8. de. Mayo" "0.86"
[3,] "El. perico. II" "9.23"
[4,] "La. Tinajita" "22.8"
[5,] "Esperanza" "38.8"
[6,] "Campo. grande" "10.2"
[7,] "La. Choya" "10.1"
[8,] "El. Tejaban" "16.31"
[9,] "La. navidad" "42.11"
[10,] "El. kakuyo" "7.1"
[11,] "La. ventanita" "31"
[12,] "Los. Arroyos" "80.3"
[13,] "El. Chalatte" "0.62"
[14,] "Campo. Nuevo" "2.83"
[15,] "El. Jojobal" "14.72"
[16,] "Hermosillo" "127"
```

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	DON.LUIS	45.8	9	TEJABAN	NAVIDAD	42.11
2	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86	10	NAVIDAD	KAKUYO	7.1
3	CAMPO.8	PERICO	9.23	11	KAKUYO	VENTANITA	31
4	PERICO	TINAJITA	22.8	12	VENTANITA	ARROYOS	80.3
5	TINAJITA	ESPERANZA	38.8	13	ARROYOS	CHALATTE	0.62
6	ESPERANZA	AMPO.GRAN	10.2	14	CHALATTE	AMPO.NUEV	2.83
7	AMPO.GRAN	CHOYA	10.1	15	AMPO.NUEV	JOJOBAL	14.72
8	CHOYA	TEJABAN	16.31	16	JOJOBAL	HERMOSILLO	127
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	459.78
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	CHALATTE	AMPO.NUEVO	2.83	9	TINAJITA	VENTANITA	51
2	AMPO.NUEVO	ARROYOS	2.22	10	VENTANITA	NAVIDAD	28
3	ARROYOS	AMPO.GRANDE	55.2	11	NAVIDAD	KAKUYO	7.1
4	AMPO.GRANDE	PERICO	28	12	KAKUYO	ESPERANZA	20
5	PERICO	DON.LUIS	7.9	13	ESPERANZA	TEJABAN	24.71
6	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86	14	TEJABAN	CHOYA	16.31
7	CAMPO.8	HERMOSILLO	46.4	15	CHOYA	JOJOBAL	57.6
8	HERMOSILLO	TINAJITA	53	16	JOJOBAL	CHALATTE	12.2
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	413.33
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	PERICO	DON.LUIS	7.9	9	CHOYA	TEJABAN	16.31
2	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86	10	TEJABAN	ESPERANZA	24.71
3	CAMPO.8	AMPO.GRANDE	26.9	11	ESPERANZA	KAKUYO	20
4	AMPO.GRANDE	ARROYOS	55.2	12	KAKUYO	NAVIDAD	7.1
5	ARROYOS	AMPO.NUEVO	2.22	13	NAVIDAD	VENTANITA	28
6	AMPO.NUEVO	CHALATTE	2.83	14	VENTANITA	TINAJITA	51
7	CHALATTE	JOJOBAL	12.2	15	TINAJITA	HERMOSILLO	53
8	JOJOBAL	CHOYA	57.6	16	HERMOSILLO	PERICO	46.9
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	412.73
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	TINAJITA	53	9	JOJOBAL	CHALATTE	12.2
2	TINAJITA	VENTANITA	51	10	CHALATTE	AMPO.NUEVO	2.83
3	VENTANITA	NAVIDAD	28	11	AMPO.NUEVO	ARROYOS	2.22
4	NAVIDAD	KAKUYO	7.1	12	ARROYOS	AMPO.GRANDE	55.2
5	KAKUYO	ESPERANZA	20	13	AMPO.GRANDE	PERICO	28
6	ESPERANZA	TEJABAN	24.71	14	PERICO	DON.LUIS	7.9
7	TEJABAN	CHOYA	16.31	15	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86
8	CHOYA	JOJOBAL	57.6	16	CAMPO.8	HERMOSILLO	46.4
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	413.33
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

CORRIDA 6- MUESTRA 6

```
[1] "Corrida: 6"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 393.01
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
      [,1]      [,2]
[1,] "La.Paloma"  "34.2"
[2,] "La.habana"  "16.9"
[3,] "Campo.8.de.Mayo" "9.98"
[4,] "Don.Luis"    "0.86"
[5,] "Don.Roberto" "9.26"
[6,] "Esperanza"  "29"
[7,] "Campo.grande" "10.2"
[8,] "La.Choya"   "10.1"
[9,] "La.Joya"    "15.2"
[10,] "La.ventanita" "42"
[11,] "Perlette"   "1.77"
[12,] "Agroindustrial" "4.15"
[13,] "Dolores"   "78.75"
[14,] "Los.Arroyos" "11.2"
[15,] "Campo.Nuevo" "2.22"
[16,] "Hermosillo" "117.22"
```

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	LA.CHOYA	JOYA	15.2
2	PALOMA	HABANA	16.9	10	JOYA	VENTANITA	42
3	HABANA	CAMPO.8	9.98	11	VENTANITA	PERLETTE	1.77
4	CAMPO.8	DON.LUIS	0.86	12	PERLETTE	ROINDUSTRI	4.15
5	DON.LUIS	ON.ROBERT	9.26	13	ROINDUSTRI	DOLORES	78.75
6	ON.ROBERT	ESPERANZA	29	14	DOLORES	ARROYOS	11.2
7	ESPERANZA	AMPO.GRAN	10.2	15	ARROYOS	AMPO.NUEV	2.22
8	AMPO.GRAN	LA.CHOYA	10.1	16	AMPO.NUEV	HERMOSILLO	117.22
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	393.01
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

Solution for CORRIDA 6: Minimization (Traveling Salesman Problem)							
09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42	9	OMPO.NUEV	ARROYOS	2.22
2	ON.ROBERT	ESPERANZA	29	10	ARROYOS	DOLORES	11.2
3	ESPERANZA	VENTANITA	18.7	11	DOLORES	CHOYA	34.3
4	VENTANITA	ROINDUSTRI	5.92	12	CHOYA	HERMOSILLO	69
5	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15	13	HERMOSILLO	PALOMA	34.2
6	PERLETTE	MPPO.GRANC	30.3	14	PALOMA	HABANA	16.9
7	MPPO.GRANC	JOYA	17.3	15	HABANA	DON.LUIS	10.3
8	JOYA	OMPO.NUEV	63.12	16	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	355.89
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

Solution for CORRIDA 6: Minimization (Traveling Salesman Problem)							
09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42	9	OMPO.NUEV	ARROYOS	2.22
2	ON.ROBERT	ESPERANZA	29	10	ARROYOS	DOLORES	11.2
3	ESPERANZA	VENTANITA	18.7	11	DOLORES	CHOYA	34.3
4	VENTANITA	ROINDUSTRI	5.92	12	CHOYA	HERMOSILLO	69
5	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15	13	HERMOSILLO	PALOMA	34.2
6	PERLETTE	MPPO.GRANC	30.3	14	PALOMA	HABANA	16.9
7	MPPO.GRANC	JOYA	17.3	15	HABANA	DON.LUIS	10.3
8	JOYA	OMPO.NUEV	63.12	16	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	355.89
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

Solution for CORRIDA 6: Minimization (Traveling Salesman Problem)							
09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15
2	PALOMA	HABANA	16.9	10	PERLETTE	MPPO.GRANC	30.3
3	HABANA	DON.LUIS	10.3	11	MPPO.GRANC	JOYA	17.3
4	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86	12	JOYA	OMPO.NUEV	63.12
5	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42	13	OMPO.NUEV	ARROYOS	2.22
6	ON.ROBERT	ESPERANZA	29	14	ARROYOS	DOLORES	11.2
7	ESPERANZA	VENTANITA	18.7	15	DOLORES	CHOYA	34.3
8	VENTANITA	ROINDUSTRI	5.92	16	CHOYA	HERMOSILLO	69
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	355.89
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

CORRIDA 7 – MUESTRA 7

