

“Optimización del sistema de ruteo vehicular en la distribución de los productos y creación de un sistema de información para el área de Ventas de una empresa farmacéutica en la ciudad de Milagro”

Luis Eduardo Alvarado Ferretti ⁽¹⁾, María Gabriela Alvarado Mendoza ⁽²⁾, M. Sc. Guillermo Baquerizo Palma ⁽³⁾
Instituto de Ciencias Matemáticas (ICM) ^{(1) (2) (3)}
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) ^{(1) (2) (3)}
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral ^{(1) (2) (3)}
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador ^{(1) (2) (3)}
lealvara@espol.edu.ec ⁽¹⁾, magaalva@espol.edu.ec ⁽²⁾, gbaqueri@espol.edu.ec ⁽³⁾

Resumen

Este trabajo estudia el sistema de gestión para la atención de los requerimientos formulados en los pedidos de los clientes y la distribución de los medicamentos que realiza una empresa farmacéutica en la ciudad de Milagro. Del análisis de la información obtenida, se puede afirmar que tiene un sistema deficitario de registro y gestión en la distribución de los pedidos de los clientes. Por lo indicado, el presente proyecto busca solucionar estos problemas, con la utilización de dos métodos que procuran una optimización en los sistemas de información y de ruteo vehicular. Respecto a la recopilación de datos, se plantea un sistema eficaz y eficiente de registros, debidamente organizado, que garantiza el mantenimiento y actualización de toda la información de los clientes, como datos personales, cambios de dirección, y los pedidos. Además, sirve para que el personal del área de Ventas pueda realizar consultas, así como para optimizar el recorrido de la distribución de productos a partir de la aplicación del modelo VRPTW (Vehicle Routing Problem with Time Windows) que permite obtener primero el ruteo inicial con la aplicación de la heurística del vecino más cercano y después de la metaheurística del Recocido Simulado.

Palabras Claves: sistemas de información, optimización del recorrido, VRPTW, Recocido Simulado.

Abstract

This paper studies the management system for dealing with the customers' orders and the distribution of drugs performed by a pharmaceutical company in Milagro. From the analysis of the information obtained from this company, we can say that it doesn't count with an optimal way of keeping record of orders; also the management system for the customers' orders is done with field visits to each store. The process of delivering the products to the customers sometimes isn't met in the time previously agreed, generating complaints and dissatisfaction. As indicated, the project proposed seeks to solve these problems, by using two methods looking for an optimization in the information system and the vehicle routing system. Regarding the data collection, it will be developed an effective and efficient registration system, properly organized, which ensures the maintenance and updates of all the customers' information, like personal data, change of address, and the orders. It'll also help the sales staff area to make inquires. In addition, to optimize the product distribution the VRPTW (Vehicle Routing Problem with Time Windows) model will be used by first obtaining the initial routing from the heuristic of the nearest neighbor and then applying the Simulated Annealing Metaheuristic.

Keywords: information system, route optimization, VRPTW, Simulated Annealing.

1. Introducción

Para satisfacer la demanda de medicinas en la ciudad de Milagro se creó a finales del año 1990, una empresa farmacéutica, a la cual denominaremos Farmacéutica 1.

La empresa Farmacéutica 1 cuya misión es elaborar productos de alta calidad y distribuirlos a sus clientes, se dedica a la producción de los medicamentos que son comercializados en los diferentes puntos de venta, vale decir, que la producción es su CORE – BUSINESS; sin embargo aunque poseen su propia flota de camiones, estos no abastecen, por lo que se apoyan con la contratación

del servicio de una empresa que se dedica a la entrega de los productos en varias regiones del país.

En los procesos previstos para la distribución de los medicamentos, está considerada la estimación de las demandas de los clientes, para ello, se envían a los puntos de venta a visitadores médicos, los cuales son movilizados en carros particulares de la empresa, éstos se encargan de tomar detalladamente los pedidos de los clientes.

