

Tesis de Licenciatura
en
Ciencias de la Computación

*“Un algoritmo Tabu Search para un problema de
asignación de vagones y trenes”*

Directora: Irene Loiseau

Alumna: María Granillo
L.U.: 410/88

2003

Índice

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 TRABAJOS SOBRE PROBLEMAS DE TRANSPORTE DE CARGA	4
1.1.1 Modelos para la resolución de problemas de transporte de pasajeros	8
1.1.2 Resolución de un problema de transporte con Algoritmos Genéticos y Tabu Search	11
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
2.1 DATOS UTILIZADOS PARA LA RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA	13
3. MODELO MATEMÁTICO	17
3.1 REPRESENTACIÓN.....	17
3.2 RECORRIDO DE UNA LOCOMOTORA	18
3.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
3.3.1 Definición de la función objetivo.....	19
3.3.2 Restricciones.....	19
3.4 FORMULACIÓN MATEMÁTICA DEL PROBLEMA	20
4. TABU SEARCH	21
4.1 IDEAS BÁSICAS DE LOS MÉTODOS HEURÍSTICOS.....	21
4.2 DESCRIPCIÓN DE TABU SEARCH.....	22
4.2.1 Cómo funciona TS.....	22
4.2.2 Intensificación y diversificación	23
4.2.3 El algoritmo TS.....	24
5. UN ALGORITMO TABU SEARCH PARA NUESTRO PROBLEMA	25
5.1 DEFINICIÓN DEL CONJUNTO DE SOLUCIONES FACTIBLES	25
5.2 DEFINICIÓN DE LA FUNCIÓN OBJETIVO	26
5.3 VECINOS DE UNA SOLUCIÓN	26
5.4 LISTA TABU.....	27
5.5 CRITERIO DE ASPIRACIÓN.....	27
5.6 EL ALGORITMO.....	27
5.6.1 Estructuras de datos utilizadas.....	28
5.6.2 Solución Inicial.....	29
5.6.3 Procedimiento Tabu Search.....	29
6. RESULTADOS COMPUTACIONALES	33
6.1 ANÁLISIS DE LA PERFORMANCE DEL ALGORITMO	39
6.2 REPORTE FINAL	41
7. CONCLUSIONES	42
ANEXO I	43
REPORTE TENTATIVO DIARIO DE MOVIMIENTOS (R. T. M.)	43
REPORTE TENTATIVO DIARIO DE MOVIMIENTOS (R. T. M.)	47
REPORTE TENTATIVO DIARIO DE MOVIMIENTOS (R. T. M.)	52
BIBLIOGRAFÍA	57

Resumen

Este trabajo está basado en un problema real planteado por una empresa ferroviaria, que desea optimizar el armado de los trenes y sus recorridos.

Dicha empresa recibe pedidos de los clientes, quienes solicitan los vagones necesarios para el traslado de la mercadería, especificando el punto de carga y descarga, y las fechas en que deben realizarse dichas operaciones.

Se desea realizar la planificación de los movimientos de manera de atender los pedidos de los clientes minimizando los costos. El problema incluye además restricciones que complican el esquema de armado de los trenes y los recorridos.

El objetivo de este trabajo es encontrar un modelo matemático que represente el problema, y desarrollar un algoritmo que resuelva el problema, utilizando la metaheurística *Tabu Search*.

Abstract

This work is based on a real problem appearing in a railroad company, which is looking to optimize the assembling of trains and their routes.

This company receives orders from customers who request freight wagons to transport their goods, specifying the pick up and delivery points and the dates when these deliveries have to be done.

We want to plan the movements of these trains in such a way to meet the requirements of the customers minimizing costs. There are certain rules that complicate the task of putting wagons and locomotives together to assemble the train.

The purpose of this work is to propose a mathematical model that represent the problem and to develop an algorithm to solve it, using the metaheuristic *Tabu Search*.

1. Introducción

En las empresas de transporte, como en muchas otras, se plantea un problema de optimización de costos que no es de resolución sencilla. Este trabajo está basado en un problema real planteado por una empresa ferroviaria, que desea optimizar el armado de los trenes y sus recorridos de manera de atender los pedidos de los clientes minimizando los costos.

La empresa se dedica a transportar mercadería desde distintas terminales ubicadas en las provincias de Buenos Aires, Santa Fé y La Pampa. Los puntos principales de descarga se encuentran ubicados en los puertos de Rosario y Bahía Blanca. Dicha empresa recibe pedidos de los clientes, quienes solicitan los vagones necesarios para el traslado de la mercadería, especificando el punto de carga y descarga, y las fechas en que deben realizarse dichas operaciones.

El objetivo de este trabajo es optimizar la planificación de los movimientos. Debe permitirse que dicha planificación sea modificada con facilidad a medida que se reciban nuevos datos, como nuevos pedidos, atrasos, catástrofes meteorológicas, etc.

Se debe tener en cuenta que los vagones y las locomotoras tienen una capacidad máxima de carga o de tracción. Además se deben considerar las restricciones de orden natural, como la imposibilidad de que un vagón pueda atender dos pedidos al mismo tiempo, o que se realice el transporte de una mercadería antes de cargarla en los vagones, etc.

Para resolver el problema planteado se presentará un modelo matemático que describirá la representación del problema, definiendo una función objetivo y estableciendo las restricciones que deben cumplir las soluciones, y se desarrollará un algoritmo que especifique cómo se armarán y cómo se moverán los trenes, considerando los costos que ocasiona el traslado de la mercadería de las terminales a los puntos de descarga. Para ello se utilizará la metaheurística *Tabu Search*, y se explorará la búsqueda de soluciones utilizando datos reales de pedidos de clientes que fueron brindados por la empresa.

1.1 Trabajos sobre problemas de transporte de carga

Existen distintos tipos de problemas relacionados con el transporte que pueden ser tratados con técnicas heurísticas. A continuación haremos una revisión de algunos trabajos que aparecen en la literatura relacionados a problemas de transporte, uno presentado por CORDEAU et al. [2], seguido de dos modelos propuestos para la resolución de problemas de transporte de pasajeros (CORDEAU et al. [3] y LINGAYA et al. [10])

Luego revisaremos un trabajo sobre un problema de transporte de pasajeros presentado por GORMAN[7], en el que combina dos técnicas heurísticas para su resolución.

Muchos problemas de transporte han sido exitosamente abordados con técnicas heurísticas. Sin embargo, no fue sino hasta la década del ochenta que se puso especial énfasis en el estudio de estos algoritmos y de técnicas metaheurísticas. Parte de la motivación del uso de modelos de optimización se debe al crecimiento de la competencia entre empresas de transporte, la privatización de rutas nacionales y el avance en la tecnología de la computación. Por ese motivo, el estudio de modelos crece día a día, incrementando el nivel de realismo e incorporando una gran variedad de restricciones y posibilidades.

En CORDEAU et al. [2] se presenta una revisión de modelos de optimización para los problemas de transporte más estudiados. Para cada grupo de problemas, proponen una clasificación de modelos y describe las características más importantes de cada uno. Su estudio se concentra principalmente en los problemas de ruteo y de armado de los trenes, ya que representan la porción más importante en las actividades de transporte.

Según explican en el trabajo, la manera más común de representar los problemas del transporte de carga es mediante un grafo, donde los nodos representan las estaciones y los arcos representan el recorrido de los trenes.

Para problemas de carga, generalmente se expresa la demanda en peso (toneladas) que debe ser trasladada en alguna fecha determinada desde un punto de origen a uno de destino. Dada dicha demanda, deben establecerse las políticas que deben determinar los recorridos de los trenes.

Una carga puede ser enviada en forma directa o indirecta. Cuando una demanda es considerablemente grande, es importante minimizar los retrasos, asignando trenes que vayan directamente del punto de origen al de destino. Sin embargo, cuando no podemos

garantizar el envío inmediato de trenes directos, las cargas deberían enviarse a través de nodos intermedios, o esperar en el punto de origen hasta que se consigan suficientes vagones.

En la práctica las empresas ferroviarias tratan este problema de manera diferente: los vagones se van enviando a medida que los trenes están listos, y éstos se van armando agrupando vagones que corresponden a diferentes pedidos, con diversos orígenes y destinos, y distintas fechas de entrega. La idea que prevalece es agrupar los vagones que comparten un tramo del recorrido en bloques, y asignar estos bloques a los trenes. Estos trenes recorren distintos nodos (llamados *classification yards*, a los que nos referiremos como yardas), donde los vagones son separados y reagrupados dependiendo de sus destinos finales, armando así nuevos trenes. Este proceso no es realizado en cada yarda entre origen y destino, sino en la yarda en la que concluye el tramo en común de dos o más bloques, lugar en el que son reensamblados para sus respectivos destinos.