```
[1] "Corrida: 7"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 388.99
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
      [,1]      [,2]
[1,] "La.habana" "41"
[2,] "Campo.8.de.Mayo" "9.98"
[3,] "Don.Luis" "0.86"
[4,] "Don.Roberto" "9.26"
[5,] "La.Tinajita" "24.4"
[6,] "La.Cuichi" "32.6"
[7,] "Las.Parrillas" "69.2"
[8,] "Esperanza" "8.1"
[9,] "Campo.grande" "10.2"
[10,] "La.Joya" "17.3"
[11,] "El.Tejaban" "1.11"
[12,] "La.navidad" "42.11"
[13,] "El.Kakuyo" "7.1"
[14,] "La.ventanita" "31"
[15,] "Perlette" "1.77"
[16,] "Hermosillo" "83"
```

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	HABANA	41	9	ESPERANZA	CMPO.GRAN	10.2
2	HABANA	CMAPO.8	9.98	10	CMPO.GRAN	JOYA	17.3
3	CMAPO.8	DON.LUIS	0.86	11	JOYA	TEJABAN	1.11
4	DON.LUIS	ON.ROBERT	9.26	12	TEJABAN	NAVIDAD	42.11
5	ON.ROBERT	TINAJITA	24.4	13	NAVIDAD	KAKUYO	7.1
6	TINAJITA	LA.CUICHI	32.6	14	KAKUYO	VENTANITA	31
7	LA.CUICHI	PARRILLAS	69.2	15	VENTANITA	PERLETTE	1.77
8	PARRILLAS	ESPERANZA	8.1	16	PERLETTE	HERMOSILLO	83
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	388.99
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	DON.LUIS	HERMOSILLO	45.8	9	TEJABAN	ESPERANZA	24.71
2	HERMOSILLO	HABANA	41	10	ESPERANZA	KAKUYO	20
3	HABANA	CUICHI	45.2	11	KAKUYO	NAVIDAD	7.1
4	CUICHI	TINAJITA	32.6	12	NAVIDAD	VENTANITA	28
5	TINAJITA	PARRILLAS	36.6	13	VENTANITA	PERLETTE	1.77
6	PARRILLAS	MPO.GRANC	8.73	14	PERLETTE	ON.ROBERT	49.4
7	MPO.GRANC	JOYA	17.3	15	ON.ROBERT	CAMPO.8	8.42
8	JOYA	TEJABAN	1.11	16	CAMPO.8	DON.LUIS	0.86
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	368.60
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	MPO.GRANC	JOYA	17.3	9	PARRILLAS	TINAJITA	36.6
2	JOYA	TEJABAN	1.11	10	TINAJITA	CUICHI	32.6
3	TEJABAN	ESPERANZA	24.71	11	CUICHI	HABANA	45.2
4	ESPERANZA	KAKUYO	20	12	HABANA	HERMOSILLO	41
5	KAKUYO	NAVIDAD	7.1	13	HERMOSILLO	DON.LUIS	45.8
6	NAVIDAD	VENTANITA	28	14	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86
7	VENTANITA	PERLETTE	1.77	15	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42
8	PERLETTE	PARRILLAS	28.3	16	ON.ROBERT	MPO.GRANC	29.7
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	368.47
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	HABANA	41	9	ESPERANZA	KAKUYO	20
2	HABANA	CUICHI	45.2	10	KAKUYO	NAVIDAD	7.1
3	CUICHI	TINAJITA	32.6	11	NAVIDAD	VENTANITA	28
4	TINAJITA	PARRILLAS	36.6	12	VENTANITA	PERLETTE	1.77
5	PARRILLAS	MPO.GRANC	8.73	13	PERLETTE	ON.ROBERT	49.4
6	MPO.GRANC	JOYA	17.3	14	ON.ROBERT	CAMPO.8	8.42
7	JOYA	TEJABAN	1.11	15	CAMPO.8	DON.LUIS	0.86
8	TEJABAN	ESPERANZA	24.71	16	DON.LUIS	HERMOSILLO	45.8
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	368.60
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

CORRIDA 8 – MUESTRA 8

```

[1] "Corridá: 8"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 537.54
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
      [,1]      [,2]
[1,] "La.Paloma" "34.2"
[2,] "La.habana" "16.9"
[3,] "La.Tinajita" "12.6"
[4,] "Don.Roberto" "24.4"
[5,] "Las.Parrilas" "27.3"
[6,] "Campo.grande" "8.73"
[7,] "La.Joya" "17.3"
[8,] "El.Tejaban" "1.11"
[9,] "La.ventanita" "43.11"
[10,] "Perlette" "1.77"
[11,] "El.Kakuyo" "33"
[12,] "Los.Arroyos" "82.1"
[13,] "El.Chalatte" "0.62"
[14,] "El.Jojobal" "12.2"
[15,] "La.Cuichi" "136.6"
[16,] "Hermosillo" "85.6"

```

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	TEJABAN	VENTANITA	43.11
2	PALOMA	HABANA	16.9	10	VENTANITA	PERLETTE	1.77
3	HABANA	TINAJITA	12.6	11	PERLETTE	KAKUYO	33
4	TINAJITA	ON.ROBERT	24.4	12	KAKUYO	ARROYOS	82.1
5	ON.ROBERT	PARRILLAS	27.3	13	ARROYOS	CHALATTE	0.62
6	PARRILLAS	AMPO.GRANC	8.73	14	CHALATTE	JOJOBAL	12.2
7	AMPO.GRANC	JOYA	17.3	15	JOJOBAL	CUICHI	136.6
8	JOYA	TEJABAN	1.11	16	CUICHI	HERMOSILLO	85.6
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	537.54
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	ARROYOS	JOJOBAL	12.5	9	VENTANITA	CUICHI	83.6
2	JOJOBAL	CHALATTE	12.2	10	CUICHI	TINAJITA	32.6
3	CHALATTE	TEJABAN	62.31	11	TINAJITA	HABANA	12.6
4	TEJABAN	JOYA	1.11	12	HABANA	PALOMA	16.9
5	JOYA	PARRILLAS	22.4	13	PALOMA	HERMOSILLO	34.2
6	PARRILLAS	KAKUYO	28.4	14	HERMOSILLO	ON.ROBERT	47.8
7	KAKUYO	PERLETTE	33	15	ON.ROBERT	MPD.GRANC	29.7
8	PERLETTE	VENTANITA	1.77	16	MPD.GRANC	ARROYOS	55.2
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	486.29
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	JOYA	TEJABAN	1.11	9	HERMOSILLO	PALOMA	34.2
2	TEJABAN	CHALATTE	62.31	10	PALOMA	HABANA	16.9
3	CHALATTE	JOJOBAL	12.2	11	HABANA	TINAJITA	12.6
4	JOJOBAL	ARROYOS	12.5	12	TINAJITA	CUICHI	32.6
5	ARROYOS	MPD.GRANC	55.2	13	CUICHI	VENTANITA	83.6
6	MPD.GRANC	PARRILLAS	8.73	14	VENTANITA	PERLETTE	1.77
7	PARRILLAS	ON.ROBERT	27.3	15	PERLETTE	KAKUYO	33
8	ON.ROBERT	HERMOSILLO	47.8	16	KAKUYO	JOYA	43.8
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	485.62
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	ON.ROBERT	47.8	9	PARRILLAS	KAKUYO	28.4
2	ON.ROBERT	MPD.GRANC	29.7	10	KAKUYO	PERLETTE	33
3	MPD.GRANC	ARROYOS	55.2	11	PERLETTE	VENTANITA	1.77
4	ARROYOS	JOJOBAL	12.5	12	VENTANITA	CUICHI	83.6
5	JOJOBAL	CHALATTE	12.2	13	CUICHI	TINAJITA	32.6
6	CHALATTE	TEJABAN	62.31	14	TINAJITA	HABANA	12.6
7	TEJABAN	JOYA	1.11	15	HABANA	PALOMA	16.9
8	JOYA	PARRILLAS	22.4	16	PALOMA	HERMOSILLO	34.2
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	486.29
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

CORRIDA 9 – MUESTRA 9

