

Ruteo de camiones cisterna para la recolección de leche: una experiencia aplicada

Héctor Cancela

Facultad de Ingeniería,

Universidad de la República,

Uruguay



Organización de la charla

- Contexto
- Descripción problema.
- Herramienta Inforut.
- Herramienta GLF/Inforut II.
- Conclusiones



Organización de la charla

■ **Contexto**

- **Perfil cliente**
- **Perfil equipo**
- **Etapas del trabajo**

■ Descripción problema.

■ Herramienta Inforut.

■ Herramienta GLF/Inforut II.

■ Conclusiones



Perfil del cliente

- CoNaProLe - Cooperativa Nacional de Productores de Leche del Uruguay
- La mayor industria láctea uruguaya, líder en el mercado interno y con un fuerte perfil exportador.
- Procesa la leche producida por los productores (cooperativistas), y produce productos derivados (quesos, helados, jugos con proteínas lácteas, etc.)



Características

- 2700 productores cooperativistas distribuidos en diversas zonas del país.
- 9 plantas procesadoras, con diferentes características.
- Productores cuentan con tanques de enfriamiento.



Características (2)

- Recolección realizada por camiones cisterna, para mantener cadena de frío
- Entre 120 y 180 viajes diarios para recolectar leche y trasladarla a plantas.
- Costo anual del orden de millones de dólares.



Situación en 1993

- Planificación y control manual de viajes.
 - Ineficiencia en recorridos, tiempos, costos de personal y de combustible.
 - Problemas para reorganizar rutas en imprevistos.
 - Alta dependencia del personal experto.
- Aumento sostenido de productividad, oferta y demanda de leche.



Análisis CoNaProLe

- Objetivo: mayor eficiencia de componentes de negocio.
- Estrategia: aumentar empleo Tecnologías de la Información.
- En particular, “automatizar ruteo de camiones cisterna”.
- 1993: mercado uruguayo no proveía herramientas de este tipo.



Departamento de Investigación Operativa

- Ubicación: Instituto de Computación, Fac. de Ingeniería, Universidad de la República.
- Perfil Departamento (1993):
 - 6 investigadores (4 full-time, 2 part-time).
 - Experiencia previa: desarrollo de algoritmos de optimización y simulación, aplicaciones en diseño de redes de comunicaciones y energía eléctrica.



Convenio CoNaProLe / Depto. de Investigación Operativa

- Etapa 1 (1993): modelado del problema, estudio estado del arte, relevamiento herramientas a nivel mundial.
- Etapa 2 (1994-1995): elaboración de prototipo “Correcaminos”.
- Etapa 3 (1996-1998): desarrollo de herramienta “Inforut”.



Evolución posterior

- Etapa 4 (1999-2000): extensión del uso de la herramienta a todo el país.
- Etapa 5 (2000): evaluación aplicación herramienta.
- Etapa 6 (2001-2002): nueva versión Inforut (GLF/Inforut II).



Organización de la charla

- Contexto
- **Descripción problema.**
 - Descripción general.
 - Características detalladas.
- Herramienta Inforut.
- Herramienta GLF/Inforut II.
- Conclusiones



Descripción del problema

- “Controlar y planificar los recorridos que deben realizar los camiones cisternas, de capacidad heterogénea, para recolectar la leche producida por miles de tambos que deben ser entregadas a decenas de plantas industriales según cierta demanda de cantidad y calidad de leche”.



Descripción del problema (2)

- Recorrido: secuencia de puntos ubicables geográficamente, comenzando y finalizando en una planta industrial (no necesariamente la misma), pasando por productores intermedios.
- Por ley CoNaProle está obligado a recoger toda la leche que produzcan sus cooperativistas.



Características

- Miles de productores (“clientes”).
- Horarios de recolección personalizados (hasta dos “ventanas de tiempo diarias”).
- Tanques de frío, recolección o diaria o cada 48 hs.
- Flota de vehículos-cisterna de capacidades heterogéneas.
- Producción con cambios estacionales.