El proceso de búsqueda de soluciones es generalmente dividido en dos partes fundamentales: las políticas de bloques que especifican los vagones que formarán cada bloque y las políticas de ruteo que determinan las rutas y la asignación de los bloques a los trenes forman parte del primer grupo; la planificación de los horarios y la asignación de las locomotoras pertenecen al segundo.

En la primera parte, un plan de ruteo debe indicar las conexiones que deben realizar los trenes, los bloques que deben construirse en cada yarda, y las asignaciones de dichos bloques a los trenes. Además, hay que tener en cuenta los horarios de salidas y llegadas de los trenes. Idealmente esto debería analizarse paralelamente de manera de determinar un plan eficiente, respetando además restricciones de capacidad de los trenes y de las yardas. Sin embargo los modelos que intentan tener todo esto en consideración se vuelven extremadamente complejos y casi intratables. Por ese motivo, se resuelven los problemas en forma secuencial. Por ejemplo, se determina un plan de bloques primero, seguido por el ruteo de los trenes y el plan de armado. Generalmente, los horarios exactos se determinan al final.

Casi todos los modelos de ruteo del transporte ferroviario, se definen sobre una red (grafo) donde los nodos representan orígenes, destinos y puntos intermedios (yardas). Los arcos representan existentes o posibles conexiones de trenes entre esos puntos.

La actividad de las yardas forma una parte muy importante de las operaciones de

transporte, para lo cual se han desarrollado gran cantidad de modelos (*Analytical Yard Models*). Estos modelos deben indicar cómo desensamblar los trenes que entran en cada yarda, y cómo deben ser organizados y reensamblados en los bloques que formarán los nuevos trenes que saldrán de la yarda.

Los modelos de ruteo (*Network Routing Models*) son divididos a su vez en 3 fases:

i. la política de bloques (*blocking policy*) especifica los vagones que deben agregarse a un bloque. Generalmente se especifica de la siguiente manera: “los vagones en la yarda i con destino a la yarda j deben agregarse a un bloque con destino k ”. Los vagones de un bloque no son reclasificados hasta llegar al destino del mismo, por eso el modelo de bloques maneja la información del movimiento de los vagones y no de los trenes.

Una solución no especifica los trenes a utilizar ni la asignación de los bloques. Esto debe ser resuelto como un problema adicional.

ii. Los modelos de ruteo y armado de trenes (*Routing and Makeup Models*) determinan las rutas y la frecuencia de los servicios, y la asignación de los bloques a los trenes. Estos modelos obtienen un plan completo del ruteo y la carga. Sin embargo, no provee los horarios en que deben correr los trenes. Es necesario resolverlo en un paso posterior.

iii. Una vez definidos los trenes a operar, sus rutas y frecuencias, puede ser difícil encontrar una planificación de los horarios, de manera de mantener las formaciones obtenidas en el modelo anterior, y cumplir además restricciones de capacidad de las vías y las yardas. Los Modelos de Combinación (*Compound Model*) se desarrollaron con este fin.

Si bien estos Modelos de Combinación intentan integrar los aspectos de ruteo con los de la planificación de los horarios, generalmente los tratan por separado. O sea que los modelos de ruteo especifican cómo operaran los trenes, y en una segunda etapa se determinan sus horarios de salida y llegada.

Otro problema a tener en cuenta es el de mantener balanceada la distribución de los vagones vacíos con respecto a las demandas. Cada traslado de mercadería trae como consecuencia la acumulación de vagones vacíos en el destino. Cuando las demandas se realizan en forma desbalanceada debe realizarse una distribución para evitar que se acumulen los vagones vacíos en los puntos donde se reciben mayor cantidad de cargas. Una buena distribución de los mismos ayuda a ofrecer un mejor servicio a los clientes, ya que se reduce el tiempo de espera de los vagones necesarios. El Problema de Gestión de Vagones de Carga (*Freight Car Management Problem*) consiste en distribuir dinámicamente los vagones vacíos en la red para mejorar las respuestas a las solicitudes, y a su vez

minimizar los costos asociados a su movimiento.

La segunda parte tiene que ver con la planificación de los horarios y la asignación de las locomotoras a los trenes. Este problema aparece tanto en el transporte de carga como de pasajeros.

Como la red física (vías) es compartida por una cantidad grande de trenes, es necesario sincronizar los movimientos de estos de manera de evitar conflictos. Las líneas de la red pueden estar montadas sobre una sola vía física, como en los Estados Unidos y en gran parte de los países de América, o sobre dos vías, como en Europa. En el primer caso, para permitir que los trenes puedan viajar en ambas direcciones, es necesario agregar apartaderos o vías adicionales (*sidings*) en intervalos regulares a lo largo de las vías, de manera que un tren pueda apartarse de la vía principal y ceder el paso al tren que viene en dirección contraria. Estos apartaderos son también utilizados para permitir que un tren que viaja a mayor velocidad pueda pasar a uno mas lento que viaje en su misma dirección.

La programación de los trenes especifica los horarios de salida y llegada para las formaciones obtenidas en el modelo de ruteo. Esto se realiza teniendo en cuenta la capacidad de las vías, de las yardas y de otros factores. Distintos modelos (*Analytical Line Models*) fueron propuestos para estimar los retrasos causados por interferencias en las vías, analizando las políticas del modelo de despacho utilizado (para el caso de líneas de una vía), la distribución del tráfico y la topología de la red.

El objetivo de los Modelos de Despacho (*Dispatching Models*) es determinar los puntos de encuentro entre trenes y los lugares donde un tren tenga que pasar a otro para minimizar los retrasos y las desviaciones respecto de los horarios planeados. Aunque estas acciones están totalmente relacionadas a la velocidad de cada uno de los trenes, la mayoría de los modelos asumen que los trenes operan a velocidad máxima. No existen muchos modelos que consideren velocidades variables, aunque esto representaría una mejora importante sobre los de velocidad fija.

Una vez obtenido un plan completo que describa los trenes que deben operar y los horarios que deben cumplir, queda un último problema que consiste en asignar un conjunto de locomotoras a dichos trenes. Los modelos de Asignación de Locomotoras (*Locomotive Assignment Model*) son los que estudian este problema, y su objetivo generalmente es el de minimizar la cantidad de locomotoras utilizadas.

La Fig. 1.1 muestra una lista de los modelos descritos, propuestos para resolver los problemas de ruteo y planeamiento para problemas de transporte. Una descripción completa de cada uno de ellos se encuentra en CORDEAU et al. [2].