```

[1] "Corrida: 9"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 551.72
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
      [,1]      [,2]
[1,] "La.Paloma"  "34.2"
[2,] "La.habana"  "16.9"
[3,] "Campo.8.de.Mayo" "9.98"
[4,] "Don.Luis"     "0.86"
[5,] "Don.Roberto"  "9.26"
[6,] "Los.copales" "6.1"
[7,] "Esperanza"    "31"
[8,] "Campo.grande" "10.2"
[9,] "La.Choya"     "10.1"
[10,] "El.Tejaban"  "16.31"
[11,] "El.Kakuyo"   "44.91"
[12,] "Agroindustrial" "37.15"
[13,] "Dolores"     "78.75"
[14,] "El.Jojobal" "23.8"
[15,] "La.Cuichi"   "136.6"
[16,] "Hermosillo" "85.6"
    
```

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	EMPO.GRANC	DON.LUIS	10.1
2	PALOMA	ON.ROBERT	16.9	10	DON.LUIS	TEJABAN	16.31
3	ON.ROBERT	HABANA	9.98	11	TEJABAN	KAKUYO	44.91
4	HABANA	DON.LUIS	0.86	12	KAKUYO	ROINDUSTRI	37.15
5	DON.LUIS	LA.CHOYA	9.26	13	ROINDUSTRI	DOLORES	78.75
6	LA.CHOYA	CUICHI	6.1	14	DOLORES	TEJABAN	23.8
7	CUICHI	ESPERANZA	31	15	TEJABAN	CAMPO.8	136.6
8	ESPERANZA	EMPO.GRANC	10.2	16	CAMPO.8	HERMOSILLO	85.6
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	551.72
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

Solution for CORRIDA 9: Minimization (Traveling Salesman Problem)							
09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	DON.LUIS	ESPERANZA	26.9	9	DOLORES	CUICHI	112.9
2	ESPERANZA	KAKUYO	20	10	CUICHI	HABANA	45.2
3	KAKUYO	ROINDUSTRI	37.15	11	HABANA	PALOMA	16.9
4	ROINDUSTRI	MPPO.GRANC	34.45	12	PALOMA	HERMOSILLO	34.2
5	MPPO.GRANC	TEJABAN	18.41	13	HERMOSILLO	COPALES	49.3
6	TEJABAN	CHOYA	16.31	14	COPALES	ON.ROBERT	6.1
7	CHOYA	JOJOBAL	57.6	15	ON.ROBERT	CAMPO.8	8.42
8	JOJOBAL	DOLORES	23.8	16	CAMPO.8	DON.LUIS	0.86
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	508.50
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

Solution for CORRIDA 9: Minimization (Traveling Salesman Problem)							
09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	TEJABAN	CHOYA	16.31	9	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86
2	CHOYA	JOJOBAL	57.6	10	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42
3	JOJOBAL	DOLORES	23.8	11	ON.ROBERT	COPALES	6.1
4	DOLORES	MPPO.GRANC	44.2	12	COPALES	HERMOSILLO	49.3
5	MPPO.GRANC	ROINDUSTRI	34.45	13	HERMOSILLO	PALOMA	34.2
6	ROINDUSTRI	KAKUYO	37.15	14	PALOMA	HABANA	16.9
7	KAKUYO	ESPERANZA	20	15	HABANA	CUICHI	45.2
8	ESPERANZA	DON.LUIS	26.9	16	CUICHI	TEJABAN	86.71
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	508.10
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

Solution for CORRIDA 9: Minimization (Traveling Salesman Problem)							
09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	COPALES	49.3	9	MPPO.GRANC	TEJABAN	18.41
2	COPALES	ON.ROBERT	6.1	10	TEJABAN	CHOYA	16.31
3	ON.ROBERT	CAMPO.8	8.42	11	CHOYA	JOJOBAL	57.6
4	CAMPO.8	DON.LUIS	0.86	12	JOJOBAL	DOLORES	23.8
5	DON.LUIS	ESPERANZA	26.9	13	DOLORES	CUICHI	112.9
6	ESPERANZA	KAKUYO	20	14	CUICHI	HABANA	45.2
7	KAKUYO	ROINDUSTRI	37.15	15	HABANA	PALOMA	16.9
8	ROINDUSTRI	MPPO.GRANC	34.45	16	PALOMA	HERMOSILLO	34.2
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	508.50
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

CORRIDA 10 – MUESTRA 10

```

[1] "Corrida: 10"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 414.34
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
      [,1]      [,2]
[1,] "La.Paloma"  "34.2"
[2,] "Campo.8.de.Mayo" "21.1"
[3,] "Don.Roberto"  "8.42"
[4,] "Los.copales"  "6.1"
[5,] "Las.Parrilas" "28.7"
[6,] "Campo.grande" "8.73"
[7,] "La.Choya"     "10.1"
[8,] "La.Joya"     "15.2"
[9,] "El.Tejaban"  "1.11"
[10,] "Perlette"    "45.21"
[11,] "Agroindustrial" "4.15"
[12,] "Los.Arroyos" "86.15"
[13,] "El.Chalatte" "0.62"
[14,] "Campo.Nuevo" "2.83"
[15,] "El.Jojobal"  "14.72"
[16,] "Hermosillo" "127"
    
```

Solution for CORRIDA 10: Minimization (Traveling Salesman Problem)

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	LA.JOYA	TEJABAN	1.11
2	PALOMA	CAMPO.8	21.1	10	TEJABAN	PERLETTE	45.21
3	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42	11	PERLETTE	ROINDUSTRI	4.15
4	ON.ROBERT	COPALES	6.1	12	ROINDUSTRI	ARROYOS	86.15
5	COPALES	PARRILLAS	28.7	13	ARROYOS	CHALATTE	0.62
6	PARRILLAS	AMPO.GRANC	8.73	14	CHALATTE	AMPO.NUEV	2.83
7	AMPO.GRANC	CHOYA	10.1	15	AMPO.NUEV	JOJOBAL	14.72
8	CHOYA	LA.JOYA	15.2	16	JOJOBAL	HERMOSILLO	127
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	414.34
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	ARROYOS	AMPO.NUEVO	2.22	9	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42
2	AMPO.NUEVO	CHALATTE	2.83	10	ON.ROBERT	COPALES	6.1
3	CHALATTE	JOJOBAL	12.2	11	COPALES	HERMOSILLO	49.3
4	JOJOBAL	CHOYA	57.6	12	HERMOSILLO	PALOMA	34.2
5	CHOYA	TEJABAN	16.31	13	PALOMA	ROINDUSTRI	62.75
6	TEJABAN	JOYA	1.11	14	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15
7	JOYA	PARRILLAS	22.4	15	PERLETTE	AMPO.GRANDE	30.3
8	PARRILLAS	CAMPO.8	24.3	16	AMPO.GRANDE	ARROYOS	55.2
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	389.39
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	PARRILLAS	CAMPO.8	24.3	9	CHOYA	JOJOBAL	57.6
2	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42	10	JOJOBAL	CHALATTE	12.2
3	ON.ROBERT	COPALES	6.1	11	CHALATTE	AMPO.NUEVO	2.83
4	COPALES	HERMOSILLO	49.3	12	AMPO.NUEVO	ARROYOS	2.22
5	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	13	ARROYOS	AMPO.GRANDE	55.2
6	PALOMA	JOYA	52.6	14	AMPO.GRANDE	PERLETTE	30.3
7	JOYA	TEJABAN	1.11	15	PERLETTE	ROINDUSTRI	4.15
8	TEJABAN	CHOYA	16.31	16	ROINDUSTRI	PARRILLAS	32.45
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	389.29
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	JOJOBAL	CHOYA	57.6
2	PALOMA	ROINDUSTRI	62.75	10	CHOYA	TEJABAN	16.31
3	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15	11	TEJABAN	JOYA	1.11
4	PERLETTE	AMPO.GRANDE	30.3	12	JOYA	PARRILLAS	22.4
5	AMPO.GRANDE	ARROYOS	55.2	13	PARRILLAS	CAMPO.8	24.3
6	ARROYOS	AMPO.NUEVO	2.22	14	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42
7	AMPO.NUEVO	CHALATTE	2.83	15	ON.ROBERT	COPALES	6.1
8	CHALATTE	JOJOBAL	12.2	16	COPALES	HERMOSILLO	49.3
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	389.39
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

CORRIDA 11 – MUESTRA 11