Luego de organizar y definir la capacidad de cobertura de los pedidos, en función del stock disponible, se procede con el embalaje de los productos a distribuir, y se acompaña con la emisión de la factura correspondiente. El despacho de los

paquetes le corresponde a los bodegueros, éstos son los encargados de trasladar los productos de la bodega a la zona de embarque, las cuales serán ubicados en los respectivos vehículos, mientras que los choferes en su papeleta tendrán a disposición las direcciones de los puntos de venta, la cantidad de productos que debe entregar a cada cliente y el horario en el cual deben ser entregado los productos en el punto de venta.

Luego de haber organizado los registros de los requerimientos y asignado a los diferentes vehículos de la empresa y a la empresa contratada para los servicios de distribución, el encargado del manejo del proceso de entrega, determina cual es la ruta que deben realizar los choferes para distribuir el producto a los clientes.

Adicionalmente, se ha podido apreciar que el sistema de ruteo de los vehículos de la flota de transporte de la empresa no ha sido debidamente planificado, lo cual ha generado dificultades en las entregas y ha incrementado el costo de la movilización, constituyendo un problema significativo en la calidad del cumplimiento de la entrega de los productos y afectando a la relación de la empresa con sus clientes.

2. Problema de Ruteo Vehicular con Ventanas de Tiempo (VRPTW)

Bajo el concepto de Delgado [1], el VRPTW puede ser formulado de la siguiente manera. Sea $G = (V, E)$ un grafo no dirigido donde $V = \{v_0, v_1, v_2, \dots, v_n\}$ es un conjunto de vértices, en el que v_1, v_2, \dots, v_n representan los clientes, v_0 el depósito y $E = \{(v_i, v_j) \mid v_i, v_j \in V, i \neq j\}$, es un conjunto de arcos que representan, las conexiones posibles entre los clientes y entre los depósitos y clientes. A cada par ordenado $(v_i, v_j) \in V$, se le asocia un costo $c_{i,j}$ y un tiempo de viaje $t_{i,j}$. Cada cliente $v_i \in V \setminus \{v_0\}$, tiene una demanda d_i y un tiempo de servicio s_{vi} y un intervalo de tiempo $[l_{vi}, m_{vi}]$, en el que se debe satisfacer la demanda. Una flota de K vehículos con capacidad Q , se halla en las bodegas o depósitos. Se conoce el número de vehículos con los que cuenta la flota, así mismo sea r la máxima longitud que un vehículo pueda recorrer. El VRPTW consiste en la construcción de a lo mucho K rutas factibles que satisfagan la demanda del cliente.

Existen restricciones que deben cumplirse [1]:

1. Cada ruta comienza y termina en el depósito.
2. Cada cliente es visitado sólo una vez por un solo vehículo.
3. La demanda de cada cliente se satisface en cada visita realizada por el vehículo.

4. La demanda acumulada en cada ruta no excede la capacidad Q de cada vehículo.
5. La longitud total recorrida por cada vehículo no excede el valor límite r .
6. Los clientes son atendidos por las ventanas de tiempo previamente establecidas.
7. El costo total de las rutas es mínimo.

3. Algoritmo del Recocido Simulado

El Recocido Simulado es un procedimiento de búsqueda local que introduce una fase de aleatorización en la aceptación de movimientos, de tal forma que si el procedimiento es de mejora se acepta. Por el contrario si el movimiento conduce a una solución peor, se acepta con probabilidad dado por el parámetro T , que corresponde con la temperatura en el proceso termodinámico. La temperatura permite que en los primeros instantes de la búsqueda la mayoría de los movimientos se acepte, aunque estos empeoren la situación. Posteriormente la temperatura se va reduciendo, lo cual implica que cada vez se hace más restrictivo el proceso de aceptación de estados de peor calidad [2].

```

Input( $T_0, \alpha, L, T_f$ )
 $T \leftarrow T_0$ 
 $S_{act} \leftarrow$  Genera_solución_inicial
While  $T \geq T_f$  DO
BEGIN
FOR cont  $\leftarrow$  1 TO L(T) DO
BEGIN
 $S_{cand} \leftarrow$  Selecciona_solución_N( $S_{act}$ )
 $\delta \leftarrow$  coste( $S_{cand}$ ) - coste( $S_{act}$ )
IF ( $U(0,1) < e^{(-\delta/T)}$ ) OR
( $\delta < 0$ ) THEN  $S_{act} \leftarrow S_{cand}$ 
END
 $T \leftarrow \alpha(T)$ 
END

```

Figura 1. Pseudocódigo de Recocido Simulado [3].