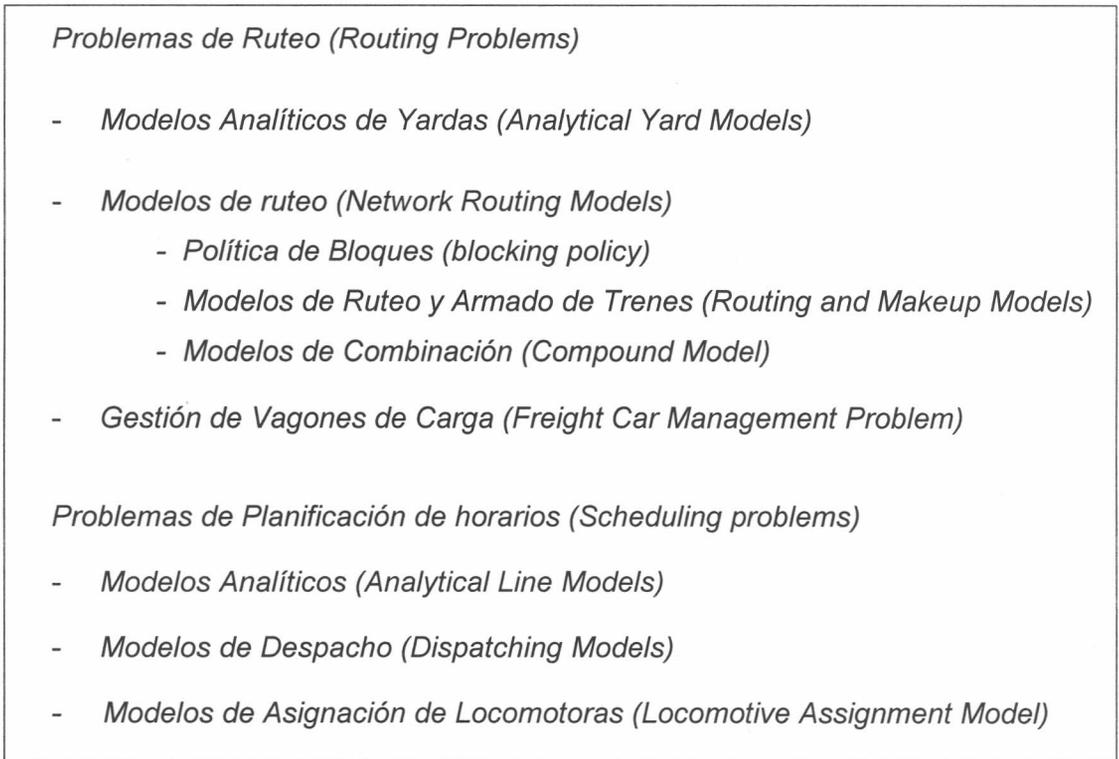


Fig. 1.1 : Modelos para resolver problemas de transporte

1.1.1 Modelos para la resolución de problemas de transporte de pasajeros

A diferencia de los problemas de transporte de carga, donde se determinan la asignación de vagones a los trenes, y luego la asignación de las locomotoras se resuelve en un paso posterior, en los problemas de transporte de pasajeros la asignación de locomotoras y vagones puede realizarse paralelamente.

Como el conjunto de trenes planeados para operar cada semana normalmente es el mismo, con una cantidad similar de vagones, se computa una solución cíclica para optimizar la utilización de los equipos. Cada ciclo determina el recorrido de un tren, que empieza y termina en puntos determinados. El problema consiste en encontrar un conjunto de ciclos (con los equipos respectivos) que cubran una lista de trenes planeados con un costo mínimo.

Aunque a primera vista parece un problema razonablemente fácil, deben considerarse una gran cantidad de restricciones, lo que complica considerablemente las soluciones. Por un lado distintos tipos de equipamientos pueden formar parte de un tren (distintos tipos de locomotoras o de vagones) y pueden existir incompatibilidades entre ellos. La elección de estos tipos generalmente afecta la velocidad que puede alcanzar el tren. Y además deben considerarse los requerimientos de mantenimiento.

CORDEAU et al. [3] presentan un modelo de asignación de locomotoras y vagones. El modelo trabaja sobre un conjunto K que incluye los distintos tipos de vagones y locomotoras disponibles en la red, y define los distintos tipos de trenes a partir de K , teniendo en cuenta que sean compatibles cada uno de los equipos que los forman. Se define también la velocidad máxima del tren como la máxima velocidad del equipo más lento que forma parte de él.

Luego define todos los tramos (origen, destino) que pueden cubrir cada uno de los trenes, y las secuencias de tramos factibles, o sea que respetan restricciones de horarios, tiempos de conexión, etc.

Para representar el problema, se define un grafo temporal por cada tipo de equipo, donde los nodos representan las estaciones pertenecientes a los tramos factibles, y los arcos representan las secuencias por las que pueden ser usados. Cada arco tiene asociada una variable que indica la cantidad de unidades que pasan por ese arco, y el costo por unidad, que depende de la longitud del arco y del tipo de equipo utilizado.

El objetivo del modelo es determinar los tramos que recorrerán cada uno de los vagones y locomotoras a un costo mínimo (o sea, en los que la suma de los arcos de cada uno de los grafos sea mínima)

Otro modelo fue propuesto por LINGAYA et al. [10]. Este trabajo fue desarrollado para solucionar un problema de VIA Rail Canada - aunque el modelo propuesto y la metodología para su solución pueden ser aplicadas a otros casos que posean un planeamiento o proceso similar.

Algunas compañías prefieren operar con trenes "fijos" para evitar los costos y retrasos ocasionados por la separación y recombinación de locomotoras y vagones y armado de nuevos trenes en puntos intermedios. Sin embargo, otras compañías creen que dichos costos pueden ser compensados con los beneficios obtenidos de la reducción de la cantidad

de unidades necesarias, la disminución de las distancias recorridas por vagones vacíos, y las mejoras en la calidad de los servicios que se obtienen de asignar más vagones donde haya mayor demanda de pasajes.

El modelo presentado por LINGAYA et al. [10] permite el reensamblado de trenes en ciertas yardas de la red. En este caso, los vagones y las locomotoras deben ser asignados simultáneamente a los trenes planificados ya que el tiempo mínimo de conexión entre dos trenes con la misma locomotora depende de si deben cambiarse vagones de uno a otro. En ese caso, el tiempo depende de la posición de los vagones dentro del tren, teniendo en cuenta que los vagones que se encuentran en “el medio” necesitan mas tiempo que los que están en la punta.

El problema es resuelto en 3 etapas. Dada una planificación de trenes y horarios semanales que se desean cumplir durante algún tiempo, la primera parte consiste en encontrar los *ciclos* de vagones y locomotoras de manera de cubrir las demandas y respetar restricciones de mantenimiento. Un ciclo es una secuencia de trenes consecutivos que empiezan y terminan en un centro de mantenimiento.

La segunda etapa consiste en adaptar la planificación anterior a cambios de demanda que puedan ocasionarse por vacaciones, eventos especiales, etc., mediante cancelación o agregado de trenes, o cambios de horarios. Esta etapa es parecida a la anterior, sólo que considera un planeamiento más específico. Los ciclos obtenidos deben ser compatibles con los obtenidos en la etapa anterior.

La ultima etapa estudia los datos “a corto plazo”. Tomando la información de la venta de pasajes, va adaptando las acciones a la demanda real sobre cada viaje desde una semana anterior a su partida. Como a esa altura los ciclos no pueden ser modificados, la actualización involucra sólo a los vagones. En caso de aumentar la demanda, es necesario considerar rápidamente esta información, ya que se podrán vender más pasajes en la medida en que más vagones sean asignados al tren. Entonces, dado un planeamiento semanal, con los ciclos previstos y un conjunto de demandas de vagones adicionales, el problema de esta etapa consiste en encontrar la manera de incorporar dichas demandas de manera de obtener una mayor ganancia. El trabajo presentado por LINGAYA et al. [10] estudia esta última etapa.

1.1.2 Resolución de un problema de transporte con Algoritmos Genéticos y Tabu Search

Una aplicación para resolver un problema de transporte de carga fue presentada por GORMAN [7]. El planeamiento especifica cómo debe moverse el tráfico de trenes para cumplir con los requerimientos de los clientes. Indica los horarios y las velocidades, los puntos de parada y los pedidos que cada uno debe atender, de manera de minimizar los costos asociados (combustible, mantenimiento de los equipos, etc.), evitando congestiones en los nodos y respetando restricciones de capacidad de las locomotoras.

Dado que no se conocen técnicas de optimización eficientes para resolver problemas NP-hard de optimización combinatoria, en el trabajo se propone un algoritmo híbrido, combinando la técnica de *Algoritmos Genéticos* con *Tabu Search*.

Los resultados demuestran que la búsqueda genética puede encontrar soluciones razonablemente aproximadas a las soluciones óptimas para problemas "chicos", pero que estas se vuelven cada vez más inexactas y los tiempos de ejecución cada vez más intratables a medida que el tamaño del problema crece.

Al combinar la búsqueda con Tabu Search, buenas soluciones son encontradas en sólo el 6% de las iteraciones que necesitaba la búsqueda genética pura, permitiendo realizar búsquedas favorables en problemas de mayor escala.

En el capítulo 2 presentaremos una descripción del problema, que especifica los datos utilizados para su resolución; en el capítulo 3 veremos un modelo matemático, que describe cómo será representado el problema, define la función objetivo y establece las restricciones que deben cumplir las soluciones; una introducción a los métodos heurísticos y una descripción de Tabu Search son dadas en el capítulo 4; en el capítulo 5 especificaremos los detalles de la implementación, cómo se representa una solución, que es una solución vecina, cómo se compone la lista Tabú, y luego describiremos las estructuras de datos y los principales procedimientos utilizados por el algoritmo; los resultados obtenidos son mostrados en el capítulo 6; en el capítulo 7 daremos las conclusiones y por último indicaremos la Bibliografía consultada.

2. Descripción del problema

Como fue mencionado en la introducción, el objetivo de este trabajo es brindar una herramienta para la planificación de los movimientos de los trenes de la empresa, de manera de atender los pedidos de los clientes minimizando los costos ocasionados.

