

# DRSOFT: UN SOPORTE COMPUTACIONAL PARA EL DISEÑO DE RUTAS DE DISTRIBUCIÓN

Rosario Garza Ríos<sup>1</sup> y Caridad González Sánchez<sup>2</sup>

Facultad de Ingeniería Industrial, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", Habana, Cuba

## RESUMEN

El diseño de rutas de distribución de mercancía es una actividad fundamental en el proceso logístico, sin embargo aun existen entidades que las realizan de forma manual, esto se hace a partir de la experiencia del especialista encargado del diseño y tiene en cuenta solo una medida de efectividad: minimizar el costo. La solución así obtenida se aleja del óptimo debido a la imposibilidad de manipular toda la información sobre los elementos que conforman el sistema y las restricciones que lo caracterizan. En los momentos actuales en que los enfoques modernos de Calidad Total, Marketing y Logística hacen que, la satisfacción del cliente sea uno de sus pilares fundamentales, el problema del diseño de rutas se convierte en un problema multicriterio: minimizar distancia, maximizando la satisfacción del cliente. En el presente trabajo se expone el enfoque multicriterio del problema de rutas de distribución, así como la utilización de un soporte computacional de ayuda al diseño de rutas, basado en un método heurístico que tiene como fundamento **el coeficiente de distancia salvada o ahorrada**, el cual brinda una respuesta rápida y particularmente eficaz para este problema.

## ABSTRACT

Good distribution route design is a fundamental activity in the logistic process; however, there are still entities that carry them out manually. This is made through the experience gained by the specialists in charge of the design, a single effective measure is just borne in mind: minimizing costs. This solution is far from reaching the optimal value, since it prevents from handling all the information on the elements that make up the system and the restrictions which characterize it. Nowadays the Total Quality, Marketing and Logistics approach, considers, the client's satisfaction as one of its fundamental pillars, but the problem of the design of routes becomes a multicriterial problem: minimizing distance, maximizing the client's satisfaction. The multicriterial approach of the problem of distribution routes, as well as the use of a computational support for helping the design of route, based on a heuristics method whose foundation is the coefficient of **saved distance** or saved, with offers a fast and particularly effective answer for this problem, is presented in this paper.

**Key words:** distribution, routes, multicriterio, software, satisfaction.

MSC: 90B06.

## 1. INTRODUCCIÓN

El diseño de rutas de distribución es una actividad que ha cobrado gran importancia en los últimos 30 años, en que investigadores y científicos se han dado a la tarea de desarrollar un conjunto de algoritmos y métodos para obtener su solución, ya sea utilizando métodos tradicionales de optimización, la heurística y más recientemente los algoritmos genéticos y la metaheurística.

Dentro de los problemas de distribución, uno de los más conocidos es el Problema del Viajante, el mismo plantea *existe un viajante que debe recorrer un conjunto de ciudades desde una ciudad origen pasando una y una sola vez por cada una de ellas regresando al origen una vez que todas sean visitadas, minimizando el costo o distancia recorrida.*

Este problema es el caso más general de los que aparecen en la práctica, en la actividad comercial donde se desea satisfacer la demanda de un grupo de clientes, considerando un conjunto lógico de restricciones, la utilización del problema del viajante es impracticable dado que este problema no considera el conjunto de restricciones que limitan la posibilidad de visitar a todos los clientes en un recorrido.

En las condiciones de escasez de recursos de transporte típicos de nuestro país, con frecuencia no es posible satisfacer a todos los clientes dentro del horario establecido, métodos heurísticos como el Holmer y Parker y el CDS - Secuencial fallan lastimosamente al ser aplicado en estas condiciones, porque consideran

---

E-mail: <sup>1</sup>rosariog@ind.ispjae.edu.cu  
<sup>2</sup>caryg@ind.ispjae.edu.cu

como único criterio de decisión el ahorro de distancia. Resulta necesario establecer una medida del nivel de satisfacción del conjunto de clientes, que mida el grado de credibilidad de la afirmación "el conjunto de clientes ha sido satisfecho en lo fundamental". Ella debe incluir la insatisfacción producto del incumplimiento del horario de entrega, la cantidad de clientes servidos razonablemente, y sus diferentes niveles de prioridad.

De lo anterior, se desprende la necesidad de considerar el problema del diseño de rutas de distribución como un problema multicriterio, así como la utilización de la computación como un soporte de apoyo a la solución de este problema.