4. Sistema de Manejo de Base de Datos

Un Sistema de Gestión de Base de Datos (SGBD) consiste en una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a los mismos [4].

4.1. Características de un SGBD

Un SGBD permite el almacenamiento, manipulación y consulta de datos pertenecientes a una base de datos organizada en uno o varios ficheros. En el modelo más extendido (base de datos relacional) la base de datos consiste, de cara al usuario, en un conjunto de tablas entre las que se establecen relaciones. A pesar de sus semejanzas (ambos manejan conjuntos de tablas) existen una serie de diferencias fundamentales entre un SGBD y un

programa de hoja de cálculo, la principal es que un SGBD permite [4]:

- El método de almacenamiento y el programa que gestiona los datos (servidor) son independientes del programa desde el que se lanzan las consultas (cliente). Véase Figura 2.

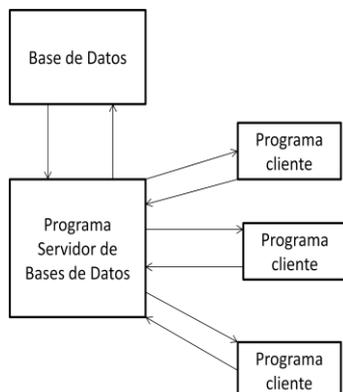


Figura 2. Esquema cliente-servidor en una base de datos [4].

- En lugar de primarse la visualización de toda la información, el objetivo fundamental es permitir consultas complejas, cuya resolución está optimizada, expresada mediante un lenguaje formal.
- El almacenamiento de los datos se hace de forma eficiente aunque oculta para el usuario y normalmente tiene, al contrario de lo que ocurre con las hojas de cálculo, poco que ver con la estructura con la que los datos se presentan al usuario.
- El acceso concurrente de múltiples usuarios autorizados a los datos, realizando operaciones de actualización y consulta de los mismos garantizando la ausencia de problemas de seguridad (debido a accesos no autorizados) o integridad (pérdida de datos por el intento de varios usuarios de acceder al mismo fichero al mismo tiempo).

4.2. Propiedades ACID

Una transacción es una unidad lógica de procesamiento que puede estar constituida por varias sentencias. Es, en definitiva una unidad de programa que consulta y actualiza datos sin violar ninguna de las restricciones de consistencia de la base de datos. Es decir si la base de datos era consistente antes de ejecutarse la transacción, debe seguir siéndolo tras su ejecución [5].

Las transacciones deben cumplir los siguientes requisitos:

- **Atomicidad:** todas las operaciones asociadas a una operación deben ejecutarse por completo o no ejecutarse ninguna de ellas [5].

- **Consistencia:** una ejecución correcta de la transacción debe llevar a la base de datos de un estado coherente a otro estado coherente [6].
- **Aislamiento:** al ejecutarse varias transacciones concurrentemente, la ejecución individual de cada una de ellas no debería interferir en la ejecución de las otras [5].
- **Persistencia:** una vez que una transacción cambie a la base de datos y los cambios sean confirmados, éstos nunca deben perderse por fallas subsecuentes [6].

5. Modelo de costos de transporte

Según define Moscoso [7], un modelo de costos de transporte es una herramienta matemática que permite determinar el costo total de la operación de transporte de productos, mediante el correcto análisis de las variables que intervienen en la misma.

5.1. Tipos de modelos de costos

Los modelos de costos se diferencian por su complejidad, la cual está dada por el número de variables y la precisión de los resultados. La aplicación de los diferentes modelos de transporte dependerá de la información disponible, el entorno de la actividad y la precisión deseada en los resultados [7]. Para el caso en estudio se han considerado los siguientes modelos de costos:

- Modelo de función lineal.
- Modelo de función escalón.
- Modelo en base a rutas.