La empresa recibe pedidos de los clientes, quienes solicitan una cantidad de vagones necesarios para el traslado de la mercadería, especificando el punto de carga y descarga, y las fechas en que deben realizarse dichas operaciones.

Se deberán armar los trenes necesarios para el transporte de la mercadería y determinar el recorrido hasta el punto de descarga, teniendo en cuenta la fecha de carga y la fecha de descarga programadas para el pedido.

Un tren se arma asignando una locomotora y un conjunto de vagones, y puede atender a más de un pedido a la vez. Dado que una locomotora puede transportar una cantidad limitada de vagones, si un pedido necesita más vagones de los que puede transportar el tren, se divide el pedido en dos subpedidos, y se los trata como dos pedidos independientes. Así, si una locomotora puede transportar a lo sumo x cantidad de vagones, todo pedido que necesite una cantidad de vagones y con $y > x$ será subdividido en dos subpedidos de la siguiente manera:

- P_1 : cantidad de vagones x
- P_2 : cantidad de vagones $y - x$

donde P_2 puede necesitar ser subdividido en subpedidos, y así sucesivamente. De esta manera aseguramos que todo pedido puede ser transportado por una locomotora.

Las planificaciones se realizan por semana y las solicitudes deben ser recibidas con siete días de anticipación. A cada pedido se le debe asignar un tren, una fecha de carga y un recorrido.

Además se deberán tener en cuenta ciertas restricciones, como por ejemplo no asignar el mismo vagón a dos pedidos distintos al mismo tiempo, no cargar un vagón con más mercadería que su capacidad, etc. Estas restricciones serán estudiadas detalladamente

mas adelante.

2.1 Datos utilizados para la resolución del problema

Para resolver el problema planteado es necesario contar con información sobre los pedidos de los clientes, las locomotoras y vagones que dispone la empresa, su ubicación, las terminales de carga, las vías y las distancias.

Contamos con una tabla con pedidos de clientes que fue suministrada por la Empresa Transportista (de ahora en mas E.T.), lo cual permitió correr el algoritmo con datos reales. Los demás datos necesarios fueron generados de distintas maneras. A continuación describiremos las tablas que utiliza el algoritmo (generadas por Laura Aguirre) y cómo fueron generadas.

1- Contamos con una tabla de pedidos suministrada por E.T. con la siguiente información:

Datos:

- *Nro_pedido*
- *F_limite*
- *F_carga*
- *F_arribo*
- *Origen*
- *Destino*
- *Toneladas*
- *H_carga*
- *Nom_carga*
- *Tipo_merca*
- *Nom_desc*
- *Tarifa*
- *Ped_status*
- *Estado_ped*
- *Vendedor*

A partir de estos datos generamos una nueva tabla *Pedidos* con los datos necesarios para la resolución del problema.

Luego separamos los pedidos que necesitaban más de una locomotora para el traslado (teniendo en cuenta que cada locomotora puede trasladar solo una cantidad determinada de vagones) en dos o más pedidos según fuera necesario. De esta manera cada pedido puede ser transportado por una sola locomotora.

Por último calculamos el tiempo de carga del pedido teniendo en cuenta la carga (toneladas) del pedido y el *tiempo de carga por tonelada*.

Tabla **Pedidos** obtenida:

- *nro_pedido*
- *origen*
- *destino*
- *f_carga*
- *cant_vag*
- *tiempo_carga*

2- Para generar la información de las vías y las distancias utilizamos el programa *TransCad*, que es un sistema de información geográfica diseñado especialmente para almacenar, mostrar, y analizar datos sobre transporte. Permite crear mapas, armar y mantener conjunto de datos geográficos, y realizar distintos tipos de análisis. Incluye objetos de datos tales como redes ferroviarias, sistemas de rutas, y aplicaciones para resolver problemas de ruteo y otros problemas de transporte.

Primero creamos una tabla *Ciudades* agregando a mano sobre el mapa de la red ferroviaria el nombre de cada una de las ciudades.

Luego creamos la tabla *Distancias*, que indica la distancia (en millas) entre todo par de puntos. Dicha tabla fue generada por el programa *TransCad* a partir del mapa de la red Ferroviaria.

Tabla **Ciudades** obtenida:

- *id*
- *descripción*

Tabla **Distancias** obtenida:

- *punto1*
- *punto2*
- *distancia*

3- Aunque contamos con información sobre la cantidad de vagones y locomotoras con los que opera E.T., no nos fue proporcionada información sobre su ubicación ni su estado. Por ese motivo, creamos las tablas *Vagones* y *Locomotoras*, y generamos los datos de la siguiente manera:

De la tabla *Pedidos* generada en el punto 1 utilizamos un primer ciclo (7 días) para estimar la distribución de los vagones y las locomotoras al final del mismo, como si esos pedidos ya hubieran sido atendidos y trasladados a su lugar de destino. El ciclo siguiente se utiliza como datos de entrada de los pedidos que deben atenderse.

Sumamos la cantidad de vagones y locomotoras que debía haber en cada una de las terminales al final del ciclo, y calculamos el porcentaje que estos representan sobre el total de unidades con las que cuenta la empresa. Luego cargamos las tablas de acuerdo a la información obtenida.

De igual forma calculamos la fecha de disponibilidad de las unidades, tomando como fecha de referencia la fecha de descarga de los pedidos.

Tabla ***Locomotoras*** obtenida:

- *id_locomotora*
- *f_disponible*
- *ubicación*

Tabla ***Vagones*** obtenida:

- *id_vagon*
- *f_disponible*
- *ubicación*

La planificación es realizada por semana. La cantidad de pedidos recibidos es aproximadamente de ochenta.

La red ferroviaria cuenta con 230 ciudades. Sin embargo, los puntos de carga son alrededor de treinta. Todos los pedidos tienen como destino final el puerto de Rosario o el de Bahía Blanca.

No se tuvo en cuenta en este trabajo el personal necesario para llevar a cabo el traslado de los pedidos, ni los gastos que éste ocasiona.

Para cada par de estaciones se tomó el camino mas corto, considerando así un único camino entre ellas. En caso de alguna catástrofe meteorológica, o de bloqueo de alguna de las vías, habría de elegir un camino alternativo, y modificar las distancias de los puntos afectados. Esto no fue resuelto en este problema ya que implica modificar valores de una tabla, y no afecta al desarrollo del algoritmo.

Dado que no contamos con información sobre el estado de las vías, se consideró a todas por igual, permitiendo una velocidad máxima del tren constante para todos los trayectos de los recorridos.

Por el mismo motivo se consideró también la misma carga máxima para todas las locomotoras, y la misma capacidad de carga para todos los vagones.

Se le otorgó a cada locomotora un tiempo de mantenimiento al llegar a un punto de descarga. No se consideraron tiempos de maniobras al dejar o recoger los vagones.

3. Modelo matemático

Para representar el problema se define un grafo cuyos nodos representan los lugares donde deben recogerse los pedidos, y los ejes el orden en que son atendidos, o sea, los recorridos que cubren dichos pedidos.

Antes de definir la formulación matemática del problema, describiremos cómo se define el grafo, cuáles son los nodos que forman parte de él, y cómo se define un recorrido.

3.1 Representación

Dado el conjunto de los pedidos de los clientes, definimos un grafo $G = (V, A)$, donde $V = \{v_1, \dots, v_n\}$ conjunto de nodos del grafo y $A = \{(v_i, v_j) : i \neq j\}$ conjunto de arcos.

El conjunto V contiene dos tipos de nodos: PC y PD. Los dos nodos PD corresponden a los dos puertos (puntos de descarga), que se encuentran en Bahía Blanca y Rosario.

Los nodos PC corresponden a las terminales donde deben levantarse las demandas de los clientes. El grafo contiene dos nodos por cada terminal, uno con una fecha de carga (que corresponde a la fecha en que deben dejarse los vagones para su carga), y otro con la fecha en que los vagones deben ser recogidos para su traslado al punto de descarga. Dicha fecha es calculada como la fecha de carga + tiempo de carga en dicha terminal. Llamaremos a estos nodos nodo de carga y nodo de traslado respectivamente.

Las estaciones intermedias en las cuales no se realizan cargas no son tomadas en cuenta. Solo se utilizan para determinar el tramo entre dos nodos, que se define como la secuencia de vías que unen ambos nodos.

Llamamos tramo al par $\{\text{nodo}_1, \text{nodo}_2\}$, donde $\text{origen}(\text{tramo}) = \text{nodo}_1$ y $\text{destino}(\text{tramo}) = \text{nodo}_2$.