```

[1] "Corrida: 11"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 355.23
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
      [,1]      [,2]
[1,] "La. Paloma" "34.2"
[2,] "La. habana" "16.9"
[3,] "Campo. 8. de. Mayo" "9.98"
[4,] "Don. Roberto" "8.42"
[5,] "El. perico. II" "1.75"
[6,] "Los. copales" "4.52"
[7,] "Esperanza" "31"
[8,] "La. ventanita" "18.7"
[9,] "Perlette" "1.77"
[10,] "La. Joya" "44.1"
[11,] "El. Tejaban" "1.11"
[12,] "Dolores" "50.91"
[13,] "Los. Arroyos" "11.2"
[14,] "El. Chalatte" "0.62"
[15,] "Campo. Nuevo" "2.83"
[16,] "Hermosillo" "117.22"
    
```

Solution for CORRIDA 11: Minimization (Traveling Salesman Problem)

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	VENTANITA	PERLETTE	1.77
2	PALOMA	HABANA	16.9	10	PERLETTE	JOYA	44.1
3	HABANA	CAMPO.8	9.98	11	JOYA	TEJABAN	1.11
4	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42	12	TEJABAN	DOLORES	50.91
5	ON.ROBERT	PERICO	1.75	13	DOLORES	ARROYOS	11.2
6	PERICO	COPALES	4.52	14	ARROYOS	CHALATTE	0.62
7	COPALES	ESPERANZA	31	15	CHALATTE	AMPO.NUEVO	2.83
8	ESPERANZA	VENTANITA	18.7	16	AMPO.NUEVO	HERMOSILLO	117.22
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	355.23
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

Solution for CORRIDA 11: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	CHALATTE	AMPO.NUEVO	2.83	9	ON.ROBERT	PERICO	1.75
2	AMPO.NUEVO	ARROYOS	2.22	10	PERICO	PALOMA	22
3	ARROYOS	DOLORES	11.2	11	PALOMA	HERMOSILLO	34.2
4	DOLORES	TEJABAN	50.91	12	HERMOSILLO	HABANA	41
5	TEJABAN	JOYA	1.11	13	HABANA	PERLETTE	47.5
6	JOYA	CAMPO.8	40.7	14	PERLETTE	VENTANITA	1.77
7	CAMPO.8	COPALES	10.2	15	VENTANITA	ESPERANZA	18.7
8	COPALES	ON.ROBERT	6.1	16	ESPERANZA	CHALATTE	61.9
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	354.09
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	CHALATTE	AMPO.NUEVO	2.83	9	ON.ROBERT	PERICO	1.75
2	AMPO.NUEVO	ARROYOS	2.22	10	PERICO	PALOMA	22
3	ARROYOS	DOLORES	11.2	11	PALOMA	HERMOSILLO	34.2
4	DOLORES	TEJABAN	50.91	12	HERMOSILLO	HABANA	41
5	TEJABAN	JOYA	1.11	13	HABANA	PERLETTE	47.5
6	JOYA	CAMPO.8	40.7	14	PERLETTE	VENTANITA	1.77
7	CAMPO.8	COPALES	10.2	15	VENTANITA	ESPERANZA	18.7
8	COPALES	ON.ROBERT	6.1	16	ESPERANZA	CHALATTE	61.9
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	354.09
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic]	

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	HABANA	41	9	DOLORES	TEJABAN	50.91
2	HABANA	PERLETTE	47.5	10	TEJABAN	JOYA	1.11
3	PERLETTE	VENTANITA	1.77	11	JOYA	CAMPO.8	40.7
4	VENTANITA	ESPERANZA	18.7	12	CAMPO.8	COPALES	10.2
5	ESPERANZA	CHALATTE	61.9	13	COPALES	ON.ROBERT	6.1
6	CHALATTE	AMPO.NUEVO	2.83	14	ON.ROBERT	PERICO	1.75
7	AMPO.NUEVO	ARROYOS	2.22	15	PERICO	PALOMA	22
8	ARROYOS	DOLORES	11.2	16	PALOMA	HERMOSILLO	34.2
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	354.09
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method]	

CORRIDA 12 – MUESTRA 12

```
[1] "Corrida: 12"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 506.66
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
[1,] [,1] [,2]
[1,] "Don.Luis" "45.8"
[2,] "El.perico.II" "7.9"
[3,] "Los.copales" "4.52"
[4,] "La.Tinajita" "26"
[5,] "La.Cuichi" "32.6"
[6,] "Las.Parrilas" "69.2"
[7,] "Esperanza" "8.1"
[8,] "La.Choya" "16.7"
[9,] "La.navidad" "33.5"
[10,] "El.kakuyo" "7.1"
[11,] "La.ventanita" "31"
[12,] "Dolores" "69.1"
[13,] "Los.Arroyos" "11.2"
[14,] "Campo.Nuevo" "2.22"
[15,] "El.Jojobal" "14.72"
[16,] "Hermosillo" "127"
```

Solution for CORRIDA 12: Minimization (Traveling Salesman Problem)

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	DON.LUIS	45.8	9	CHOYA	NAVIDAD	33.5
2	DON.LUIS	PERICO	7.9	10	NAVIDAD	KAKUYO	7.1
3	PERICO	COPALES	4.52	11	KAKUYO	VENTANITA	31
4	COPALES	TINAJITA	26	12	VENTANITA	DOLORES	69.1
5	TINAJITA	CUICHI	32.6	13	DOLORES	ARROYOS	11.2
6	CUICHI	PARRILLAS	69.2	14	ARROYOS	AMPO.NUEVI	2.22
7	PARRILLAS	ESPERANZA	8.1	15	AMPO.NUEVI	JOJOBAL	14.72
8	ESPERANZA	CHOYA	16.7	16	JOJOBAL	HERMOSILLO	127
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	506.66
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

Solution for CORRIDA 12: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	ARROYOS	ESPERANZA	62	9	TINAJITA	PERICO	22.8
2	ESPERANZA	KAKUYO	20	10	PERICO	COPALES	4.52
3	KAKUYO	NAVIDAD	7.1	11	COPALES	DON.LUIS	10.9
4	NAVIDAD	VENTANITA	28	12	DON.LUIS	CHOYA	34
5	VENTANITA	PARRILLAS	26.4	13	CHOYA	DOLORES	34.3
6	PARRILLAS	HERMOSILLO	60.4	14	DOLORES	AMPO.NUEVI	13.42
7	HERMOSILLO	CUICHI	85.6	15	AMPO.NUEVI	JOJOBAL	14.72
8	CUICHI	TINAJITA	32.6	16	JOJOBAL	ARROYOS	12.5
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	469.26
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

Solution for CORRIDA 12: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	CUICHI	85.6	9	NAVIDAD	KAKUYO	7.1
2	CUICHI	TINAJITA	32.6	10	KAKUYO	ESPERANZA	20
3	TINAJITA	PERICO	22.8	11	ESPERANZA	ARROYOS	62
4	PERICO	COPALES	4.52	12	ARROYOS	JOJOBAL	12.5
5	COPALES	DON.LUIS	10.9	13	JOJOBAL	AMPO.NUEVI	14.72
6	DON.LUIS	PARRILLAS	25.2	14	AMPO.NUEVI	DOLORES	13.42
7	PARRILLAS	VENTANITA	26.4	15	DOLORES	CHOYA	34.3
8	VENTANITA	NAVIDAD	28	16	CHOYA	HERMOSILLO	69
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	469.06
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	CUICHI	85.6	9	AMPO.NUEVO	JOJOBAL	14.72
2	CUICHI	TINAJITA	32.6	10	JOJOBAL	ARROYOS	12.5
3	TINAJITA	PERICO	22.8	11	ARROYOS	ESPERANZA	62
4	PERICO	COPALES	4.52	12	ESPERANZA	KAKUYO	20
5	COPALES	DON.LUIS	10.9	13	KAKUYO	NAVIDAD	7.1
6	DON.LUIS	CHOYA	34	14	NAVIDAD	VENTANITA	28
7	CHOYA	DOLORES	34.3	15	VENTANITA	PARRILLAS	26.4
8	DOLORES	AMPO.NUEVO	13.42	16	PARRILLAS	HERMOSILLO	60.4
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	469.26
	{Result	from	Branch	and	Bound	Method}	

CORRIDA 13 – MUESTRA 13