Características (2)

- Varias plantas (“depósitos”), con horarios definidos para recepción de leche (“ventanas de tiempo”).
- Demandas de cantidad y calidad leche.
- Plantas con capacidad de recepción mayor que la de procesamiento, pueden servir de depósito, existiendo transporte de leche entre plantas.



Características (3)

- Número pequeño de inspectores regionales responsables de recolección de leche y entrega a cada planta.
- Conjunto de empresas fleteras contratadas por CoNaProLe para realizar el transporte.
- Empresas fleteras organizan viajes a realizar según cisternas y productores que tengan asignadas.



Clasificación del problema

- Problema de ruteo de vehículos con múltiples depósitos, ventanas de tiempo y flota heterogénea.
- Solución computacionalmente costosa, teóricamente difícil incluso el encontrar una solución factible (que cumpla las restricciones).
- Escasa literatura para esta variante.



Organización de la charla

- Contexto.
- Descripción problema.
- **Herramienta Inforut.**
 - **Equipo involucrado.**
 - **Tecnologías empleadas.**
 - **Funcionalidades.**
- Herramienta GLF/Inforut II.
- Conclusiones.



Equipo involucrado

- Facultad de Ingeniería: Héctor Cancela, Martín González, Joaquín Goyoaga, María Urquhart (líder proyecto), Omar Viera.
- CoNaProLe: Álvaro Capra, Adriana Díaz, Carmen Forteza, Freddy Lucía, Martín Ois, Irene Serra.
- Servicio Geográfico Militar; empresa “Ingenieros Consultores Asociados”.



Inforut

- Herramienta de ruteo, para apoyar la gestión, control y planificación de los recorridos de los camiones cisternas para la recolección de leche a granel.
- Desarrollada mediante Convenio, propiedad intelectual compartida.



Inforut

- Objetivo: mejorar la gestión de la recolección y disminuir quilometraje total recorrido por cisternas y costos por concepto de flete.
- Objetivo colateral: transferencia tecnológica, conformación de equipo en CoNaProLe que participe en desarrollo de la herramienta y se haga cargo del mantenimiento de la misma.



Tecnologías empleadas

- Hardware y sistema operativo: estación de trabajo SUN, plataforma Unix.
- Sistema de Información Geográfica Arc-Info.
- Bases de datos Oracle.
- Interfaces en lenguaje AML de Arc-Info.
- Algoritmia de ruteo en lenguaje C.



Funcionalidades

- Manejo de cartografía digitalizada y actualizada de la caminería de una zona geográfica del Uruguay representativa del problema total y de la ubicación de tambos y Plantas.
- Datos descriptivos de los elementos geográficos del sistema, caminería, ciudades, pueblos, puentes, tambos, plantas, etc.