Cada nodo $n \in \text{PC}$ tiene asociado una demanda d_n (representada en cantidad de vagones), y una fecha f_n en la que debe atenderse dicha demanda.

3.2 Recorrido de una locomotora

Definimos como recorrido de una locomotora a la secuencia de tramos $\{\text{tramo}_1, \text{tramo}_2, \dots\}$ tal que $\text{origen}(\text{tramo}_{i+1}) = \text{destino}(\text{tramo}_i)$ y tal que empieza y termina en un nodo PD (punto de descarga). Dichos tramos son representados como ejes del grafo, indicando el orden en que son recorridos los nodos.

Llamamos $\text{costo}(r)$ a la suma de las longitudes de los tramos del recorrido r , y $\text{tiempo}(r)$ al tiempo que lleva recorrer dicho recorrido.

Armamos un tren asignando una locomotora a un conjunto de vagones. Los vagones pueden estar vacíos o cargados. Al comienzo del recorrido el tren debe partir con suficientes vagones vacíos para satisfacer las demandas de los nodos de carga, y en todo momento debe evitarse que la cantidad de vagones supere la capacidad máxima de la locomotora.

La variable binaria T_t indica los trenes que se van armando:

$$T_t = \begin{cases} 1 & \text{si se provee el tren } t \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$$

Tomando como fecha inicial al momento en que la locomotora y los vagones están disponibles, asociamos a cada nodo de la secuencia una fecha en la que podría pasar la locomotora. Se dice que un recorrido es factible cuando

- $\text{tiempo}(r) \leq C$ (C cota máxima)
- cantidad vagones vacíos del tren en el origen es mayor o igual a la suma de la demanda de los nodos de carga de ese recorrido
- para todo tramo del recorrido se cumple
 - fecha estimada $\leq f_n$
 - cantidad de vagones del tren \leq capacidad locomotora

Definimos R^l ($l \in L$) al conjunto de todos los recorridos factibles para la locomotora l .

$\forall l \in L, \forall r \in R^l$, definimos dos variables binarias

$$y_{lr} = \begin{cases} 1 & \text{si locomotora } l \text{ realizó recorrido } r \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$$

y $\forall i \in PC$ (para determinar los nodos asignados al recorrido)

$$n_{ir} = \begin{cases} 1 & \text{si nodo } i \in r \\ 0 & \text{sino} \end{cases}$$

3.3 Formulación del problema

3.3.1 Definición de la función objetivo

El objetivo del problema es minimizar los costos de trasladar la mercadería de las terminales a los puntos de descarga. Tomamos como medida a minimizar la distancia recorrida por cada una de las locomotoras.

3.3.2 Restricciones

- r_1 : Todos los pedidos deben ser atendidos (para los lotes de datos probados en esta tesis esto era posible)
- r_2 : La cantidad de vagones asignados a cada pedido es igual al peso de carga del pedido (cantidad de vagones necesarios para el traslado)
- r_3 : las cargas y descargas deben realizarse dentro de los dos días (anteriores o posteriores) a las fechas estipuladas.
- r_4 : los vagones deben ser recolectados por lo menos t_c tiempo después de haber sido dejados en la terminal para su carga, donde t_c indica el tiempo de carga en dicha terminal.
- r_5 : la cantidad de vagones asignados a cada locomotora debe ser menor o igual a la capacidad máxima de dicha locomotora (medida en cantidad de vagones)
- r_6 : si una locomotora tiene que recoger vagones de distintos pedidos, entonces tienen que tener el mismo destino.
- r_7 : los vagones vacíos asignados a una locomotora al comienzo del recorrido deben estar en el mismo origen que la locomotora.

4 Formulación matemática del problema

1. Función objetivo

$$\text{Min } \sum_l \sum_{r \in R^l} \text{costo}(r) * y_{lr}$$

s.a.

$$\text{i) } \forall n \in \text{PC}, \sum_l \sum_{r \in R^l} n_{lr} * y_{lr} = 1$$

todos los pedidos deben ser atendidos, i.e.

todos los nodos PC deben ser recorridos una

vez

ii) $y_{lr} \in \delta, \forall l \in L, r \in R^l$, donde δ es el conjunto de restricciones del servicio de las

demandas. Por ejemplo, no puede embarcarse un pedido antes de ser cargado en los

vagones, ni puede atenderse un pedido que no cumpla con los requerimientos del cliente,

o sea que cumpla con las fechas y la cantidad de vagones solicitados.

iii) $T_t \in \Omega \forall t$, donde Ω es el conjunto de restricciones de capacidad del tren: la

cantidad de vagones vacíos asignados a un tren debe ser mayor o igual a la suma de las

demandas de los nodos de carga, y en cada tramo del recorrido la cantidad de vagones

del tren debe ser menor o igual a la capacidad máxima de la locomotora.

$$\text{iv) } y_{lr} \in \{0,1\} \forall l \in L, r \in R^l$$

$$n_{lr} \in \{0,1\} \forall i \in \text{PC}, l \in L, r \in R^l$$

$$T_t \in \{0,1\} \forall t$$

El modelado del problema como problema de programación lineal entera resultó muy complicado, motivo por el cual se desarrolló una metaheurística para su resolución.

4. *Tabu Search*

Los algoritmos heurísticos son apropiados para tratar problemas complejos, que podrían ser demasiado difíciles o consumir mucho tiempo para su resolución con métodos exactos. La idea de utilizar una técnica heurística es la de buscar una buena solución con un costo computacional razonable. Aunque con estas técnicas no siempre es posible cuantificar la bondad de la solución encontrada, en la práctica se obtienen buenos resultados.

A continuación se dará una descripción de la técnica metaheurística *Tabu Search*, que es utilizada para resolver el problema presentado en este trabajo.

4.1 Ideas básicas de los métodos heurísticos

Dado un problema P de Optimización Combinatoria utilizaremos X para denotar el conjunto de soluciones posibles del problema. Se define una función objetivo f que debe ser minimizada (o maximizada) en el conjunto de soluciones factibles X .

Cada solución s en X tiene un conjunto de soluciones asociadas que definen las soluciones vecinas $N(s)$. Un método heurístico puede verse como una técnica iterativa que explora el conjunto de soluciones X , realizando repetidamente movimientos de una solución s a otra solución s' perteneciente a los vecinos de s . Estos movimientos son realizados con la idea de ir acercándose (de manera eficiente) a una “buena” solución, evaluando la función objetivo que se desea minimizar.

Uno de los criterios más simples para moverse de una solución a otra consiste en tomar la solución con mejor evaluación de la función objetivo, siempre que la nueva solución sea mejor que la actual. Este criterio permite ir mejorando la solución actual mientras se pueda. El algoritmo se detiene cuando la solución no puede ser mejorada, obteniendo un óptimo local del problema respecto al entorno definido. Sin embargo, ocurre frecuentemente que la solución encontrada no sea el óptimo global del problema. Esta limitación es el punto de inicio de muchas de las técnicas metaheurísticas basadas en búsqueda local, las cuales

permiten realizar movimientos que empeoren la función objetivo con el objeto de evitar quedar atrapadas en un óptimo local lejano del global.

4.2 Descripción de Tabu Search

Tabu Search es una técnica para resolver problemas combinatorios de gran dificultad que está basada en principios generales de Inteligencia Artificial (IA). En esencia es una técnica metaheurística que puede ser utilizada para guiar cualquier procedimiento de búsqueda evitando que la búsqueda quede "atrapada" en un óptimo local. Para ello, TS toma de la IA el concepto de memoria con el objetivo de utilizar la información de lo sucedido hasta el momento para dirigir la búsqueda. O sea, trata de "aprender" de los pasos anteriores, y en este sentido se dice que la búsqueda es inteligente. La idea básica sobre la cual se basa TS es que es mejor una mala decisión basada en información que una buena decisión al azar, ya que aunque sea mala proporcionará claves útiles para continuar la búsqueda.

4.2.1 Cómo funciona TS

TS se mueve iterativamente de una solución a otra, generando en cada paso un conjunto de soluciones vecinas a la solución actual s que llamamos V^* , y luego moviéndose a la mejor solución s' en V^* , aún si $f(s) < f(s')$. Decimos que $s' = s \oplus m$, lo que significa que s' se obtiene de aplicar una modificación m a s .

La idea de poder elegir una solución vecina que no sea estrictamente mejor que la actual es la de no caer en un mínimo local, pero al permitir esto puede ocurrir que el algoritmo cicle. De alguna forma deben impedirse los movimientos que puedan permitir volver a una solución que ya fuera visitada anteriormente.