En el primer epígrafe del presente trabajo se expone el problema a resolver y un comentario acerca de los métodos desarrollados para darle solución al mismo, se presenta la jerarquía de los objetivos en el epígrafe 2, en el epígrafe 3 se hace una descripción matemática de las alternativas, se describe un sistema computacional de apoyo al diseño de rutas de distribución en el epígrafe 4, llegando a conclusiones del trabajo en el último epígrafe.

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Las empresas de distribución o de producción y distribución se enfrentan diariamente al problema del diseño de rutas. El problema puede agruparse en dos grandes grupos:

- Varios orígenes y varios destinos con valores conocidos de las disponibilidades y las necesidades (Problema de Transporte).
- Un origen y varios destinos (Rutas).

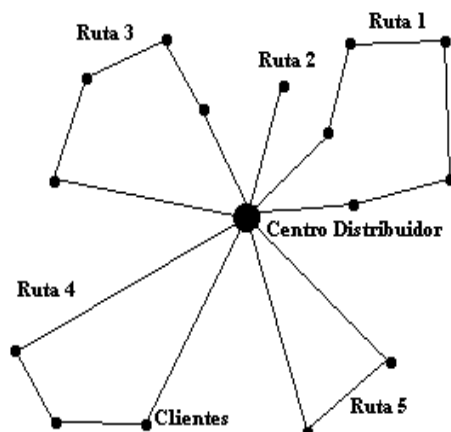
Este último es el problema que abordaremos en este trabajo, en el cual desde un centro o depósito hay que servir demandas de clientes situados en determinadas posiciones, respetando diversos condicionamientos y optimizando, en la medida de lo posible, un objetivo.

Este problema puede presentarse en numerosos y diversos sectores, en ocasiones no se trata sólo de distribuir uno o varios productos, sino recoger materiales, desperdicios, información, y en otros no hay distribución ni recogida, sino que se trata de brindar un servicio, por lo que una formulación tradicional del problema a resolver puede ser:

Existe una red de comunicación que une un conjunto de clientes  $U_1, U_2, \dots, U_n$  y disponemos de un depósito o almacén central  $U_0$  en el que se encuentran vehículos de capacidades determinadas y se desea determinar las rutas para servir a los clientes de los que se conoce su posición en la red y su demanda, que puede ser de uno o varios productos (Brito, 1994), (Corominas, 1991), (Martínez, 1982), (Santos, 1993).

En general para realizar el servicio es necesario establecer más de una ruta (varios vehículos o varias rutas de un mismo vehículo)

La representación gráfica de estos itinerarios recuerda, con un poco de imaginación a una flor, lo cual puede verse en la figura a continuación:



El modelo matemático que caracteriza la situación expuesta anteriormente es el siguiente:

Definición de la variable de decisión:

$$X_{ij}: \begin{cases} 1 & \text{si se viaja del cliente } i \text{ al } j \\ 0 & \text{no se viaja del cliente } i \text{ al } j \end{cases}$$

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} C_{ij} \quad (1)$$

sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n X_{oj} = \sum_{j=1}^n X_{jo} \leq m \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} - \sum_{j=1}^n X_{ji} = 0 \quad \forall i \in V \quad (3)$$

$$X_{ij}(T_i + t_{ij} - T_j) \leq 0 \quad \forall i, j \in A \quad (4)$$

$$a_i \leq T_i \leq b_i \quad \forall i \in V \quad (5)$$

$$X_{ij}(D_i + d_j - D_j) \leq 0 \quad \forall (i, j) \in A \quad (6)$$

$$d_i \leq D_i \leq K \quad \forall i \in V \quad (7)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad \forall (i, j) \in A \quad (8)$$

donde:

$c_{ij}$ : medida de efectividad unitaria (costo, distancia o tiempo).

$o$ : origen o centro distribuidor.

$m$ : número de viajes.

$T_i$ : hora en que comienza la actividad en el nodo  $i$ .

$t_{ij}$ : tiempo de servicio que incluye el tiempo de servicio del nodo  $i$  y el tiempo de viaje de  $i$  a  $j$ .

$a_i$ : hora de comienzo del servicio en el nodo  $i$ .

$b_i$ : hora de finalización del servicio en el nodo  $i$ .