6. Caso de Aplicación

6.1. Modelo del sistema de información

En el interés de asegurar la reducción de los costos, se debe rediseñar la tarea de visitar al cliente, por tanto se propone un registro autometrado:

- Registro de Clientes.
- Registro de Pedidos.
- Registro de Rutas.

6.1.1. Diseño de registro de clientes. El sistema de información que se implantaría, es el registro de los clientes que posee Farmacéutica 1, de esta forma se podrá tener un mejor manejo de la información del cliente, además que resultaría más ventajoso para una actualización, en caso de que sea necesario realizarlo.

A continuación se muestran los siguientes campos que contiene el Registro de Clientes:

- Código Cliente.

- Nombre del Cliente.
- Dirección.
- Teléfono.
- Correo electrónico.

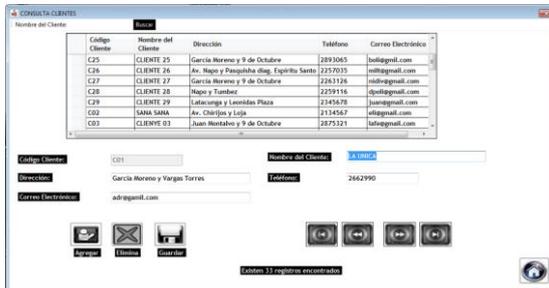


Figura 3. Formulario de Registro de Clientes.

6.1.2. Diseño de formulario de pedido. Para llevar de manera organizada la demanda de los clientes, se diseñará un formulario para el Registro de Pedidos. De esta forma se tendrá detalladamente las cantidades y productos que cada cliente solicitó, además habrá un registro con lo que se respaldará dicho pedido. Este proceso contribuye a minimizar los costos en la transportación del personal (visitadores médicos) hacia los puntos de venta para recolectar el pedido. Farmacéutica 1 sólo tendrá que recibir una llamada telefónica y/o correo electrónico por parte del cliente. Los campos que abarcarían en el formulario son:

- Código de Pedido.
- Código de Cliente.
- Nombre Cliente.
- Código Producto.
- Nombre Producto.
- Cantidad

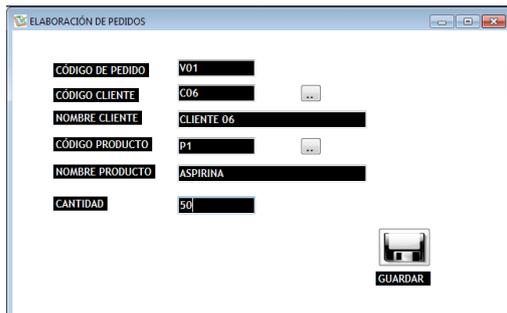


Figura 4. Elaboración de pedidos.

6.1.3. Diseño del registro de rutas. Una vez realizada la optimización del ruteo, el sistema organizará a partir de los resultados obtenidos, la ruta que cada transporte debería distribuir los productos, los cuales se apreciará en una papeleta (Figura 5). Los componentes que aparecerán en la papeleta que será de guía para el transportista son:

- Código Pedido.

- Código Cliente.
- Nombre del Cliente.
- Código del Producto.
- Nombre del Producto.
- Cantidad del Pedido.
- Fecha de Pedido.
- Fecha de Entrega.
- Dirección.
- Chofer.
- Horario de entrega.
 - Hora Inicio.
 - Hora Fin.



Figura 5. Formulario para despacho de pedidos.

6.2. Diseño del sistema de ruteo vehicular

6.2.1. Propuesta para solución de ruteo inicial. Una vez realizado el sistema de información para el registro de los clientes y pedidos, éstos se implementarán en el modelo matemático para obtener una ruta inicial de la distribución de los productos. Considerando los intereses comunes, tanto del cliente, como de Farmacéutica 1, resulta necesario que el producto sea distribuido en el horario establecido, para ello, el modelo que se utilizará será el VRPTW. El modelo a programar es un VRPTW aplicando la heurística del vecino más cercano, así cuando se obtenga el ruteo inicial, será a partir de las distancias más cortas que haya entre los clientes, cumpliendo con las ventanas horarias establecidas.