Para ello, las soluciones visitadas recientemente se etiquetan como *tabú*, y se guardan en una **lista tabú** T (también llamada *memoria a corto plazo*), de manera de poder controlar que no se repitan soluciones en los movimientos posteriores. Se considera que tras un cierto número de iteraciones la búsqueda está en una región distinta y puede liberarse del status tabú (pertenencia a T) a las soluciones antiguas. De esta forma para controlar que una solución encontrada no sea tabú sólo se compara con las últimas $|T|$ soluciones y no con todas las encontradas hasta el momento, lo que reduce en gran medida el esfuerzo

computacional. El tamaño de estas listas suele ser pequeño, y puede ser de tamaño fijo o puede ajustarse dinámicamente según la estrategia que se esté utilizando.

Al definir movimientos tabú basados en los movimientos anteriores, podemos estar prohibiendo movimientos que lleven a soluciones no visitadas, y en particular a soluciones no visitadas que puedan resultar "atractivas". Por eso es necesario definir algún tipo de criterio que permita realizar estos movimientos en ciertas situaciones. Consideremos, por ejemplo, un movimiento tabú m . Si con este movimiento se obtuviera una nueva solución que es mejor a la mejor encontrada hasta el momento, parecería razonable ignorar la restricción sobre m y aceptar el movimiento.

Para ello, definimos una función de aspiración: un movimiento m (aplicado a s) es aceptado si tiene un nivel de aspiración $a(s,m)$ que es mejor que un valor definido $A(s,m)$. Un criterio de aspiración simple sería aceptar un movimiento tabú si con él se obtiene una mejor solución. En este caso, definimos $a(s,m) = f(s \oplus m)$ y $A(s,m)$ como el intervalo de valores menores a $f(s^*)$, donde s^* es la mejor solución encontrada hasta el momento. De esta forma se introduce cierta flexibilidad a la búsqueda.

4.2.2 Intensificación y diversificación

Para que el método se comporte como una técnica inteligente, TS agrega algunos ingredientes adicionales. Por un lado vimos que TS recuerda los últimos $|T|$ pasos para evitar volver a una solución que fuera visitada anteriormente (*lista tabú*).

Por otro lado, TS utiliza una especie de "proceso de aprendizaje" donde, después de visitar varias soluciones, va "observando" si las mejores soluciones encontradas hasta el momento tienen características en común. Para ello almacena las frecuencias u ocurrencias de atributos en las soluciones visitadas tratando de identificar o diferenciar regiones (*memoria a largo plazo*). Este proceso tiene dos estrategias asociadas: *Intensificar* y *Diversificar* la búsqueda. La intensificación consiste en regresar a regiones ya exploradas para estudiarlas más a fondo. Para ello se favorece la aparición de aquellos atributos asociados a buenas soluciones encontradas. La Diversificación consiste en visitar nuevas áreas no exploradas del espacio de soluciones. Para ello se modifican las reglas de elección para incorporar a las soluciones atributos que no han sido usados frecuentemente

4.2.3 El algoritmo TS

Partiendo de una solución inicial s , el algoritmo itera según algún criterio de parada que debe definirse; si se conoce alguna cota sobre el valor buscado, el ciclo podría interrumpirse cuando la solución encontrada sea muy cercana a la cota. En general se abandona el ciclo cuando no se encuentra una mejor solución a la mejor solución encontrada hasta el momento en una cantidad $nmax$ de iteraciones.

En cada ciclo, el procedimiento genera un conjunto de vecinos de la solución actual s (si alguna solución generada se encuentra en la lista tabú, no es agregada al conjunto de vecinos salvo que la función de aspiración lo permita), y se toma la mejor solución s' del conjunto como solución actual para la siguiente iteración. El movimiento realizado es registrado en la lista tabú, y la función de aspiración es actualizada.

Si la solución s' es mejor que la mejor solución encontrada hasta el momento, entonces se registra a s' como la mejor solución, y se repite el ciclo. El cuerpo del algoritmo se describe en la Fig. 4.1.

```
s := solución inicial en X;  
nbiter := 0;  
bestiter := 0;  
s* := s;  
T := ∅;  
Inicializar la función de aspiración A;  
Mientras (f(s) > f*) y (nbiter – bestiter < nmax) hacer  
    nbiter := nbiter + 1;  
    generar un conjunto V* de soluciones  $s_i = s \oplus m_i$  en N(s) tal que  
         $m_i \notin T$  o tal que  $a(s, m_i) < A(s, m_i)$ ;  
    elegir la mejor solución s' en V*;  
    actualizar la lista tabú T y la función de aspiración A;  
    si f(s') < f(s*) entonces  
        s* := s';  
        bestiter := nbiter;  
s := s*.
```

Fig. 4.1 : Esquema de un algoritmo Tabu Search

5. Un algoritmo Tabu Search para nuestro problema

5.1 Definición del conjunto de soluciones factibles

Una solución es un conjunto de recorridos R_1, \dots, R_m , de manera que con estos recorridos se puedan atender todos los pedidos de los clientes, y un conjunto de trenes T_1, \dots, T_m que los recorren. Cada recorrido debe indicar los tramos que lo componen, y las fechas de salida y llegada.

Para que una solución sea factible, deben cumplirse las restricciones mencionadas en el punto 3.3.2. Sin embargo, no siempre existen soluciones que cumplan todas las restricciones. Y, aún si existiera, encontrar una solución inicial que las cumpla puede ser muy difícil, o a veces imposible.

Para brindar mayor flexibilidad a la búsqueda de soluciones, exigiremos que sólo algunas de las restricciones sean cumplidas. Las demás serán penalizadas en la función objetivo, con la idea de ir cumpliéndolas a medida que disminuye la función objetivo. Debemos entonces elegir de todas las restricciones cuales serán obligatorias y cuales serán penalizadas.

Como es necesario cumplir con todos los clientes, vamos a considerar factible a una solución que atienda a todos los pedidos, y que otorgue a cada uno la cantidad de vagones requerida. Además, se exigirá que los vagones vacíos que se asignen a un tren al comienzo de un recorrido se encuentren en el mismo origen que la locomotora, así como que los vagones cargados que transporta un tren tengan el mismo destino.

Las restricciones que se refieren a las fechas en que deben realizarse las cargas y descargas, y a la capacidad de las locomotoras serán penalizadas e incluidas en la función objetivo.

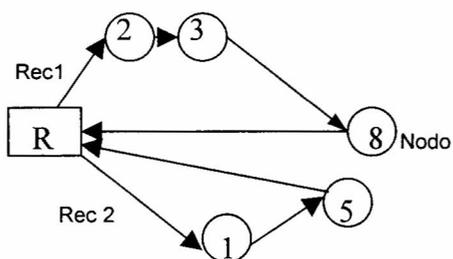
5.2 Definición de la función objetivo

$$\begin{aligned}
 \text{Min } & \sum_l \sum_{r \in R^l} \text{costo}(r) * y_{lr} \\
 & + p_1 \sum_t \max(0, (\text{CantidadVagonesAsignados}(t) - \text{CAPACIDAD_LOCOM})) \\
 & + p_2 \sum_{n \in \text{PC}} \max(0, |(\text{FechaAsignada}(n) - \text{FechaCarga}(n)) - 2|) \\
 & + p_3 \sum_{n \in \text{PC}} \max(0, |(\text{FechaLlegadaAsignada}(n) - \text{FechaDescarga}(n)) - 2|) \\
 & + p_4 \sum_{n \in \text{PC}} \max(0, (\text{FechaDejarVagones}(n) + \text{TiempoCarga}(n) - \text{FechaRecogerVagones}(n)))
 \end{aligned}$$

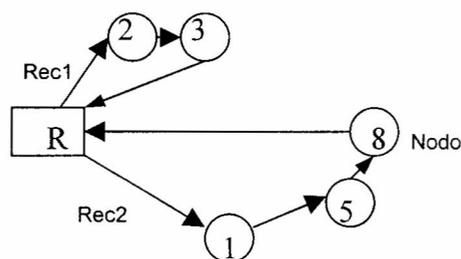
Los valores de las penalidades p_i serán elegidos después de realizar pruebas sobre la implementación, y serán detallados en el punto 6.