$D_i$ : carga acumulada del vehículo en el nodo  $i$ .

$d_i$ : demanda del nodo  $i$ .

$K$ : capacidad del vehículo.

La ecuación 1 representa la función objetivo del problema, en este caso minimizar la distancia recorrida, el tiempo o el costo de la distribución.

La restricción 2 expresa que deben visitarse todos los clientes en a lo sumo  $m$  itinerarios, la conservación de flujo en el nodo se expresa a través de la inecuación 3, las restricciones 4 y 5 están vinculadas al tiempo, la 4 representa la restricción del tiempo del recorrido y la 5 la restricción de ventana de tiempo, las restricciones 6 y 7 están asociadas con la capacidad del vehículo.

Para darle solución a la tarea 1 - 8 planteada anteriormente se han desarrollado diversos algoritmos basado en las técnicas de Clásica Optimización. En este caso el problema consiste en la modelación matemática de la situación a resolver que incluye: restricciones de tiempo, capacidad de los vehículos (vehículos homogéneos o no), con múltiples almacenes. De acuerdo a la modelación y al tipo de problema en sí, el método a utilizar será más o menos complejo (Balinski, 1993), (Christofides, 1988), (Clark, 1963), (Dantzig, 1959), (González, 1975), (Gaskell, 1967), obteniéndose que en ocasiones es impracticable la

utilización de estos métodos debido a que no son eficientes para resolver problemas reales: generan gran número de variables (lo que implica que se necesiten máquinas computadoras potentes), consumen mayor tiempo de máquina, y dificultades para encontrar las rutas (combinaciones). Estos enfoques generan problemas NP Hard lo que hace que sea difícil de obtener la solución, aún incluso para tamaños de problemas moderados.

De ahí la razón de que en los últimos treinta años se hayan propuesto varios métodos heurísticos para tratar de encontrar la solución óptima o una cercana a la óptima al problema de itinerario de vehículos.

Es de destacar, que en ningún método desarrollado hasta el momento ya sea de optimización o heurístico se ha considerado en la modelación y solución del problema el planteamiento derivado de las definiciones modernas de Calidad Total (satisfacer las demandas de los clientes con el mínimo costo posible) lo que establece la existencia de objetivos en conflictos, satisfacción del cliente y costo, expresándose como:

Max CS (satisfacción del cliente)

Min Costo

A continuación expondremos a través de la solución de un ejemplo, cómo se manifiesta esta contradicción:

**Ejemplo 1:** se desea satisfacer la demanda de 20 clientes, en la Tabla 1 aparecen los resultados de la solución del ejemplo 1.

**Tabla 1.** Resultados de la solución del ejemplo.

	Alternativas								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C	99	101	89	102	150	80	110	75	73
CS	16	17	15	17	19	15	18	15	14

donde:

C: costo de la alternativa

CS: cantidad de clientes satisfechos

Según el enfoque clásico, de minimizar costo el enrutamiento mejor es el 9 con un costo de \$73 pero con solo 14 clientes satisfechos, mientras que el enrutamiento de mayor cantidad de clientes satisfechos es el 5 con 19 clientes satisfechos pero cuyo costo asciende a \$150. En este caso resulta demasiado engorroso determinar, **cuál es la mejor solución**, pues en dependencia del Decision Maker y de su situación, una solución será mejor que la otra.

Por lo que:

Es interesante notar que en el propio planteamiento del problema se asume la existencia de dos o más objetivos en conflicto. En opinión de los autores, la aplicación del análisis multicriterio (Tabucanon, 1988) podría enriquecer la formulación del problema y propiciar la aplicación de métodos más flexibles que permitan llegar a mejores soluciones de compromiso entre objetivos en conflicto

### 3. JERARQUÍA DE LOS OBJETIVOS

El análisis de la decisión multiatributo comienza con la definición de la estructura jerarquía de los atributos (Keeney, 1976).

a. Objetivo General: lograr explotar el sistema de vehículos en forma óptima.

b. Segundo nivel de la jerarquía:

1. Lograr la satisfacción del cliente.
2. Reducir los costos tanto como sea posible.
3. Cumplir las normas de funcionamiento.

c. Tercer nivel de jerarquía:

1. Satisfacer las demandas de los clientes en las fechas más cercanas posibles a su requerimiento.
2. Realizar la entrega de los productos dentro de un horario factible.
3. Reducir los costos de operación.
4. No exceder la capacidad de carga de los vehículos
5. No exceder las velocidades máximas.
6. No exceder un tiempo razonable de recorrido por cada tripulación.

