

Logística de Transporte

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile

IN47B, Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Industrial

5 de septiembre de 2006

Outline

- 1 Despacho de Vehículos
 - Características Generales
 - Tipos de Ruteo
 - Factores Adicionales
 - Requerimientos de Información

- 2 Diseño de Flota
 - Características:
 - Formas de Solución
 - Otros Aspectos:

Tipo de Decisiones:

- Tácticas-Estratégicas:
 - Diseño de flota:
 - ¿Cuántos vehículos?
 - ¿De qué tipo? (capacidad, rendimiento, precio, mantencion)
 - ¿Flota propia o subcontratada?
- Operacionales:
 - Asignación de vehículos a tareas o clientes.
 - Ruteo de vehículos.

Características Generales I

- Tipos de Vehículos
 - Pasajeros:
 - Buses (transporte público).
 - Taxis.
 - Tren.
 - Aviones.
 - Barcos.
 - Servicios:
 - Correo.
 - Basura.
 - Emergencia médica.
 - Chilectra.
 - Carga en grandes volúmenes.
 - Transporte expreso.

Características Generales II

- Productos:
 - Embotelladora (por ejemplo, CCU).
 - Supermercados.
 - Minerales (por ejemplo, Chuquicamata).
 - Bosques.
 - Bencina (por ejemplo, Shell).
- Flota
 - Un vehículo.
 - Múltiples vehículos:
 - Vehículos iguales.
 - Vehículos de distinto tipo (costo, capacidad, etc.).
Ejemplo: vehículos con compartimientos (COPEC).
 - Vehículos configurables (Trenes de carga / pasajeros).

Características Generales III

- Relaciones Contractuales
 - Vehículos propios:
 - Permiten mayor control y seguridad de servicio.
 - Vehículos subcontratados:
 - Permiten descentralización administrativa.
 - Es vital en este caso el tema de los contratos (costo real versus costo de contrato).
 - Sistema mixto:
 - Vehículos propios y subcontratados:
 - Sirve para calcular costos y asegurar el servicio a los clientes más importantes.
 - Típicamente se utilizan vehículos subcontratados en períodos de demanda peak (Ejemplos: UPS, Embotelladoras Andina, FEDEX).

Características Generales IV

- Número de depósitos:
 - Uno.
 - Múltiples (una o más plantas).
- Número de destinos:
 - Uno.
 - Múltiples (madera: puerto, aserraderos, planta de celulosa.).
- Demanda:
 - Determinística: entregas de una supertienda.
 - Semialeatoria: embotelladora.
 - Aleatoria:
 - En volumen: CCU.
 - En localización: fallas Chilectra.

Características Generales V

- En tiempo de viaje: Shell.
- Frecuencia de viajes:
 - Múltiples por día: Chuquicamata.
 - De duración de más de un día: Aserraderos Arauco.
- Tiempos de trabajo:
 - Con sobretiempo.
 - Sin sobretiempo.
- Tiempos y distancias de viaje:
 - Conocidos: minería.
 - Estimados: bosque.
 - Aleatorios: Viaje en ciudades, Viajes largos en el mar (sujetos a clima), Viajes aéreos (sujetos a clima).

Características Generales VI

- Objetivos:
 - Minimizar costos reales.
 - Minimizar costos de contrato.
 - Minimizar tiempo de llegada (emergencia).
 - Maximizar la calidad del servicio (clientes atendidos a tiempo).
 - Minimizar el riesgo de no cumplir la demanda.
 - Maximizar beneficio neto.
- Componentes del Costo:
 - Costos fijos:
 - De Capital (depreciación).
 - De operación (sueldos, seguros, patentes, etc.).
 - Costo variables de operación (bencina, mantención, repuestos, etc.).

Tipos de Ruteo

De bodega a clientes:

Los vehículos salen de la bodega, visitan a los clientes y vuelven a la bodega.

Ejemplos: CCU, Correos, Chilectra y Falabella.

Ida y vuelta entre orígenes y destinos:

Los vehículos recogen carga en los orígenes y entregan en los destinos. Caso típico de los recursos naturales.

Ejemplos: cobre, madera y caña de azúcar.