6.2.2. Propuesta para optimización del ruteo. Para optimizar el ruteo se utilizará el recocido simulado cuyo objetivo es encontrar una solución que se aproxime al óptimo local. Por tanto, una vez obtenido el ruteo inicial se realizarán secuencias en las cuales se mejorará el sistema de ruteo. Estas secuencias se determinarán a partir de la temperatura inicial, la temperatura final y el alfa que definirá la disminución de la temperatura.

6.3. Modelo del costo de transporte

Para determinar el costo total de la distribución de los productos se debe tomar en consideración los diferentes tipos de modelos de transporte y se seleccionará el más adecuado para nuestro caso de estudio.

El modelo que se utiliza para calcular los costos será el modelo de función lineal, ya que la operación de distribución se realiza en un solo tipo de carretera. Para desarrollar el cálculo se necesitará los costos fijos y los costos variables en relación a los kilómetros recorridos que será representado por X , como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{CostoTotal}(X) = \text{CostoFijo} + \text{Costo Variable} * X$$

6.4. Costos fijos y variables.

Los componentes para valorar los costos fijos y variables, son los que se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 1. Tabla de Costos Fijos.

Costos Fijos	Costo Mensual
Cuota vehículo	
Matrícula	
Seguro	
Batería	
Sueldo del chofer	
Costo Total	

Tabla 2. Tabla de Costos Variables.

Costos Variables	\$/Km
Combustible	
Llantas	
Mantenimiento	
Costo Total	

7. Resultados

7.1. Escenario Actual

Farmacéutica 1, tiene un sistema de recolección de pedidos, bajo la modalidad de presencia personal de visitantes médicos a cada uno de los clientes que demandan sus productos. Para cumplir con las visitas, el personal tiene que utilizar su propio medio de transporte. La empresa cubre los gastos por su movilización, es decir, paga por el combustible, llantas y mantenimiento del vehículo y viáticos, como se indica en la Tabla 3 y 4.

Tabla 3. Resultado de Costos Fijos de visitador médico.

Costos Fijos	Costo Mensual
Viáticos	29
Costo Total	29

Tabla 4. Resultado de Costos Variables de visitador médico.

Costos Variables	\$/Km
Combustible	0.0049
Llantas	0.008
Mantenimiento	0.003
Costo Total	0.06

De la información otorgada por la Unidad Financiera, se indicó que los valores promedios que se tienen previstos presupuestariamente para los rubros de los costos variables, están determinados desde la diversidad de los vehículos, y por tanto, de las incidencias de cada uno de sus componentes.

Cabe mencionar que las visitas la realizan dos veces al mes, por lo que los costos fijos y variables, son duplicados.

De esta forma se establece el modelo de la función de costo, donde j son los vehículos a utilizarse y y_j los kilómetros recorridos:

$$\text{CostoTotal}(j, y_j) = 58 * j + 2 * 0.06 * y_j$$

Por el trabajo realizado por de los visitantes médicos, el costo mensual aproximado es de \$606.85.

Una vez obtenido los pedidos de todos los clientes, éstos no son registrados de manera apropiada en un sistema de información, por lo que resulta complicado consultar la información.

Para el proceso de la distribución, el hecho de no poseer un programa que permita planificar un ruteo de forma óptima para la entrega de los productos, además de apoyarse en un manejo empírico basado en el sentido común del chofer, no se cumple con la entrega dentro del horario acordado, provocando inconformidad en los clientes.

A continuación se muestra la Tabla 5 y 6 que mostrarán los costos fijos y variables del vehículo:

Tabla 5. Resultado de Costos Fijos del vehículo.

Costos Fijos	Costo Mensual
Cuota vehículo	632.83
Matrícula	88
Seguro	126
Batería	15
Sueldo del chofer	450
Costo Total	1311.83

Tabla 6. Resultado de Costos Variables del vehículo.

Costos Variables	\$/Km
Combustible	0.06
Llantas	0.01
Mantenimiento	0.03
Costo Total	0.1

Los costos de las Tablas 5 y 6 fueron otorgados por la Unidad Financiera, de la empresa. Así, la función del costo será:

$$\text{CostoTotal}(i, x_i) = 1311.83 * i + 0.1 * x_i$$

El costo mensual aproximado que se obtiene al realizar la distribución de pedidos es de \$5170.00 para 5 rutas y un total de 30 clientes.