En este nivel de jerarquía se llega a un conjunto de atributos que cumplen aproximadamente las características de completitud, no redundancia, tamaño mínimo y comprensibilidad (Keeney, 1982). Obsérvese que con medida de tiempo y distancia se logra un reflejo "proxij" del estado de los atributos del problema.

#### 4. DESCRIPCIÓN MATEMÁTICA DE LAS ALTERNATIVAS

Por razones de elegancia formal, que pueden conducir a una ulterior profundización en el contenido, se requiere representar matemáticamente las alternativas del problema de decisión discutido anteriormente.

El planteamiento matemático de este problema es:

Sea un centro de distribución o recolección  $U_0$  que desea satisfacer a  $n$  clientes que demandan  $m$  productos  $P_1, P_2, \dots, P_m$  utilizando para ello  $Z$  camiones.

##### Definición

Se llama evento al acto de entrega o recogida de una cierta cantidad del producto  $j$  al cliente  $i$  por el camión  $z$ .

Como una medida del grado de satisfacción del cliente consecuencia del evento, podemos asignar una medida relativa  $\varphi$  y se denota  $E_{zij} = \varphi$  para expresar el grado en que el evento efectuado por el camión  $z$  satisfizo la demanda del cliente  $i$  respecto al producto  $j$ .

si  $\varphi = 0$ , significa que el evento no se produjo;

si  $\varphi = 1$ , se entiende que se satisfizo íntegramente la demanda del producto asociado.

Es posible que el evento se produzca en una ulterior ruta del camión. Para representar esta situación mantendremos por simplicidad la misma notación pero admitiendo que el índice  $i$  tome valores mayores que  $n$ . Es decir,

- si  $E_{zij} = \varphi$  diferente de 0,  $i > n$ , significa que el evento se produjo en otra ruta del vehículo, diferente de la primera.
- si  $(i > n) \leq 2n$ , se entiende que el evento satisfizo al cliente  $(i - n)$  en la segunda ruta del camión.

En general, si  $(k - 1)n < i \leq kn$  tendremos que el evento se produjo en la ruta  $k$ -ésima del vehículo, satisfaciendo al cliente  $i - (k - 1)n$ .

Si al cliente  $i$  se va nuevamente en la ruta  $k$ -ésima, ese cliente se representa por  $(i + (k - 1)n)$ .

##### Definición

Se llama matriz de eventos asociada al vehículo  $z$  a una matriz  $M_z$  de orden  $kn * m$  tal que el elemento;

$$a_{ij} = E_{zij}, \text{ con } z \text{ fijo, } i = 1, \dots, kn \text{ y } j = 1, \dots, m.$$

##### Definición

Se llama solución del problema de rutas a un conjunto de matrices de eventos  $M_1, M_2, \dots, M_l$ , que cubran el parque completo de vehículos.

Observe que, considerando una sola ruta por vehículo (para simplificar la notación), se tiene que:

$$0 \leq \sum_z E_{zij} \leq 1 \quad \forall i, j$$

la distancia de  $E_{zij}$  a la unidad constituye una medida del grado de insatisfacción de la demanda.

Soluciones en que  $\sum E_{zij} > 1$ , para algún  $i$  o algún  $j$  son irracionales, porque aumentan el costo sin aumento de la satisfacción del cliente. Son soluciones dominadas en el sentido de la decisión multicriterio.

Si  $\sum E_{zij} < 1$  para algún  $i$  o algún  $j$ , existe cierta insatisfacción del cliente, que sólo podría ser permisible en pequeños rangos y con incrementos significativos de los demás objetivos.

Observe también que las variables de decisión del problema son matrices cuyos elementos toman valores reales entre 0 y 1.

Los atributos son funciones de las matrices de eventos, y se pueden evaluar a partir de ellas. Sin embargo, no existen métodos de programación matemática que puedan resolver el problema con ese grado de generalidad. El empleo de procedimientos heurísticos (Pena, 1995), (Holmes, 1976) para explorar el conjunto de las matrices de eventos es imprescindible.