Factores Adicionales: I

- Camiones con compartimentos para distintos productos: Bancura.
- Restricciones en la duración de la ruta (por ejemplo, terminar antes de 8 horas).
- Ventanas de tiempo:
 - Supermercado permite descargar entre 6-8 y 21-23 hrs.
 - Documentos bancarios.
 - Prohibición de entrar al centro en determinadas horas.
- Relaciones de precedencia fija entre algunos clientes.

Factores Adicionales: II

- Tamaño de flota variable.
- Penalidad por no cumplir con algún cliente (subcontrato).
- Entregas periódicas, rutas que repiten clientes (por ejemplo, clientes que reciben dos veces por semana).
 - Petróleo.
 - Bebidas.
- Ruteo con inventario:
 - Bombas de bencina: los clientes deben ser atendidos antes que se acabe la bencina.
- Problemas de congestión.

Factores Adicionales: III

- Ligazón cliente-vehículo.
- Transbordos: camión-tren.
- Costos de ida y vuelta distintos entre clientes.

Requerimientos de Información

- Sobre Vehículos:
 - Costos.
 - Características técnicas (capacidad, velocidad, etc.).
- Sobre Clientes:
 - Demandas.
- Geográfica:
 - Distancias y tiempos de viaje (difíciles de estimar):
 - Si se tienen las coordenadas de los clientes se pueden calcular las distancias euclidianas, siendo los costos proporcionales a éstas.
 - Si se conocen los tiempos (costos) en cada arco de una red computarizada, se pueden calcular las rutas más cortas.

Características

- Se puede basar en la estimación de demandas medias, considerando un margen de error.
- Para la demanda peak se pueden manejar diversas alternativas:
 - Un número mayor de vehículos en la flota.
 - Postergar demandas.
 - Subcontratación de transporte.
 - Alianzas estratégicas.

Formas de Solución

- Cálculo directo: número aproximado de clientes por vehículo.
- Simulación: análisis de distintos escenarios.
- Modelos matemáticos.
Ejemplo: Modelo Lineal Entero.
 - Características:
 - Un tipo de vehículo.
 - Un período.
 - Un producto.

Ejemplo: Modelo Lineal

Variables:

x_{ij} : Número de viajes
desde el origen i al
destino j .

N : Número de vehículos.

Parámetros:

a_i : Oferta del origen i .

b_j : Demanda del destino j .

t_{ij} : tiempo viaje del origen
 i a destino j y vuelta.

α : Factor conversión
camiones/hora.

Formulación:

$$\min N$$

$$\text{s.t.} \sum_j x_{ij} = a_i \quad \forall i = 1, \dots, m$$

$$\sum_i x_{ij} = b_j \quad \forall j = 1, \dots, m$$

$$N = \alpha \sum_{i,j} t_{ij} x_{ij}$$

$$x_{ij} \geq 0$$

$$\text{Donde } \sum_i a_i = \sum_j b_j.$$

Otros Aspectos:

- Formas de Ruteo:
 - Ruteo estático: se planea ruta a comienzo del día.
 - Ruteo dinámico: clientes se agregan en tiempo real.
- Problemas de Implementación:
 - Cómo incorporar información en tiempo real?:
 - GPS (Sistemas de Posicionamiento Geográfico).
 - Comunicación Satelital.
 - Displays gráficos.
 - Robustez y transportabilidad de los métodos.

Métodos de Solución:

- Manuales:
 - Basados en la experiencia del operador.
 - Usando mapas, afiches, cartas Gantt, pizarras, etc.
 - Solución por lógica.
- Heurísticos:
 - Utilización de computadores.
 - Aproximados a la solución óptima.
- Optimización:
 - Modelos matemáticos.
 - Aproximaciones con heurísticas.

Métodos Heurísticos Simples:

Tipos de Heurísticas:

Construcción de rutas:

añadir arcos mediante algún criterio hasta obtener una solución factible.

Mejoramiento de rutas:

partir con una solución de ruteo y hacer intercambios de clientes en las rutas para mejorar las soluciones.

Agrupar y rutear:

primero asignar clientes a vehículos, para luego rutearlos bien (problema del vendedor viajero).