```

[1] "Corrida: 13"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 472.09
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
      [,1]      [,2]
[1,] "La.Paloma"  "34.2"
[2,] "La.habana"  "16.9"
[3,] "Campo.8.de.Mayo" "9.98"
[4,] "Don.Luis"     "0.86"
[5,] "El.perico.II" "7.9"
[6,] "Don.Roberto"  "1.75"
[7,] "Los.copales" "6.1"
[8,] "La.Tinajita" "26"
[9,] "Las.Parrilas" "36.6"
[10,] "La.Choya"    "15"
[11,] "La.Joya"    "15.2"
[12,] "La.navidad" "41"
[13,] "Agroindustrial" "34.55"
[14,] "El.Chalatte" "86.85"
[15,] "El.Jojobal"  "12.2"
[16,] "Hermosillo" "127"

```

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	TINAJITA	PARRILLAS	36.6
2	PALOMA	HABANA	16.9	10	PARRILLAS	LA.CHOYA	15
3	HABANA	CAMPO.8	9.98	11	LA.CHOYA	JOYA	15.2
4	CAMPO.8	DON.LUIS	0.86	12	JOYA	NAVIDAD	41
5	DON.LUIS	PERICO	7.9	13	NAVIDAD	ROINDUSTRI	34.55
6	PERICO	ON.ROBERT	1.75	14	ROINDUSTRI	CHALATTE	86.85
7	ON.ROBERT	COPALES	6.1	15	CHALATTE	JOJOBAL	12.2
8	COPALES	TINAJITA	26	16	JOJOBAL	HERMOSILLO	127
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	472.09
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42	9	JOJOBAL	CHALATTE	12.2
2	ON.ROBERT	PERICO	1.75	10	CHALATTE	JOYA	61.2
3	PERICO	COPALES	4.52	11	JOYA	PALOMA	52.6
4	COPALES	PARRILLAS	28.7	12	PALOMA	HERMOSILLO	34.2
5	PARRILLAS	ROINDUSTRI	32.45	13	HERMOSILLO	TINAJITA	53
6	ROINDUSTRI	NAVIDAD	34.55	14	TINAJITA	HABANA	12.6
7	NAVIDAD	CHOYA	33.5	15	HABANA	DON.LUIS	10.3
8	CHOYA	JOJOBAL	57.6	16	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	438.45
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42	9	JOJOBAL	CHALATTE	12.2
2	ON.ROBERT	PERICO	1.75	10	CHALATTE	JOYA	61.2
3	PERICO	COPALES	4.52	11	JOYA	PALOMA	52.6
4	COPALES	PARRILLAS	28.7	12	PALOMA	HERMOSILLO	34.2
5	PARRILLAS	ROINDUSTRI	32.45	13	HERMOSILLO	TINAJITA	53
6	ROINDUSTRI	NAVIDAD	34.55	14	TINAJITA	HABANA	12.6
7	NAVIDAD	CHOYA	33.5	15	HABANA	DON.LUIS	10.3
8	CHOYA	JOJOBAL	57.6	16	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	438.45
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	TINAJITA	53	9	PARRILLAS	ROINDUSTRI	32.45
2	TINAJITA	HABANA	12.6	10	ROINDUSTRI	NAVIDAD	34.55
3	HABANA	DON.LUIS	10.3	11	NAVIDAD	CHOYA	33.5
4	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86	12	CHOYA	JOJOBAL	57.6
5	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42	13	JOJOBAL	CHALATTE	12.2
6	ON.ROBERT	PERICO	1.75	14	CHALATTE	JOYA	61.2
7	PERICO	COPALES	4.52	15	JOYA	PALOMA	52.6
8	COPALES	PARRILLAS	28.7	16	PALOMA	HERMOSILLO	34.2
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	438.45
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method]	

CORRIDA 14 – MUESTRA 14

```
[1] "Corrida: 14"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 438.87
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
[1,] [,1] [,2]
[1,] "La.Paloma" "34.2"
[2,] "La.habana" "16.9"
[3,] "Campo.8.de.Mayo" "9.98"
[4,] "Don.Luis" "0.86"
[5,] "Don.Roberto" "9.26"
[6,] "Los.copales" "6.1"
[7,] "La.Joya" "45"
[8,] "La.navidad" "41"
[9,] "El.kakuyo" "7.1"
[10,] "Perlette" "33"
[11,] "Agroindustrial" "4.15"
[12,] "Los.Arroyos" "86.15"
[13,] "El.Chalatte" "0.62"
[14,] "Campo.Nuevo" "2.83"
[15,] "El.Jojobal" "14.72"
[16,] "Hermosillo" "127"
```

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	NAVIDAD	KAKUYO	7.1
2	PALOMA	HABANA	16.9	10	KAKUYO	PERLETEE	33
3	HABANA	CAMPO.8	9.98	11	PERLETEE	ROINDUSTRI	4.15
4	CAMPO.8	DON.LUIS	0.86	12	ROINDUSTRI	ARROYOS	86.15
5	DON.LUIS	ON.ROBERT	9.26	13	ARROYOS	CHALATTE	0.62
6	ON.ROBERT	COPALES	6.1	14	CHALATTE	AMPO.NUEV	2.83
7	COPALES	JOYA	45	15	AMPO.NUEV	JOJOBAL	14.72
8	JOYA	NAVIDAD	41	16	JOJOBAL	HERMOSILLO	127
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	438.87
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	ARROYOS	AMPO.NUEV	2.22	9	COPALES	NAVIDAD	48
2	AMPO.NUEV	HABANA	81.02	10	NAVIDAD	KAKUYO	7.1
3	HABANA	PALOMA	16.9	11	KAKUYO	ROINDUSTRI	37.15
4	PALOMA	HERMOSILLO	34.2	12	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15
5	HERMOSILLO	DON.LUIS	45.8	13	PERLETTE	JOYA	44.1
6	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86	14	JOYA	CHALATTE	61.2
7	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42	15	CHALATTE	JOJOBAL	12.2
8	ON.ROBERT	COPALES	6.1	16	JOJOBAL	ARROYOS	12.5
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	421.92
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	JOYA	CHALATTE	61.2	9	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86
2	CHALATTE	JOJOBAL	12.2	10	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42
3	JOJOBAL	ARROYOS	12.5	11	ON.ROBERT	COPALES	6.1
4	ARROYOS	AMPO.NUEV	2.22	12	COPALES	PERLETTE	50.9
5	AMPO.NUEV	HABANA	81.02	13	PERLETTE	ROINDUSTRI	4.15
6	HABANA	PALOMA	16.9	14	ROINDUSTRI	KAKUYO	37.15
7	PALOMA	HERMOSILLO	34.2	15	KAKUYO	NAVIDAD	7.1
8	HERMOSILLO	DON.LUIS	45.8	16	NAVIDAD	JOYA	41
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	421.72
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	DON.LUIS	45.8	9	PERLETTE	JOYA	44.1
2	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86	10	JOYA	CHALATTE	61.2
3	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42	11	CHALATTE	JOJOBAL	12.2
4	ON.ROBERT	COPALES	6.1	12	JOJOBAL	ARROYOS	12.5
5	COPALES	NAVIDAD	48	13	ARROYOS	AMPO.NUEV	2.22
6	NAVIDAD	KAKUYO	7.1	14	AMPO.NUEV	HABANA	81.02
7	KAKUYO	ROINDUSTRI	37.15	15	HABANA	PALOMA	16.9
8	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15	16	PALOMA	HERMOSILLO	34.2
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	421.92
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

CORRIDA 15 – MUESTRA 15

```

[1] "Corrida: 15"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 446.33
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
      [,1]      [,2]
[1,] "La.Paloma"  "34.2"
[2,] "La.habana"  "16.9"
[3,] "Campo.8.de.Mayo" "9.98"
[4,] "Don.Luis"     "0.86"
[5,] "Don.Roberto"  "9.26"
[6,] "Los.copales" "6.1"
[7,] "La.Tinajita"  "26"
[8,] "Las.Parrilas" "36.6"
[9,] "El.Tejaban"  "23.51"
[10,] "La.ventanita" "43.11"
[11,] "Perlette"    "1.77"
[12,] "Agroindustrial" "4.15"
[13,] "Dolores"     "78.75"
[14,] "Campo.Nuevo" "13.42"
[15,] "El.Jojobal"  "14.72"
[16,] "Hermosillo" "127"
    