5.3 Vecinos de una solución

Dada una solución $S = \{ R_1, \dots, R_i, \dots, R_j, \dots, R_m \}$, donde $R_{t=1..m}$ son los recorridos de la solución, se obtiene una solución vecina realizando un cruzamiento entre dos recorridos de la siguiente manera: sean R_i, R_j dos recorridos de la solución. Un cruzamiento se realiza tomando un nodo $n \in R_i$, obteniendo dos nuevos recorridos $R'_i = (R_i - n)$ y $R'_j = (R_j \cup n)$ y generando así una nueva solución $S' = \{ R_1, \dots, R'_i, \dots, R'_j, \dots, R_m \}$. La Fig. 5.1 muestra un ejemplo de un cruzamiento entre dos recorridos.



(a) Antes de cruzamiento



(b) Después de cruzamiento

Fig. 5.1 : Cruzamiento entre dos recorridos

5.4 Lista Tabu

Cuando un nodo es pasado de un recorrido a otro, se guardan en la lista tabú T los datos (*recorrido2*, *recorrido1*, *nodo*) de manera de no realizar el movimiento inverso, y volver el nodo al recorrido original.

Es claro que si el *nodo* vuelve al *recorrido1* en otra posición, la solución no sería la misma que antes. Pero guardar la posición del nodo no garantiza que no se vuelva a insertar en el mismo lugar del que se sacó. Por ejemplo, si el nodo n del recorrido R_i se encontraba en la posición 2 antes de ser pasado a otro recorrido R_j , y luego se agrega un nodo m al recorrido R_i , no sería considerado tabú insertar el nodo n en el recorrido R_i en la posición 3. Sin embargo, estaríamos insertándolo en la misma ubicación que antes.

Por ese motivo, directamente no se permite que un nodo vuelva al recorrido en el que se encontraba por $|T|$ iteraciones.

5.5 Criterio de aspiración

Para permitir que un movimiento tabú m sea aceptado, consideramos razonable aceptar dicho movimiento si la solución obtenida de aplicar m a s es mejor a la mejor encontrada hasta el momento. Definimos entonces la función de penalización $a(s,m) = f(s \oplus m)$, y la función de aspiración $A(s,m) = f(s^*)$

5.6 El algoritmo

La implementación del algoritmo consta de dos partes: la primera encuentra una solución inicial válida, o sea, una solución que atienda todos los pedidos y que cumpla con las restricciones obligatorias.

La segunda parte es la aplicación de Tabu Search, cuyo objetivo es mejorar la solución encontrada inicialmente. Para ello se mueve iterativamente de una solución a otra, generando en cada paso un conjunto de soluciones vecinas a la solución actual, y luego moviéndose a la mejor solución del conjunto.

A continuación veremos cómo se desarrollan estas etapas, y las estructuras de datos utilizadas por el algoritmo.

5.6.1 Estructuras de datos utilizadas

Pedidos

En esta estructura se guardan los datos de entrada de todos los pedidos que se deben atender: punto de carga, punto de descarga, fecha de carga, fecha de arribo, tiempo de carga y cantidad de vagones.

Vagones y Locomotoras

Estas estructuras de datos contienen la fecha en que se encuentran disponibles cada uno de los vagones y las locomotoras, y la ubicación que tendrán en esa fecha. No lleva el control de sus posiciones en cada momento, ya que para asignar un vagón (o una locomotora) a un nuevo pedido sólo es necesario saber en que fecha quedará disponible, y en que ubicación se encontrará.

Grafo de pedidos

Se crea esta estructura de datos agregando dos nodos por cada pedido, uno como nodo de carga y otro como nodo de traslado. Ésto permite fácilmente que la carga y el traslado de un pedido puedan ser atendidos por distintos recorridos, comportándose como dos nodos independientes. También brinda una mayor facilidad para verificar que las dos etapas de un pedido son llevadas a cabo, ya que basta con ver que todo nodo es asignado a un recorrido.

En él se van registrando los recorridos, el nodo anterior y el siguiente a cada nodo, la fecha asignada para pasar a dejar vagones vacíos (nodos de carga) y la asignada para recoger los vagones llenos (nodos de traslado).

Recorridos

En esta estructura de datos se registran todos los datos sobre los recorridos que se van creando: el origen, destino, fecha inicial, fecha de llegada, y una lista de todos los nodos que recorre.

Trenes

Esta estructura de datos indica la locomotora y el conjunto de vagones que forman cada tren. Cada uno de ellos está asociado al recorrido al que fue asignado.

5.6.2 Solución Inicial

Para generar la solución inicial, se van creando los recorridos iterativamente hasta cubrir todos los nodos del grafo.

Para crear un recorrido se elige una locomotora (la primera disponible), y se eligen los nodos que puedan agregarse a ese recorrido, o sea, que cumplan con las restricciones vistas anteriormente y que no fueron asignados a otros recorridos, y de ellos elige el que se encuentra mas cerca del ultimo nodo elegido. Este procedimiento se describe en la Fig. 5.2.

```
Mientras queden nodos sin recorrer
  // Armar recorrido
  Elegir locomotora
  Elegir primer nodo
  Mientras HayMas y Tiempo(r) < C
    Elegir nodo
    Agregar nodo al recorrido
  fin_mientras
  Cerrar recorrido
fin_mientras
```

Fig. 5.2 : Solución Inicial

5.6.3 Procedimiento Tabu Search

Este procedimiento genera iterativamente conjuntos de soluciones, eligiendo la mejor de ellas en cada iteración, guardándola en la lista Tabú para no realizar el movimiento inverso en las siguientes soluciones vecinas. Cuando la solución encontrada es mejor que la mejor registrada hasta ese momento, se guarda y se repite el ciclo. El cuerpo del procedimiento se describe en la Fig. 5.3.

```
GuardarSolucion() // guarda solución inicial
costo_min = CalcularCostoTotal() // guarda el costo de la solución inicial
nbiter = 0
bestiter = 0
Mientras (nbiter - bestiter < NMAX)
    nbiter++;
    GenerarSoluciones(rec1,rec2,nodo);
    // genera soluciones, elige la mejor y actualiza los datos.
    // devuelve los dos recorridos y el nodo de la mejor solución encontrada.
    GuardarEnListaTabu(rec2,rec1,nodo);
    costo_total = CalcularCostoTotal()
    Si (costo_total < costo_min)
        GuardarSolucion();
        costo_min = costo_total;
        bestiter = nbiter;
    fin_si
fin_mientras
```

Fig. 5.3: Procedimiento TabuSearch

El procedimiento *GenerarSoluciones(rec1,rec2,nodo)* es el principal procedimiento que utiliza *TabuSearch*. Genera un conjunto de soluciones vecinas, guardando en cada paso la mejor solución encontrada hasta el momento.

En cada iteración elige dos recorridos al azar y un nodo perteneciente al primer recorrido, también elegido al azar. Calcula el costo de sacar dicho nodo del recorrido 1, y el costo de agregarlo al recorrido 2, buscando la mejor posición dentro del segundo donde insertarlo, teniendo en cuenta la longitud de los nuevos recorridos obtenidos, y las nuevas penalizaciones que pudieran generarse en el cruce. El cuerpo del procedimiento se describe en la Fig. 5.4.

```
Para i = 0 hasta CANTIDAD_ITERACIONES
  SeleccionarRecorridos(rec1,rec2,nodo)
  CalcularDiferenciaCosto(rec1,rec2,nodo,dif1,dif2,penalc_rec1,penalc_rec2,
                          penalf_rec1, penalf_rec2,f_ini_rec1,f_ini_rec2,
                          posicion,cierre,dif_penalD_rec1,dif_penalD_rec2);

  diferencia = dif1 + dif2 +
              (penalc_rec1 - PenalizacionC(rec1) + penalc_rec2 -
              PenalizacionC(rec2)) * PENALIZACION_CAPACIDAD +
              (penalf_rec1 - PenalizacionF(rec1) + penalf_rec2 -
              PenalizacionF(rec2)) * PENALIZACION_FECHA +
              (dif_penalD_rec1 + dif_penalD_rec2) * PENALIZACION_DIFERENCIA

  Si ((diferencia < menor_dif) && (No EsTabu(rec1,rec2,nodo)
    || diferencia < 0)) //CRITERIO DE ASPIRACION!!
    Guardo los datos de la mejor solución
  fin_si
fin_para

// Al salir del ciclo tengo la mejor solución
  PasarNodoARecorrido(recorrido1, recorrido2, nodo_c, posic_a_intercalar)
```

Fig. 5.4: Procedimiento GenerarSoluciones

El procedimiento *CalcularDiferenciaCosto* calcula el costo de sacar el nodo del recorrido 1, y de insertarlo en cada posición posible dentro del recorrido 2, buscando la mejor ubicación donde agregarlo.