7.2. Escenario Propuesto

7.2.1. Propuesta para ruteo inicial. Para obtener el ruteo inicial de la distribución de productos, es necesario considerar las ventanas horarias en las cuales los clientes quieren recibir su producto.

Por ello, una solución que ofrecemos a Farmacéutica 1, es el diseño de sus ventanas horarias, es decir intervalos de tiempos en los cuales la empresa pueda distribuir sin complicaciones sus productos a los clientes. El horario de entrega se divide en dos secciones: desde las 8:00 hasta las 12:00 y desde las 13:00 hasta las 17:00.

En el concepto de ganar-ganar, se plantea como estrategia ofertar a los clientes una propuesta sobre el horario de entrega, esto es, para aquellos que acepten el horario establecido por Farmacéutica 1, se ofrece un descuento financiero en la compra de sus productos, caso contrario no se beneficiará del descuento.

Con la información de las ventanas horarias y la matriz de distancia que se obtuvo con la aplicación de Google Earth, se podrá desarrollar el ruteo inicial, para el cual se utilizará la heurística del vecino más cercano.

7.2.2. Resultado del ruteo. Una vez implantado el sistema de ruteo inicial, se aplica la metaheurística del Recocido Simulado, el mismo que al realizar determinadas repeticiones muestra la mejora que se le puede lograr al recorrido. A continuación se muestra una solución al aplicar el Recocido Simulado (Figura 6).

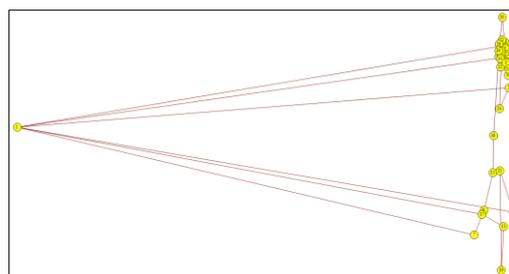


Figura 6. Ejemplo del VRPTW aplicando Recocido Simulado.

7.2.3. Representación de los resultados. Al obtener el resultado a partir del Recocido Simulado, éstos tendrán que ser representados en una forma que se puedan interpretar fácilmente, debido a que el chofer tiene que comprender la ruta que tiene que realizar a partir de la programación que proporcionó Mathematica, como se ha mencionado anteriormente. Por ello, se diseña una papeleta con la información necesaria que requiere el chofer para entregar los pedidos como se observa en la Figura 7.

Transportista		Chofer1		
Cliente	Dirección	Hora Inicio	Hora Fin	
Cliente 6	Av. Napo y Pasquisha diag. Espíritu Santo	800	1200	
Cliente 8	Napo y Tumbes	800	1200	
Cliente 10	Av. Chirijos y Loja	800	1200	
Cliente 15	Av. Chirijos y Los Rios	800	1200	
Cliente 18	5 de Junio y Pedro Carbo	800	1200	
Cliente 30	García Moreno diag. Y Rocafuerte	800	1200	
Cliente 22	Miguel Valverde y García Moreno	800	1200	
Cliente 4	García Moreno y Miguel Valverde	800	1200	
Cliente 26	Torres Causana y M. Hidalgo	800	1200	

Figura 7. Papeleta de Ruteo.

7.3. Comparación de Resultados

Una vez explicado los escenarios actuales y la propuesta, se realiza la comparación de los costos de cada uno de los escenarios como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Costos de Escenario Actual y Escenario Propuesto.

	Costos Actuales/mes	Costos Propuestos/mes
Visitador médico	\$ 606.85	\$ 167.66
Distribución de los productos	\$ 5,170	\$ 3,975.55

Se puede observar que existe un ahorro de alrededor del 75% en el costo del visitador médico, debido a la reasignación de las funciones que realiza, además en la propuesta se tiene previsto la participación en actividades de promoción de nuevos productos a los clientes y potenciales nuevos clientes.