Funcionalidades

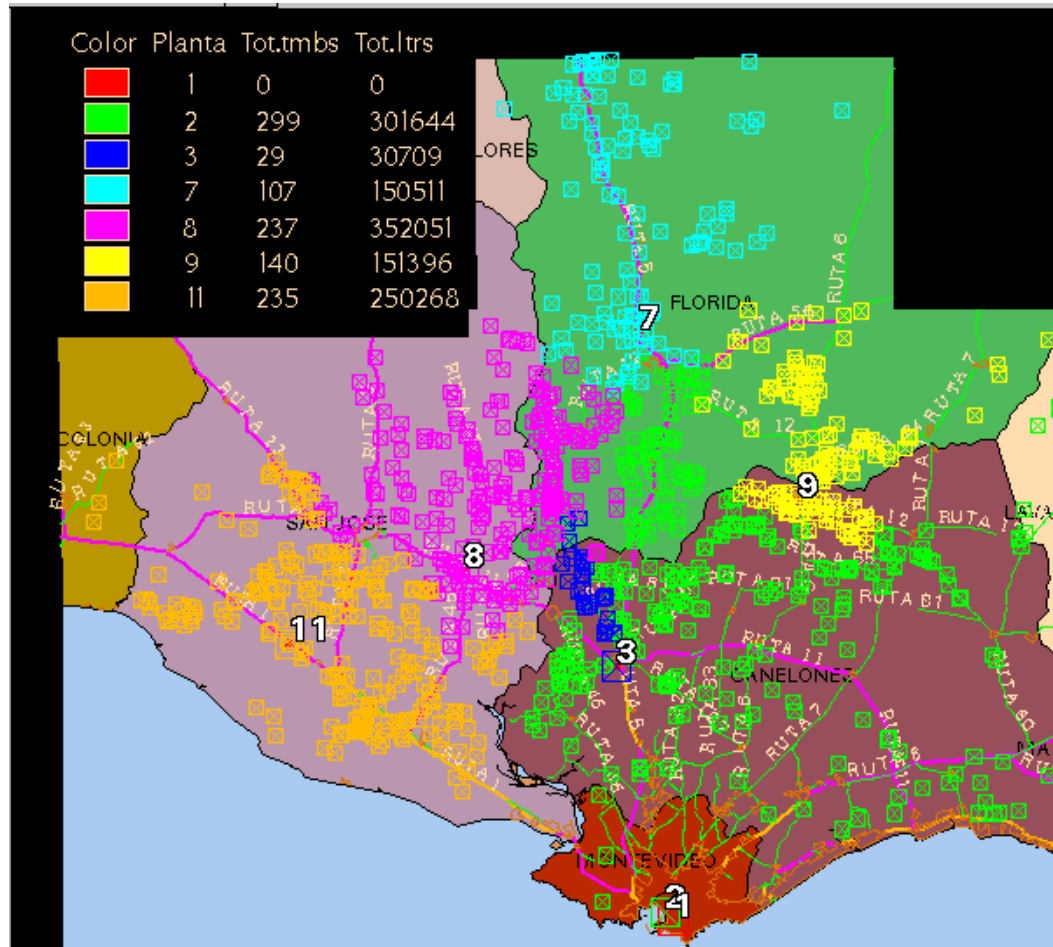
- Control de recorridos realizados mediante cálculo de distancias mas cortas y mas rápidas de cada recorrido de cisterna y su comparación con lo realizado.
- Planificación de recorridos mediante heurísticas de ruteo de vehículos.



Funcionalidades

- Preparación de órdenes de recolección mediante especificación de rutas a seguir, en forma gráfica y en texto.
- Intervención manual del planificador para mejorar o rediseñar rutas en base a su experiencia o para resolver imprevistos.

Ejemplo: asignación de productores a plantas



Ejemplo: detalles de un recorrido

The image displays two windows from the INFORUT Conaprole - Fing software. The left window, titled 'Planificacion: Recorrido', contains the following information:

Planificacion
Fecha: 10/09/98 Asign: 01301578 Ruteo: 02468
Planta: []
Empresa: 20 BUGNIL S.A.
Recorridos: 03-14936 Seleccion por: []

Buttons: LISTA, GEOGRAFICA, Analizar una..., Zoom automatico, Visualizar, Reporte..., Limpiar, Reset, Cerrar

The right window, titled 'ARC PLOT', shows a map with the following data:

x,y: 0,15994,0,15994
dx,dy: -56,27003,-12,35279
dist: 57,60996

The map displays various routes (e.g., RUTA 1, RUTA 46, RUTA 49, RUTA 76, RUTA 77, RUTA 81, RUTA 84, RUTA 85, RUTA 86, RUTA 87, RUTA 88, RUTA 89, RUTA 90, RUTA 91, RUTA 92, RUTA 93, RUTA 94, RUTA 95, RUTA 96, RUTA 97, RUTA 98, RUTA 99, RUTA 100) and several numbered points (e.g., 25367, 27636, 28181, 23514, 26116, 27583, 28783, 28582, 23901, 25854, 26389). A red line indicates a specific route path across the map.



Organización de la charla

- Contexto
- Descripción problema.
- Herramienta Inforut.
- **Herramienta GLF/Inforut II.**
 - **Sistema Gestión Leche Fresca (GLF)**
 - **Funcionalidades Inforut II.**
 - **Ejemplos.**
- Conclusiones



Herramienta GLF/Inforut II.