```

SOL Solution for CORRIDA 15: Minimization (Traveling Salesman Problem)

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	PARRILLAS	TEJABAN	23.51
2	PALOMA	HABANA	16.9	10	TEJABAN	VENTANITA	43.11
3	HABANA	CAMPO.8	9.98	11	VENTANITA	PERLETTE	1.77
4	CAMPO.8	DON.LUIS	0.86	12	PERLETTE	ROINDUSTRI	4.15
5	DON.LUIS	ON.ROBERT	9.26	13	ROINDUSTRI	DOLORES	78.75
6	ON.ROBERT	COPALES	6.1	14	DOLORES	AMPO.NUEV	13.42
7	COPALES	TINAJITA	26	15	AMPO.NUEV	JOJOBAL	14.72
8	TINAJITA	PARRILLAS	36.6	16	JOJOBAL	HERMOSILLO	127
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	446.33
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

SOL Solution for CORRIDA 15: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	DON.LUIS	HABANA	10.3	9	DOLORES	VENTANITA	69.1
2	HABANA	TINAJITA	12.6	10	VENTANITA	ROINDUSTRI	5.92
3	TINAJITA	HERMOSILLO	53	11	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15
4	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	12	PERLETTE	PARRILLAS	28.3
5	PALOMA	TEJABAN	53.71	13	PARRILLAS	COPALES	28.7
6	TEJABAN	JOJOBAL	74.61	14	COPALES	ON.ROBERT	6.1
7	JOJOBAL	AMPO.NUEV	14.72	15	ON.ROBERT	CAMPO.8	8.42
8	AMPO.NUEV	DOLORES	13.42	16	CAMPO.8	DON.LUIS	0.86
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	418.11
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	TEJABAN	JOJOBAL	74.61
2	PALOMA	TINAJITA	28.8	10	JOJOBAL	AMPO.NUEVO	14.72
3	TINAJITA	HABANA	12.6	11	AMPO.NUEVO	DOLORES	13.42
4	HABANA	DON.LUIS	10.3	12	DOLORES	VENTANITA	69.1
5	DON.LUIS	CAMPO.8	0.86	13	VENTANITA	ROINDUSTRIAL	5.92
6	CAMPO.8	ON.ROBERT	8.42	14	ROINDUSTRIAL	PERLETTE	4.15
7	ON.ROBERT	COPALES	6.1	15	PERLETTE	PARRILLAS	28.3
8	COPALES	TEJABAN	46.11	16	PARRILLAS	HERMOSILLO	60.4
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	418.01
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	PERLETTE	PARRILLAS	28.3
2	PALOMA	TEJABAN	53.71	10	PARRILLAS	COPALES	28.7
3	TEJABAN	JOJOBAL	74.61	11	COPALES	ON.ROBERT	6.1
4	JOJOBAL	AMPO.NUEVO	14.72	12	ON.ROBERT	CAMPO.8	8.42
5	AMPO.NUEVO	DOLORES	13.42	13	CAMPO.8	DON.LUIS	0.86
6	DOLORES	VENTANITA	69.1	14	DON.LUIS	HABANA	10.3
7	VENTANITA	ROINDUSTRIAL	5.92	15	HABANA	TINAJITA	12.6
8	ROINDUSTRIAL	PERLETTE	4.15	16	TINAJITA	HERMOSILLO	53
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	418.11
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

CORRIDA 16 – MUESTRA 16

```

[1] "Corrida: 16"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 423.17
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
[1,] [,1] [,2]
[1,] "La.habana" "41"
[2,] "Campo.8.de.Mayo" "9.98"
[3,] "El.perico.II" "9.23"
[4,] "Los.copales" "4.52"
[5,] "Las.Parrilas" "28.7"
[6,] "Esperanza" "8.1"
[7,] "Campo.grande" "10.2"
[8,] "El.Tejaban" "18.41"
[9,] "La.navidad" "42.11"
[10,] "El.kakuyo" "7.1"
[11,] "La.ventanita" "31"
[12,] "Perlette" "1.77"
[13,] "Agroindustrial" "4.15"
[14,] "El.chalatte" "86.85"
[15,] "Campo.Nuevo" "2.83"
[16,] "Hermosillo" "117.22"

```

Solution for CORRIDA 16: Minimization (Traveling Salesman Problem)							
08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	HABANA	41	9	TEJABAN	NAVIDAD	42.11
2	HABANA	CAMPO.8	9.98	10	NAVIDAD	KAKUYO	7.1
3	CAMPO.8	PERICO	9.23	11	KAKUYO	VENTANITA	31
4	PERICO	COPALES	4.52	12	VENTANITA	PERLETTE	1.77
5	COPALES	PARRILLAS	28.7	13	PERLETTE	IROINDUSTRI	4.15
6	PARRILLAS	ESPERANZA	8.1	14	IROINDUSTRI	CHALATTE	86.85
7	ESPERANZA	CAMPO.GRANDE	10.2	15	CHALATTE	CAMPO.NUEVO	2.83
8	CAMPO.GRANDE	TEJABAN	18.41	16	CAMPO.NUEVO	HERMOSILLO	117.22
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	423.17
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

Solution for CORRIDA 16: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	VENTANITA	ROINDUSTRI	5.92	9	CHALATTE	HERMOSILLO	115
2	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15	10	HERMOSILLO	HABANA	41
3	PERLETTE	KAKUYO	33	11	HABANA	PERICO	11
4	KAKUYO	NAVIDAD	7.1	12	PERICO	COPALES	4.52
5	NAVIDAD	AMPO.GRANC	27.3	13	COPALES	CAMPO.8	10.2
6	AMPO.GRANC	TEJABAN	18.41	14	CAMPO.8	PARRILLAS	24.3
7	TEJABAN	AMPO.NUEV	64.23	15	PARRILLAS	ESPERANZA	8.1
8	AMPO.NUEV	CHALATTE	2.83	16	ESPERANZA	VENTANITA	18.7
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	395.76
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

Solution for CORRIDA 16: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15	9	HABANA	HERMOSILLO	41
2	PERLETTE	VENTANITA	1.77	10	HERMOSILLO	CHALATTE	115
3	VENTANITA	ESPERANZA	18.7	11	CHALATTE	AMPO.NUEV	2.83
4	ESPERANZA	PARRILLAS	8.1	12	AMPO.NUEV	TEJABAN	64.23
5	PARRILLAS	CAMPO.8	24.3	13	TEJABAN	AMPO.GRANC	18.41
6	CAMPO.8	COPALES	10.2	14	AMPO.GRANC	NAVIDAD	27.3
7	COPALES	PERICO	4.52	15	NAVIDAD	KAKUYO	7.1
8	PERICO	HABANA	11	16	KAKUYO	ROINDUSTRI	37.15
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	395.76
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

Solution for CORRIDA 16: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	HABANA	41	9	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15
2	HABANA	PERICO	11	10	PERLETTE	KAKUYO	33
3	PERICO	COPALES	4.52	11	KAKUYO	NAVIDAD	7.1
4	COPALES	CAMPO.8	10.2	12	NAVIDAD	AMPO.GRANC	27.3
5	CAMPO.8	PARRILLAS	24.3	13	AMPO.GRANC	TEJABAN	18.41
6	PARRILLAS	ESPERANZA	8.1	14	TEJABAN	AMPO.NUEV	64.23
7	ESPERANZA	VENTANITA	18.7	15	AMPO.NUEV	CHALATTE	2.83
8	VENTANITA	ROINDUSTRI	5.92	16	CHALATTE	HERMOSILLO	115
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	395.76
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

CORRIDA 17 – MUESTRA 17

```

[1] "Corrida: 17"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 447.63
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
      [,1]      [,2]
[1,] "La.Paloma"  "34.2"
[2,] "Campo.8.de.Mayo" "21.1"
[3,] "El.perico.II"  "9.23"
[4,] "Los.copales"  "4.52"
[5,] "Las.Parrilas" "28.7"
[6,] "Campo.grande" "8.73"
[7,] "La.Choya"     "10.1"
[8,] "La.Joya"      "15.2"
[9,] "El.Kakuyo"    "43.8"
[10,] "Perlette"     "33"
[11,] "Agroindustrial" "4.15"
[12,] "Dolores"     "78.75"
[13,] "El.Chalatte" "11.6"
[14,] "Campo.Nuevo" "2.83"
[15,] "El.Jojobal"  "14.72"
[16,] "Hermosillo" "127"
    