Además, en la distribución de los productos, al implementar el Recocido Simulado para optimizar el sistema de ruteo vehicular, se aprecia que hay un ahorro alrededor del 25%.

8. Conclusiones y Recomendaciones

8.1. Conclusiones

De la información obtenida por Farmacéutica 1 sobre las direcciones de los clientes, con la aplicación que nos ofrece Google Earth, se logró obtener las coordenadas y además nos facilitó el cálculo de las distancias entre cada una de ellas.

Los programas Microsoft Access 2010 y Visual Studio 2010, permitieron crear una base de datos con la información esencial que requiere la empresa (clientes, productos, etc.) e implementar un sistema de información para almacenar y consultar de forma organizada los pedidos realizados por los clientes, además permitió rediseñar la función del visitador médico.

Mediante el uso del programa Mathematica, se obtuvo un ruteo inicial aplicando el algoritmo de la heurística del vecino más cercano, se produjo una mejora paulatina en la distancia total, así también, las ventanas horarias que se registra en la base de datos, para que luego, éstas puedan ser optimizadas con el Recocido Simulado. De esta forma, el chofer logrará entregar el producto a cada cliente en el horario previamente acordado con Farmacéutica 1, evitando así los reclamos y las insatisfacciones y optimizando el recorrido.

Finalmente, se logró demostrar comparativamente, que la propuesta que se está ofertando a la empresa Farmacéutica 1, permitirá optimizar los sistemas de ruteo vehicular para la distribución de sus productos, así como rediseñar las funciones de los visitadores médicos, como las implicaciones favorables, en los costos con un reducción aproximada del 25%.

8.2. Recomendaciones

Si bien, las distancias del recorrido para el proceso de distribución de los productos, fueron obtenidas en Google Earth, en el interés de mejorar incluso la propuesta, esto es, de precisar las distancias entre los diferentes puntos de venta, se recomienda la adquisición del servicio GPS, éste incluso, llevaría un control del recorrido que realiza el transportista.

La empresa debería obtener la licencia de Visual Studio 2010 y de Mathematica 8.0, puesto que son los programas básicos para la elaboración para la recolección de datos y el diseño del sistema de ruteo, respectivamente, así también, constituye una

obligación legal que se debe observar. Por otra parte, sería conveniente que se considere el uso de otras heurísticas o metaheurísticas para mejorar la solución planteada a este problema.

Como quedó demostrado, esta propuesta rediseñó la función del visitador médico, por tanto, resulta pertinente señalar que se podría considerar las visitas directas y personales, para cuando se tenga que presentar un producto nuevo, esto es, realizar una campaña de promoción o buscar nuevos clientes.

Además, desde la perspectiva de crecimiento, las soluciones planteadas permitirían tomar otras decisiones, considérese la posibilidad de subcontratar transporte para las ocasiones en que se precisen más vehículos.

En el sistema de información se pueden ir incluyendo nuevas opciones para la empresa, que por cuestión tiempo no las tiene, se pueden crear interfaces que permitan al cliente de la empresa consultar el estado de sus pedidos, incluir informes que detallen movimientos de mercadería, la ubicación de cada mercadería, generar facturaciones, entre otros.

9. Referencias

- [1] Delgado, E. (2007). El problema de la recolección de desechos hospitalarios en la ciudad de Guayaquil, modelación y resolución por medio de una heurística basada en la búsqueda Tabú. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- [2] Duarte Muñoz, A. (2007). Metaheurísticas. Dykinson.
- [3] Díaz, A. (1996). Optimización Heurística y Redes Neuronales. España: Paraninfo.
- [4] Alonso Sarría, F. (2005). Sistemas de Información Geográfica. Murcia.
- [5] Pons, O., Acio, S., Marín, N., Medina, J. M., & Vila, M. A. (2008). Introducción a los Sistemas de Bases de Datos. Paraninfo.
- [6] Gómez, A., & Ania, I. (2008). Introducción a la Computación. Cengage Learning.
- [7] Moscoso, X. (2007). Diseño e Implementación de un Modelo Tarifario para la Transportación Terrestre. Guayaquil.