Cada procedimiento heurístico para el problema de ruta propone su peculiar manera de explorar el conjunto de matrices de eventos. Entre los métodos que basan su regla de decisión en el concepto de distancia salvada o ahorrada, distinguiremos el CDS - Secuencial. Este método no cumple con algunos de los objetivos que se presentaron en la sección anterior:

- a. No considera el caso en que la demanda de un cliente sea superior al vehículo de mayor capacidad disponible.
- b. No considera el horario de apertura y cierre de los clientes.
- c. No considera la fecha de entrega de los pedidos.
- d. No considera la prioridad por tipo de cliente.

De lo anterior se desprende la necesidad de modificar el algoritmo de forma tal que se ajuste a los requerimientos planteados.

#### 4.1. Una propuesta de modificación del CDS - Secuencial

Se realizaron las siguientes consideraciones:

- En el caso en que la demanda de un cliente sea superior al vehículo de mayor capacidad disponible se decidió realizar recorridos unitarios (viajes que incluyen a un solo cliente) hasta que la demanda del cliente sea menor que la capacidad del vehículo disponible.
- Los horarios de apertura y cierre se consideran como una nueva restricción.
- Se consideró analizar los clientes, además de por las distancias salvadas por la prioridad que tengan con respecto a la fecha de entrega y a su valor como cliente, lo que implica que se despachen primero aquellos que mayor prioridad tengan y que mayor distancia ahorren.

Esto hace necesario la adecuación del algoritmo, a continuación pasaremos a explicar brevemente en que radica nuestra propuesta de cambio.

1. Se ordenan los clientes no solo por distancia salvada sino además por la prioridad.
2. Antes de pasar a formar las rutas, se analiza si existe algún cliente que su demanda total exceda la capacidad ( $t$  o  $m^3$ ) de los vehículos disponibles; de existir será necesario la realización de recorridos unitarios para esos clientes, que se forman siguiendo el orden determinado por la prioridad, asignándole el vehículo disponible de mayor capacidad, es decir, el que menor número de viajes represente y esté disponible más temprano. Una vez asignado el vehículo se le irán incorporando productos solicitados por

ese cliente, comprobando las restricciones del problema y solo se cargará la cantidad que quepa en el mismo, dejando los demás pendientes; se comprobará si se ha satisfecho o no la demanda total del cliente; en caso afirmativo se elimina de la lista de posible clientes; sino se comprueba si son necesarios más recorridos unitarios; de concluir los recorridos unitarios necesarios para ese cliente se pasara analizar si existen otros clientes con la misma prioridad que también necesiten esos recorridos.

3. Una vez formados todos los recorridos unitarios y actualizada la demanda de los clientes, se conforman los núcleos generadores con los clientes que mayor distancia ahorren y mayor prioridad tengan, utilizando el vehículo que esté disponible más rápido; de no cumplirse algunas de las restricciones del problema, chequear si se puede formar la ruta entre un cliente de mayor prioridad y otro que tenga la prioridad siguiente; una vez formado el núcleo generador tratar de añadirle clientes a la ruta en la misma forma del método clásico.
4. Analizados ya todos los recorridos (unitarios o no) para los clientes de mayor prioridad se pasan a la siguiente, repitiéndose el procedimiento.

## 5. UN SISTEMA INFORMATIVO PARA EL DISEÑO DE RUTAS DE DISTRIBUCIÓN

Con las modificaciones al algoritmo CDS - Secuencial propuestas en la sección previa, se realizó el sistema informativo DRSoft para la solución del problema de rutas de distribución.

Dado el incremento de la complejidad de las decisiones, el poco tiempo con que se cuenta para la toma de las mismas ha provocado el desarrollo de los sistemas Integrados de Apoyo a la Decisión (DSS) (Eom,1993), (Sushil,1994), (Yau,1993), los problemas de distribución no han sido excluidos de estos, ejemplos de ello lo podemos encontrar en (Garza, 1993), (López, 1998), (Baldoquin,1995), (Demag,1990).

La imposibilidad de contar con un software que garantice el diseño de rutas de distribución con enfoque multicriterio hace que sea necesario la implementación de un sistema de apoyo al diseño de rutas de distribución con dicho enfoque, pues el procesamiento manual del procedimiento sería una limitación para su introducción en la práctica, por el gran volumen de información a procesar.