```

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	JOYA	KAKUYO	43.8
2	PALOMA	CAMPO.8	21.1	10	KAKUYO	PERLETTE	33
3	CAMPO.8	PERICO	9.23	11	PERLETTE	ROINDUSTRIAL	4.15
4	PERICO	COPALES	4.52	12	ROINDUSTRIAL	DOLORES	78.75
5	COPALES	PARRILLAS	28.7	13	DOLORES	CHALATTE	11.6
6	PARRILLAS	CAMPO.GRANDE	8.73	14	CHALATTE	CAMPO.NUEVO	2.83
7	CAMPO.GRANDE	CHOYA	10.1	15	CAMPO.NUEVO	JOJOBAL	14.72
8	CHOYA	JOYA	15.2	16	JOJOBAL	HERMOSILLO	127
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	447.63
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

Solución for CORRIDA 17: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	AMPO.NUEV	AMPO.GRAN	57.42	9	COPALES	CAMPO.8	10.2
2	AMPO.GRAN	ROINDUSTRI	34.45	10	CAMPO.8	PARRILLAS	24.3
3	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15	11	PARRILLAS	JOYA	22.4
4	PERLETTE	KAKUYO	33	12	JOYA	CHOYA	15.2
5	KAKUYO	HERMOSILLO	82.4	13	CHOYA	DOLORES	34.3
6	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	14	DOLORES	CHALATTE	11.6
7	PALOMA	PERICO	22	15	CHALATTE	JOJOBAL	12.2
8	PERICO	COPALES	4.52	16	JOJOBAL	AMPO.NUEV	14.72
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	417.06
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

Solución for CORRIDA 17: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	AMPO.NUEV	AMPO.GRAN	57.42	9	COPALES	CAMPO.8	10.2
2	AMPO.GRAN	ROINDUSTRI	34.45	10	CAMPO.8	PARRILLAS	24.3
3	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15	11	PARRILLAS	JOYA	22.4
4	PERLETTE	KAKUYO	33	12	JOYA	CHOYA	15.2
5	KAKUYO	HERMOSILLO	82.4	13	CHOYA	DOLORES	34.3
6	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	14	DOLORES	CHALATTE	11.6
7	PALOMA	PERICO	22	15	CHALATTE	JOJOBAL	12.2
8	PERICO	COPALES	4.52	16	JOJOBAL	AMPO.NUEV	14.72
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	417.06
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

Solución for CORRIDA 17: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cos
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	DOLORES	CHALATTE	11.6
2	PALOMA	PERICO	22	10	CHALATTE	JOJOBAL	12.2
3	PERICO	COPALES	4.52	11	JOJOBAL	AMPO.NUEV	14.72
4	COPALES	CAMPO.8	10.2	12	AMPO.NUEV	AMPO.GRAN	57.42
5	CAMPO.8	PARRILLAS	24.3	13	AMPO.GRAN	ROINDUSTRI	34.45
6	PARRILLAS	JOYA	22.4	14	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15
7	JOYA	CHOYA	15.2	15	PERLETTE	KAKUYO	33
8	CHOYA	DOLORES	34.3	16	KAKUYO	HERMOSILLO	82.4
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	417.06
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

CORRIDA 18 – MUESTRA 18

```

[1] "Corrida: 18"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 501.81
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
      [,1]      [,2]
[1,] "La.habana"  "41"
[2,] "El.perico.II" "11"
[3,] "Los.copales"  "4.52"
[4,] "Las.Parrilas" "28.7"
[5,] "Esperanza"    "8.1"
[6,] "Campo.grande" "10.2"
[7,] "La.Choya"     "10.1"
[8,] "La.Joya"      "15.2"
[9,] "El.Tejaban"  "1.11"
[10,] "La.navidad"  "42.11"
[11,] "La.ventanita" "28"
[12,] "Perlette"    "1.77"
[13,] "Agroindustrial" "4.15"
[14,] "Los.Arroyos" "86.15"
[15,] "La.Cuichi"   "124.1"
[16,] "Hermosillo" "85.6"
    
```

Solution for CORRIDA 18: Minimization (Traveling Salesman Problem)

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	HABANA	41	9	JOYA	TEJABAN	1.11
2	HABANA	PERICO	11	10	TEJABAN	NAVIDAD	42.11
3	PERICO	COPALES	4.52	11	NAVIDAD	VENTANITA	28
4	COPALES	PARRILLAS	28.7	12	VENTANITA	PERLETTE	1.77
5	PARRILLAS	ESPERANZA	8.1	13	PERLETTE	ROINDUSTRI	4.15
6	ESPERANZA	AMPO.GRANC	10.2	14	ROINDUSTRI	ARROYOS	86.15
7	AMPO.GRANC	CHOYA	10.1	15	ARROYOS	CUICHI	124.1
8	CHOYA	JOYA	15.2	16	CUICHI	HERMOSILLO	85.6
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	501.81
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

Solution for CORRIDA 18: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	TEJABAN	ARROYOS	62.01	9	CUICHI	ESPERANZA	71.4
2	ARROYOS	CHOYA	45.5	10	ESPERANZA	VENTANITA	18.7
3	CHOYA	PARRILLA	15	11	VENTANITA	PERLETTE	1.77
4	PARRILLA	COPALES	28.7	12	PERLETTE	ROINDUSTRI	4.15
5	COPALES	PERICO	4.52	13	ROINDUSTRI	NAVIDAD	34.55
6	PERICO	HERMOSILLO	46.9	14	NAVIDAD	AMPO.GRANC	27.3
7	HERMOSILLO	HABANA	41	15	AMPO.GRANC	JOYA	17.3
8	HABANA	CUICHI	45.2	16	JOYA	TEJABAN	1.11
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	465.11
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	TEJABAN	JOYA	1.11	9	HABANA	CUICHI	45.2
2	JOYA	CHOYA	15.2	10	CUICHI	PARRILLA	69.2
3	CHOYA	ARROYOS	45.5	11	PARRILLA	NAVIDAD	25.2
4	ARROYOS	AMPO.GRANC	55.2	12	NAVIDAD	ROINDUSTRI	34.55
5	AMPO.GRANC	PERICO	28	13	ROINDUSTRI	PERLETTE	4.15
6	PERICO	COPALES	4.52	14	PERLETTE	VENTANITA	1.77
7	COPALES	HERMOSILLO	49.3	15	VENTANITA	ESPERANZA	18.7
8	HERMOSILLO	HABANA	41	16	ESPERANZA	TEJABAN	24.71
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	463.31
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	HABANA	41	9	AMPO.GRANC	JOYA	17.3
2	HABANA	CUICHI	45.2	10	JOYA	TEJABAN	1.11
3	CUICHI	ESPERANZA	71.4	11	TEJABAN	ARROYOS	62.01
4	ESPERANZA	VENTANITA	18.7	12	ARROYOS	CHOYA	45.5
5	VENTANITA	PERLETTE	1.77	13	CHOYA	PARRILLA	15
6	PERLETTE	ROINDUSTRI	4.15	14	PARRILLA	COPALES	28.7
7	ROINDUSTRI	NAVIDAD	34.55	15	COPALES	PERICO	4.52
8	NAVIDAD	AMPO.GRANC	27.3	16	PERICO	HERMOSILLO	46.9
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	465.11
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

CORRIDA 19 – MUESTRA 19