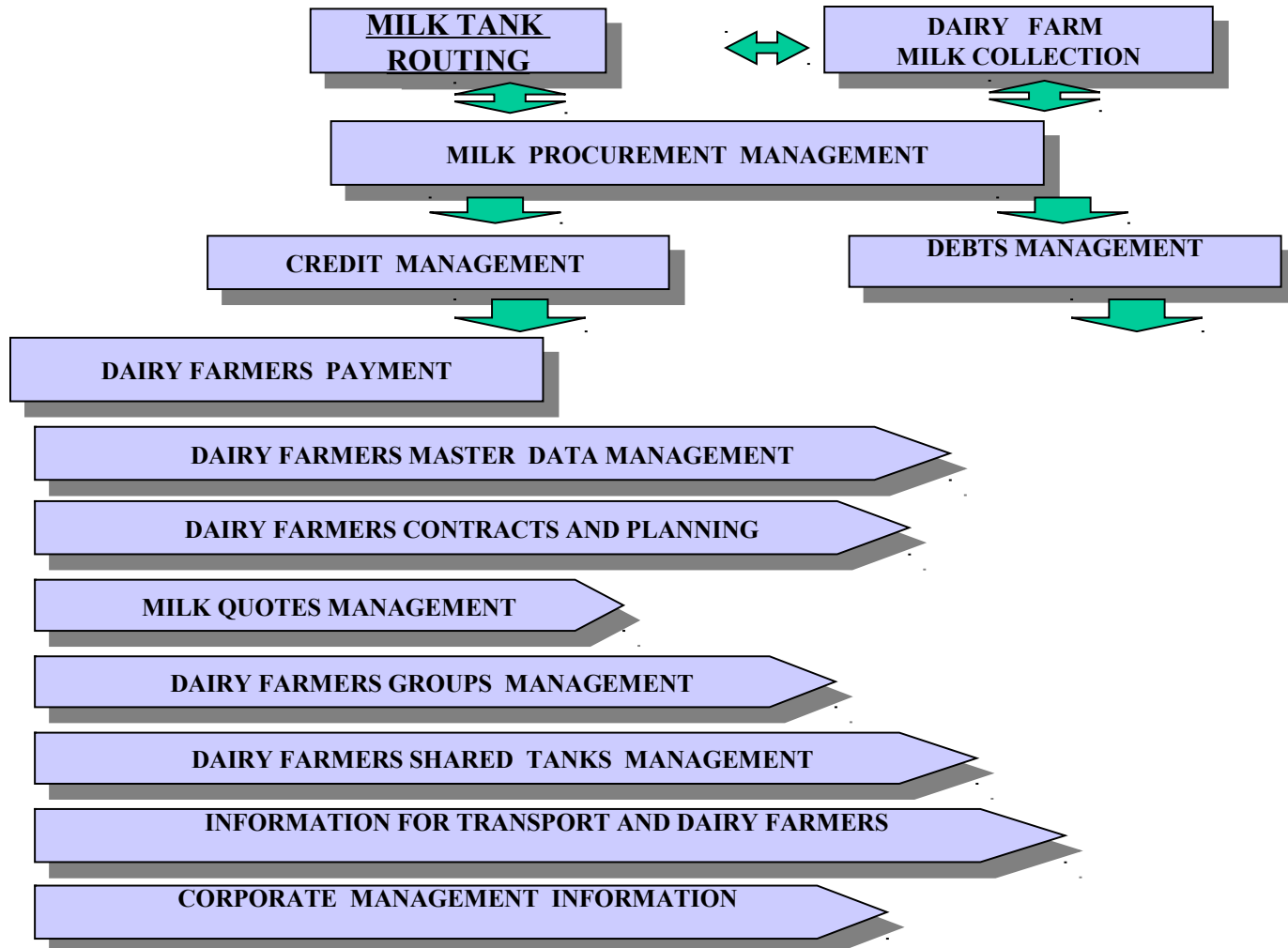
- Nueva versión herramienta Inforut, para planificación recolección leche fresca.
- Desarrollo “in-house” dentro de CoNaProLe.
- Integrado en sistema GLF (Gestión Leche Fresca).