**DRSoft** es un software destinado a diseñar rutas para la distribución utilizando de forma simultánea, varios criterios como son, el costo de transportación y el nivel de satisfacción de los clientes. El plan de distribución entregado por el software es la mejor solución que ha tomado en cuenta los criterios anteriores y su importancia.

Este sistema está destinado a almacenes o empresas que distribuyan productos a un número importante de clientes, donde los costos implicados en este proceso tienen un impacto significativo en los beneficios, pero donde el estado de satisfacción del cliente juega un importante papel en el posicionamiento de la empresa y en la fidelización de sus clientes, aspectos de gran importancia en estos momentos en la gestión empresarial.

Dos clases de personas interactúan con el sistema: el operador y un experto, el primero es el encargado de actualizar los datos mientras que el segundo instruye al sistema en la manera que debe manejar los criterios. Estas dos clases de personas pueden en la práctica ser el mismo individuo, pero se diferencian las dos actuaciones porque la persona que opera el sistema no debe influir sobre la información preferencial.

El operador será el encargado de actualizar la información referente a: los clientes, vehículos, productos, pedidos y a la distancia. Con estos datos el sistema, en el momento que se le solicite (generalmente a diario) generará un conjunto de alternativas de ruteo en un primer paso y, en un segundo paso, decidirá la **mejor alternativa** teniendo en cuenta los criterios del experto.

Los algoritmos implementados para las operaciones de solución del sistema están basados en técnicas heurísticas, para la determinación de las alternativas de ruteo y en las técnicas de análisis de la decisión multiatributo.

El sistema propuesto incluye los siguientes módulos:

- Formación de alternativas.
- Modulo preferencial.
- Selección de alternativas.

**Formación de alternativas:** elabora un conjunto de alternativas de enrutamiento tomando como base: los pedidos de los clientes, los productos con que cuenta el centro, la disponibilidad de vehículos, la prioridad de los clientes, la fecha de entrega del pedido, la distancia que separa al centro de los clientes y a ellos entre sí y las restricciones del problema: capacidad y tiempo.

**Módulo preferencial:** es el módulo que intenta capturar la subjetividad del decisor en la comparación de las alternativas. De la precisión de este módulo depende la calidad de la decisión, en el mismo se determinarán los umbrales de preferencia, indiferencia y veto, así como la importancia de cada uno de los criterios que intervendrán en la decisión.

**Selección de alternativas:** selecciona la **mejor alternativa** dentro del conjunto de alternativas generadas no dominadas y de acuerdo con las preferencias del decisor.

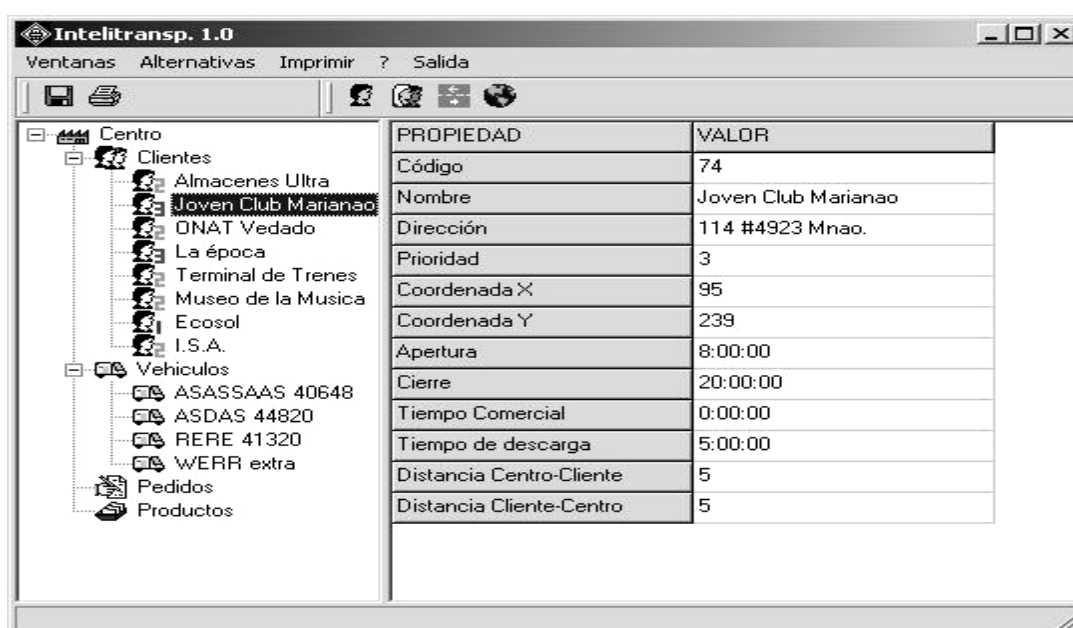
**DRSoft** ejecuta un número de tareas que, a su vez, engloban un conjunto de pasos de acuerdo con el procedimiento propuesto. Las tareas que componen este sistema y sus subtareas pueden verse en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Tareas y subtareas de **DRSoft**.