```
[1] "Corrida: 19"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 473.16
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
[1,] [,1] [,2]
[1,] "don.Luis" "45.8"
[2,] "El.perico.II" "7.9"
[3,] "Los.copales" "4.52"
[4,] "La.Tinajita" "26"
[5,] "Las.Parrilas" "36.6"
[6,] "La.choya" "15"
[7,] "El.Tejaban" "16.31"
[8,] "La.navidad" "42.11"
[9,] "El.kakuyo" "7.1"
[10,] "La.ventanita" "31"
[11,] "Agroindustrial" "5.92"
[12,] "Dolores" "78.75"
[13,] "El.chalatte" "11.6"
[14,] "Campo.Nuevo" "2.83"
[15,] "El.Jojobal" "14.72"
[16,] "Hermosillo" "127"
```

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	DON.LUIS	45.8	9	NAVIDAD	KAKUYO	7.1
2	DON.LUIS	PERICO	7.9	10	KAKUYO	VENTANITA	31
3	PERICO	COPALES	4.52	11	VENTANITA	ROINDUSTRI	5.92
4	COPALES	TINAJITA	26	12	ROINDUSTRI	DOLORES	78.75
5	TINAJITA	PARRILLAS	36.6	13	DOLORES	CHALATTE	11.6
6	PARRILLAS	CHOYA	15	14	CHALATTE	MMPO.NUEV	2.83
7	CHOYA	TEJABAN	16.31	15	MMPO.NUEV	JOJOBAL	14.72
8	TEJABAN	NAVIDAD	42.11	16	JOJOBAL	HERMOSILLO	127
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	473.16
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

Solution for CORRIDA 19: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	CHALATTE	DOLORES	11.6	9	PERICO	PARRILLAS	25.4
2	DOLORES	CHOYA	34.3	10	PARRILLAS	NAVIDAD	25.2
3	CHOYA	TEJABAN	16.31	11	NAVIDAD	KAKUYO	7.1
4	TEJABAN	TINAJITA	54.11	12	KAKUYO	VENTANITA	31
5	TINAJITA	HERMOSILLO	53	13	VENTANITA	ROINDUSTRI	5.92
6	HERMOSILLO	DON.LUIS	45.8	14	ROINDUSTRI	AMPO.NUEV	88.37
7	DON.LUIS	COPALES	10.9	15	AMPO.NUEV	JOJOBAL	14.72
8	COPALES	PERICO	4.52	16	JOJOBAL	CHALATTE	12.2
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	440.45
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

Solution for CORRIDA 19: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	PARRILLAS	NAVIDAD	25.2	9	DOLORES	CHOYA	34.3
2	NAVIDAD	KAKUYO	7.1	10	CHOYA	TEJABAN	16.31
3	KAKUYO	VENTANITA	31	11	TEJABAN	PERICO	42.91
4	VENTANITA	ROINDUSTRI	5.92	12	PERICO	COPALES	4.52
5	ROINDUSTRI	AMPO.NUEV	88.37	13	COPALES	DON.LUIS	10.9
6	AMPO.NUEV	JOJOBAL	14.72	14	DON.LUIS	HERMOSILLO	45.8
7	JOJOBAL	CHALATTE	12.2	15	HERMOSILLO	TINAJITA	53
8	CHALATTE	DOLORES	11.6	16	TINAJITA	PARRILLAS	36.6
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	440.45
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

Solution for CORRIDA 19: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	DON.LUIS	45.8	9	ROINDUSTRI	AMPO.NUEV	88.37
2	DON.LUIS	COPALES	10.9	10	AMPO.NUEV	JOJOBAL	14.72
3	COPALES	PERICO	4.52	11	JOJOBAL	CHALATTE	12.2
4	PERICO	PARRILLAS	25.4	12	CHALATTE	DOLORES	11.6
5	PARRILLAS	NAVIDAD	25.2	13	DOLORES	CHOYA	34.3
6	NAVIDAD	KAKUYO	7.1	14	CHOYA	TEJABAN	16.31
7	KAKUYO	VENTANITA	31	15	TEJABAN	TINAJITA	54.11
8	VENTANITA	ROINDUSTRI	5.92	16	TINAJITA	HERMOSILLO	53
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	440.45
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

CORRIDA 20 – MUESTRA 20

```

[1] "Corrida: 20"
[1] 16 2
[1] "ESTE ES EL VALOR TOTAL DE KILOMETROS RECORRIDOS"
[1] 454.42
[1] "MATRIZ FINAL DE RECORRIDO SUGERIDO"
      [,1]      [,2]
[1,] "La.Paloma"  "34.2"
[2,] "La.habana"  "16.9"
[3,] "Campo.8.de.Mayo" "9.98"
[4,] "El.perico.II"  "9.23"
[5,] "Los.copales"  "4.52"
[6,] "Campo.grande" "31.3"
[7,] "La.Choya"    "10.1"
[8,] "Dolores"     "34.3"
[9,] "Los.Arroyos" "11.2"
[10,] "El.Chalatte" "0.62"
[11,] "El.Jojobal"  "12.2"
[12,] "La.ventanita" "92.8"
[13,] "Perlette"    "1.77"
[14,] "Agroindustrial" "4.15"
[15,] "La.Cuichi"  "95.55"
[16,] "Hermosillo" "85.6"
    
```

S. Solution for CORRIDA 20: Minimization (Traveling Salesman Problem)

08-31-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	DOLORES	ARROYOS	11.2
2	PALOMA	HABANA	16.9	10	ARROYOS	CHALATTE	0.62
3	HABANA	CAMPO.8	9.98	11	CHALATTE	JOJOBAL	12.2
4	CAMPO.8	PERICO	9.23	12	JOJOBAL	VENTANITA	92.8
5	PERICO	COPALES	4.52	13	VENTANITA	PERLETTE	1.77
6	COPALES	AMPO.GRANC	31.3	14	PERLETTE	ROINDUSTRI	4.15
7	AMPO.GRANC	CHOYA	10.1	15	ROINDUSTRI	CUICHI	95.55
8	CHOYA	DOLORES	34.3	16	CUICHI	HERMOSILLO	85.6
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	454.42
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

S. Solution for CORRIDA 20: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	ARROYOS	AMPO.GRANC	55.2	9	PALOMA	CAMPO.8	21.1
2	AMPO.GRANC	PERLETTE	30.3	10	CAMPO.8	COPALES	10.2
3	PERLETTE	ROINDUSTRI	4.15	11	COPALES	PERICO	4.52
4	ROINDUSTRI	VENTANITA	5.92	12	PERICO	CHOYA	34.3
5	VENTANITA	CUICHI	83.6	13	CHOYA	DOLORES	34.3
6	CUICHI	HABANA	45.2	14	DOLORES	CHALATTE	11.6
7	HABANA	HERMOSILLO	41	15	CHALATTE	JOJOBAL	12.2
8	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	16	JOJOBAL	ARROYOS	12.5
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	440.29
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

Solution for CORRIDA 20: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	AMPO.GRANC	ARROYOS	55.2	9	PERICO	PALOMA	22
2	ARROYOS	JOJOBAL	12.5	10	PALOMA	HERMOSILLO	34.2
3	JOJOBAL	CHALATTE	12.2	11	HERMOSILLO	HABANA	41
4	CHALATTE	DOLORES	11.6	12	HABANA	CUICHI	45.2
5	DOLORES	CHOYA	34.3	13	CUICHI	VENTANITA	83.6
6	CHOYA	CAMPO.8	33.2	14	VENTANITA	PERLETTE	1.77
7	CAMPO.8	COPALES	10.2	15	PERLETTE	ROINDUSTRI	4.15
8	COPALES	PERICO	4.52	16	ROINDUSTRI	AMPO.GRANC	34.45
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	440.09
	(Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic)	

Solution for CORRIDA 20: Minimization (Traveling Salesman Problem)

09-07-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	HERMOSILLO	PALOMA	34.2	9	JOJOBAL	ARROYOS	12.5
2	PALOMA	CAMPO.8	21.1	10	ARROYOS	AMPO.GRANC	55.2
3	CAMPO.8	COPALES	10.2	11	AMPO.GRANC	PERLETTE	30.3
4	COPALES	PERICO	4.52	12	PERLETTE	ROINDUSTRI	4.15
5	PERICO	CHOYA	34.3	13	ROINDUSTRI	VENTANITA	5.92
6	CHOYA	DOLORES	34.3	14	VENTANITA	CUICHI	83.6
7	DOLORES	CHALATTE	11.6	15	CUICHI	HABANA	45.2
8	CHALATTE	JOJOBAL	12.2	16	HABANA	HERMOSILLO	41
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	440.29
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	