Sistema GLF.

- Asegurar recepción de leche, calcular pagos y otra información a productores, gestión relacionamiento con productores y empresas transportistas.
- Funcionalidades no cubiertas por aplicaciones ERP estándar.
- Integración con SAP R/3, utilizada en CoNaProLe, a través de interfaces de datos tanto batch como tiempo real.

Gestión Leche Fresca (GLF)





GLF/Inforut II

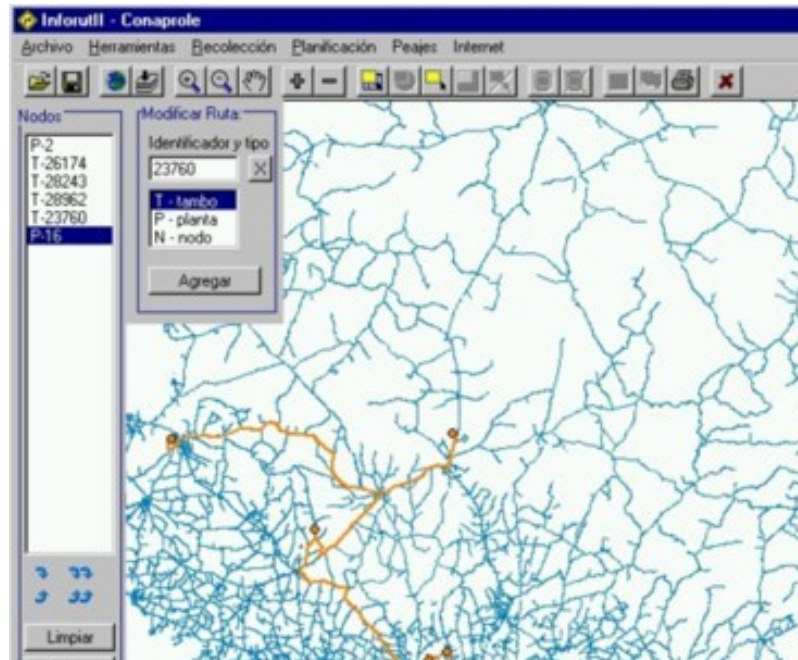
- Actualización tecnológica:
 - Microsoft Visual Studio 6.0,
 - MapObjects 2.1,
 - interfaces usuario en Visual Basic,
 - algorimia optimización en C++,
 - soporte de múltiples bases de datos (Oracle, Microsoft SQL Server, etc.).



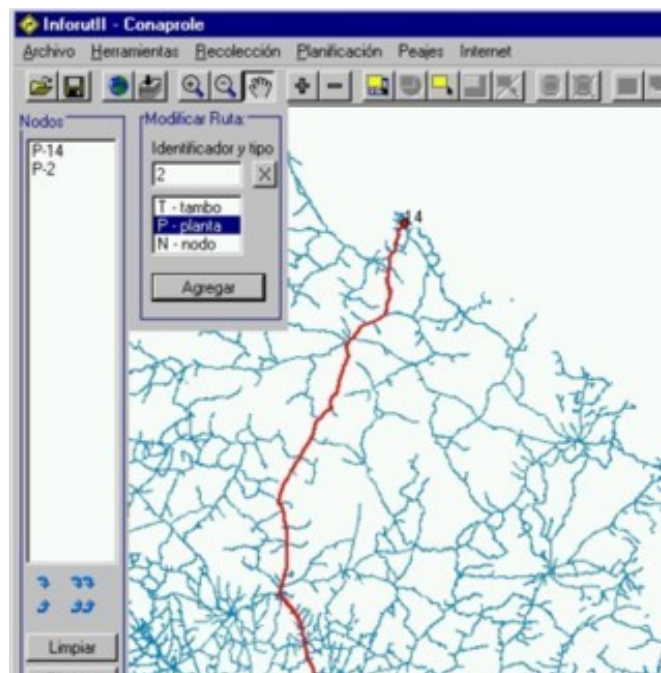
Funcionalidades de GLF/Inforut II

- Manejo de información geográfica, de producción y de demanda en plantas.
- Posibilidad de simular escenarios.
- Planificación en períodos de 24 o 48 hs.
- Gestión y planificación de rutas de recolección.
- Planificación de transporte inter-planta.