TAREAS	SUBTAREAS
Formación de alternativas	1.1 Evaluación de las posibilidades de satisfacción de los pedidos. 1.2 Generación del conjunto de alternativas de enrutamiento 1.3 Evaluación de las alternativas generadas 1.4 Eliminación de las alternativas dominadas.
Modulo preferencial	2.1 Captación y validación de los umbrales de preferencia, indiferencia y veto del decisor 2.2 Evaluación de los criterios. 2.3 Determinación del peso de los criterios
Selección de alternativas	3.1 Selección de la alternativa de enrutamiento

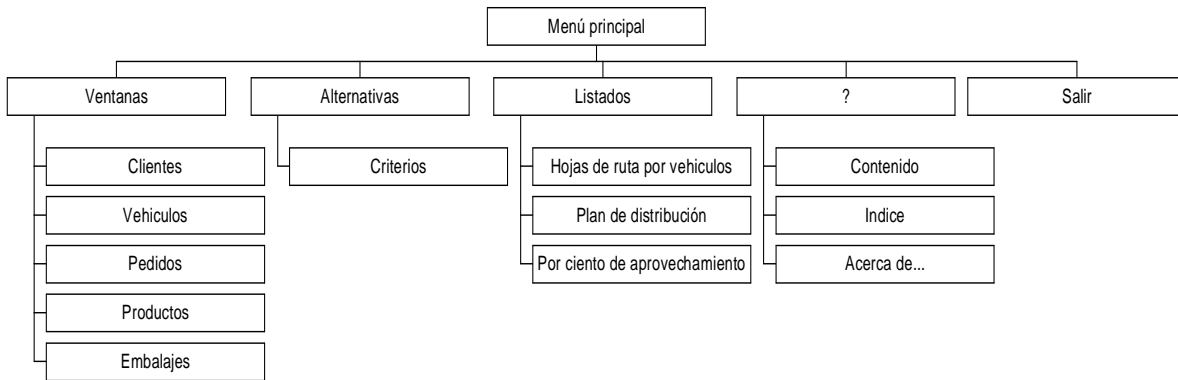
### 5.1. Interfase Hombre – Máquina

**DRSoft** brinda una interfase amigable para el usuario, basada en ventanas y elementos gráficos conocidos como exploradores, ventanas, cajas de edición, por lo que el usuario se sentirá cómodo con él, sobre todo si ya ha trabajado antes con paquetes de aplicaciones como los de Microsoft Office. No se ha querido diseñar la interfase con elementos que difieran de la presentación convencional de aplicaciones para Windows de manera intencional ya que eso permite aprovechar la experiencia previa de los usuarios y poner en explotación la aplicación con un mínimo de esfuerzo. Un ejemplo de las pantallas de captación de datos se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Pantalla de captación de datos.

La estructura del sistema se muestra a través del menú, como puede observarse en la Figura 2.



**Figura 2.** Estructura del sistema **DRSoft**.

Entre las opciones principales se encuentran:

- **Ventana:** está opción permite la actualización de los elementos que conforman el sistema de distribución: centro, clientes, distancias, vehículos, productos y embalajes, en estos casos se permite el alta, la baja o la modificación de algún dato, además permite la captación de los datos referente a los pedidos efectuados un día y que deben ser satisfechos por el centro distribuidor.
- **Alternativa:** permite la entrada de los criterios y umbrales bajo los cuales se desea realizar la selección de la **mejor alternativa**
- **Listados:** entre los principales reportes que se obtienen del sistema, se encuentran:
  - Plan de distribución
  - Hoja de rutas de los vehículos
  - Factura
  - % de aprovechamiento de los vehículos ( tiempo y capacidad )
  - Costo y consumo por rutas
  - Pedidos pendientes

DRSoft puede ser utilizado en microcomputadoras compatibles IBM; de 128 Mb de memoria RAM, disco duro de 2 Gb, y una velocidad de 400 MHz, se apoya en las facilidades que brinda la programación en Borland Delphi V, la que posee amplias posibilidades para el diseño de la interfaz y la solución de problemas.

## 6. CONCLUSIONES

El sistema DRSoft diseñado para resolver el problema de ruteo con enfoque multicriterial da una respuesta computacional rápida y eficiente al diseño de rutas.

El procedimiento para la planificación de rutas de distribución con un paradigma decisional multicriterio integra armónicamente signos vitales de una organización: costo, calidad y tiempo lo que permite contribuir a la eficiencia de la distribución.

El soporte computacional de apoyo a la toma de decisiones diseñado, contempla todos los pasos del procedimiento, lo que contribuye a la rapidez de la solución del problema.

El procedimiento multicriterio aplicado a diferentes empresas ha permitido comprobar la utilidad de incorporar técnicas matemáticas en la gestión de la distribución

## REFERENCIAS

BALDOQUIN, M.G. (1995): Optimización de las operaciones de compañías aéreas. Tesis para optar por el grado de doctor en Ciencias Técnicas, La Habana.

- BALINSKI, M.L. and R.E. QUANDT (1993): "On an Integer Program for a Delivery Problem", **Revista Mathematics**, Inc.
- BRITO, B.; O. PRIETO and L. SOUCHAY (1994): "Sistema para la Ayuda al Diseño de Rutas de Distribución", Proyecto fin de carrera, La Habana.
- CHRISTOFIDES, N. and S. EILON (1988): "An algorithm for the vehicles Dispatching Problem", **Operation Research Quartely**, 20, 309-319.
- CLARK, G. and J.W. WRIGHT (1963): "Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points", **Operation Research**, 11, 568-581.
- COROMINAS, A. and R. COMPANY (1991): "El problema del Diseño de Rutas", **Revista CIM** 22, 20-25.
- DANTZIG, G.B. and J.H. RAMSER (1959): "The Truck Dispatching Problem", **Operation Research**, 12, 80-91.
- DEMAG, M. (1990): "Los ordenadores aplicados a la distribución. Análisis de la experiencia norteamericana", **Revista Manutención y Almacenaje**, 243.
- EOM, S. et al. (1993): "The intellectual structure of decision Support System", **Revista Decision Support System**, 10, 19-35.
- GASKELL, T.J (1967): "Bases for vehicles fleets scheduling", **Operations Research**, 18(3), 281- 295.
- GONZÁLEZ, L. and P. FELIPE (1975): **Introducción a la teoría y aplicaciones de las redes**, Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 161-190.
- HOLMES, R.A. and R.G. PARKER (1976): "A vehicle scheduling procedure based upon saving and a solution perturbation scheme", **Operation Research Quartely**, 27, 83-92.
- KEENEY, R. and H. RAIFFA (1976): **Decision with Multiple Objectives: preferences and Value Tradeoffs**, Wiley & Sons, New York.
- \_\_\_\_\_ (1982): "Decision Analysis: An Overview ", **Operations Research** 30(5), 803 - 831.
- LÓPEZ, F. (1998): "Formulación y análisis del problema de la planificación física en redes heterogéneas de distribución", Tesis para optar por el grado de doctor en Ciencias Técnicas, Ciudad de La Habana, Cuba.
- MARTÍNEZ, R. (1982): "Encuesta sobre el problema de itinerario de vehículos", Ingeniería Industrial, III(2), 203-216.
- PENA, A. (1995): "Sistema automatizado para el diseño de itinerario de vehículos". Proyecto fin de Carrera, La Habana.
- SANTOS, L. (1993): "Implantación de un Sistema Informático de Planificación de Rutas de Reparto en una Empresa de Almacenaje y Distribución, Proyecto fin de carrera, Madrid.
- SUSHIL, B. (1994): "Interactive decision support system for organisational analysis", **Revista Decision Support System**.
- TABUCANON, M. (1988): **Multiple Criteria Decision Making in Industry**, Studies in Production and Engineering Economics, Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York, Tokyo.
- YAU, C. (1993): "An interactive decision support system for Airline planning", **IEEE Transaction on Systems man and cybernetics**, 46, 1102-1110.