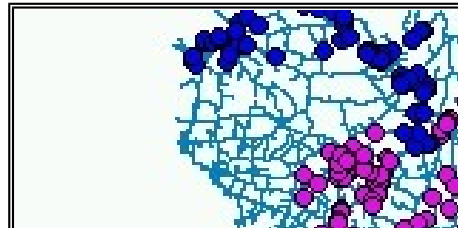
Ejemplo: ruta recolección



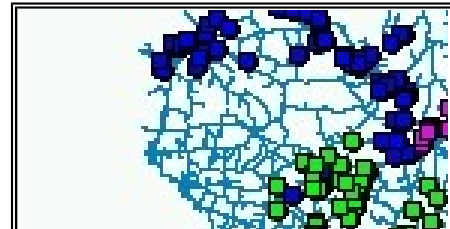
Ejemplo: ruta inter-plantas



Ejemplo: planificación manual y automática de asignación a planta



Asignación manual



Planificación Inforut

Diferencia costos anualizada: US\$ 200.000



Organización de la charla

- Contexto
- Descripción problema.
- Herramienta Inforut.
- Herramienta GLF/Inforut II.
- **Conclusiones**



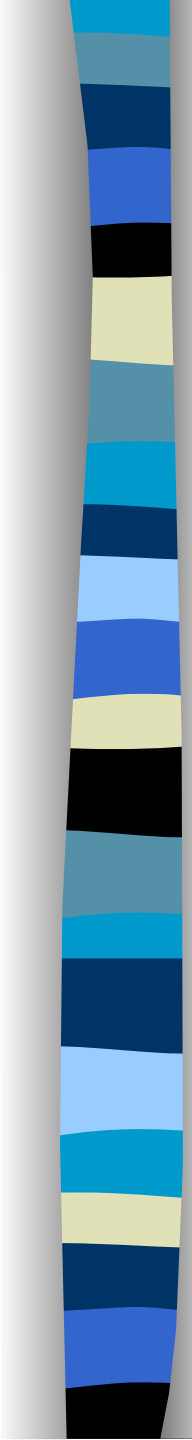
Conclusiones

- Desarrollo academia-industria exitoso.
- Resultado: herramienta **Inforut** para planificación del recolección leche.
- Características:
 - métodos de Investigación Operativa para optimización rutas.
 - Sistemas de Información Geográfica
 - Integración con otros sistemas de información de CoNaProLe.



Conclusiones - beneficios para CoNaProLe

- Ahorros considerables, del orden de cientos de miles de dólares anuales. Rápida recuperación de inversión realizada.
- Mejora considerable en la gestión de los inspectores de CoNaProLe; trabajos que llevaban varios días realizar, se lleva a cabo ahora en pocos minutos.



Conclusiones - beneficios para CoNaProLe (2)

- Mejora general y mayor integración de los sistemas de información de la empresa.
- Desarrollo sinérgico con otras iniciativas:
 - Sistema “Gestión de Leche Fresca”.
 - Gestión producción en las plantas.



Conclusiones - impactos a nivel académico.

- Consolidación y crecimiento del Depto. de Investigación Operativa.
- Creación de línea de investigación en Ruteo de Vehículos, publicaciones en revistas de primer nivel.
- Visibilidad del equipo y experiencia ganada en relacionamiento industria.



Conclusiones - otros impactos a nivel nacional

- Cartografía digitalizada actualizada de la caminería de todo el país, a cargo del Servicio Geográfico Militar del Uruguay.
- Formación de recursos humanos en el área de ruteo de vehículos.
- Impulso a aplicaciones de ruteo (y otras) basadas en Sistemas de Información Geográfica, desarrollo de herramientas en otras empresas.