Hay que tener en cuenta que para insertar el nodo en el recorrido 2 que si el otro nodo correspondiente al mismo pedido se encuentra en ese recorrido, debe hacerse en el orden correcto. Con esto queremos decir que si se desea insertar un nodo de carga, y el nodo de traslado se encuentra en el segundo recorrido, entonces debe insertarse antes de este último. De la misma manera, si el nodo a insertar es de traslado y el nodo de carga se encuentra en ese recorrido, debe insertarse el primero después del segundo.

Una vez que termina las iteraciones se guarda la mejor solución encontrada, actualizando todos los cambios producidos por el cruzamiento: el pase del nodo de un recorrido a otro, el pase de los vagones de un tren a otro, la actualización de las penalizaciones y la modificación de la distancia total.

6. Resultados computacionales

Este trabajo fue realizado en un computador personal, equipado con un procesador INTEL Pentium 4, de 1.6 Ghz y 256 Mb. de memoria RAM, y desarrollado en lenguaje Visual C++.

La metaheurística implementada fue desarrollada en distintas etapas. En cada una de ellas se fueron agregando mejoras hasta lograr una última versión que brindó una solución satisfactoria.

Los valores de ciertas variables que utiliza el algoritmo (cantidad de iteraciones a realizar, valor de las penalizaciones, etc.) fueron elegidos después de realizar sucesivas pruebas, tomando los datos que generaron mejores resultados. Los valores utilizados se muestran a continuación.

Valor de las variables

NMAX	CANT_ITER	CANT_MOVER_VAGONES	PENALIZACIÓN CAPACIDAD	PENALIZACIÓN FECHA	PENALIZACIÓN DIFERENCIA
1500	100	20	10000	1000	20000

Para realizar las pruebas se utilizaron cinco lotes de datos, tres de ellos con datos reales suministrados por la empresa E.T. (ver *Descripción del problema*), y dos generados al azar. De éstos últimos, el primero cuenta con ochenta pedidos, y se dio a los vagones y locomotoras una probabilidad de encontrarse en Rosario de un 25% y de un 75% de encontrarse en Bahía Blanca e igual proporción se asignó al destino de los pedidos (para conseguir una distribución mas realista, según la información brindada por la empresa). El segundo cuenta con cincuenta pedidos y una distribución pareja de los vagones y las locomotoras respecto de los dos puertos en que se encuentran ubicados.

A continuación describiremos la primera versión del algoritmo y las modificaciones posteriores.

Versión 1

Inicialmente implementamos un algoritmo en tres etapas, para 'achicar' el problema y no tener que resolver todo en un solo paso.

Como fue explicado anteriormente, el algoritmo busca una solución inicial asignando todos los pedidos a algún recorrido y luego se le aplica *Tabu Search* de manera de ir obteniendo mejoras a la solución inicial.

La metaheurística realiza el cruzamiento entre los recorridos, eligiendo nodos al azar, y cambiándolos de recorrido. Pero los vagones que eran asignados a cada pedido permanecían afectados al mismo pedido a lo largo de todo el algoritmo (etapa 1).

Es claro que el modelo así presentado es muy rígido, ya que la fecha de salida del tren depende de la fecha en que se encuentran disponibles los vagones que lo forman. Si a un pedido con una fecha de carga determinada se le asignan vagones con una fecha de disponibilidad posterior, no hay forma de entregarle los vagones a tiempo.

Igualmente en esta etapa queda fija la asignación de vagones, ya que son muchos los factores a tener en cuenta al realizar un cruzamiento. El problema de los vagones será tratado en un paso posterior.

Luego incorporamos el cambio de vagones entre pedidos. Se toman pares de pedidos y se cambian los vagones asignados a cada uno de ellos en caso de obtenerse mejores resultados. Debe cumplirse que los trenes a los que están incorporados los vagones vacíos de ambos pedidos se encuentren en el mismo origen (para poder cambiar los vagones de un tren al otro) (etapa2).

A diferencia de los vagones que son asignados a los pedidos, las locomotoras son asignadas a los trenes. La tercera etapa incorpora el cambio de locomotoras entre trenes y, tomando pares al azar, realiza el cambio cuando los resultados que se generan son favorables. Con estas tres etapas obtuvimos la primera versión del algoritmo.

Resultados obtenidos

Lote de datos 5

	COSTO	<i>DISTANCIA</i>	<i>PENALIZACIÓN DIFERENCIA</i>	<i>PENALIZACIÓN CAPACIDAD</i>	<i>PENALIZACIÓN FECHA</i>	<i>TIEMPO</i>
Etapa1	74708.3	23259.9	0	0	51.44	214 seg.
Etapa2	21627.7	21450.1	0	0	0.17	102 seg.
Etapa3	19626.5	19626.5	0	0	0	107 seg.

Esta versión funciona correctamente para lotes de aproximadamente cincuenta pedidos, donde la cantidad de recorridos necesarios para atenderlos no supera los cuarenta, y cada recorrido puede ser realizado por una locomotora distinta. El cuadro anterior muestra los resultados obtenidos de correr el algoritmo con el lote de datos 5 (lote generado al azar, con 50 pedidos)

Cuando la cantidad de recorridos supera los cuarenta y dos (que es la cantidad de locomotoras con las que cuenta la empresa), nos encontramos con un problema adicional que no se tuvo en cuenta en la primera versión: los recorridos que utilizan la misma locomotora no son independientes entre sí.

Cuando una locomotora termina un recorrido r_i , deja los vagones llenos en el destino, y parte para realizar un nuevo recorrido r_j . Agregar un nodo al recorrido r_i implica que la fecha de llegada será posterior a la que tenía asignada originalmente, y posiblemente posterior a la fecha inicial del recorrido r_j , con lo cual no llegaría a tiempo para empezar el segundo recorrido.

Versión 2 : Agregar Penalización

El primer método utilizado para resolver este problema fue agregar una penalización por diferencia de fechas, cuando la de salida de un tren t_2 es anterior a la de llegada de un tren t_1 y ambos trenes utilizan la misma locomotora.

Este método generó soluciones factibles, donde cada locomotora llegaba a tiempo para partir al nuevo recorrido, pero los resultados no fueron ‘buenos’ respecto al costo total.

Resultados obtenidos

	COSTO	DISTANCIA	PENALIZACIÓN DIFERENCIA	PENALIZACIÓN CAPACIDAD	PENALIZACIÓN FECHA	TIEMPO
Lote1	159826	41079.1	0.85	1	91.61	128 seg.
Lote2	154402	39209.7	0	0	114.89	192 seg.
Lote3	407732	39333.4	0	0	368.39	147 seg.
Lote4	180923	43521.3	0.44	5	78.59	100 seg.

Versión 3 : Agregar Penalización II

Según surge de los resultados obtenidos en la versión anterior, acomodar los trenes para que no existan conflictos entre las fechas de llegada y de salida de las locomotoras ‘desacomoda’ los recorridos en otros sentidos, especialmente en el cumplimiento de las fechas de carga y descarga.

Para que este inconveniente ocurra ‘lo menos posible’ asignamos todas las locomotoras de manera que cada una realice a lo sumo dos recorridos. Los resultados muestran una mejoría respecto a la versión anterior.

Resultados obtenidos

	COSTO	DISTANCIA	PENALIZACIÓN DIFERENCIA	PENALIZACIÓN CAPACIDAD	PENALIZACIÓN FECHA	TIEMPO
Lote1	165131	34063.9	0	0	131.06	138 seg.
Lote2	114780	36949.2	0	0	77.83	123 seg.
Lote3	52619.2	35935.1	0	0	16.68	201 seg.
Lote4	65688	45048	0	0	20.64	114 seg.

Versión 4 : Dividir Pedidos

En esta versión se volvió a la idea de la primera, donde los resultados eran adecuados para casos de menos de cincuenta pedidos. La metodología utilizada consiste en separar los pedidos en dos grupos y buscar una solución para cada uno.

En un primer paso se toman los primeros cincuenta pedidos y se les aplica *Tabu Search*, obteniendo una solución que cumple los requisitos esperados. Una vez terminada esa etapa se guardan los resultados y se actualizan las fechas y ubicaciones de las locomotoras y vagones al final del ciclo. Luego se aplica *Tabu Search* a los pedidos restantes sin problemas.

Resultados obtenidos

	COSTO	DISTANCIA	PENALIZACIÓN DIFERENCIA	PENALIZACIÓN CAPACIDAD	PENALIZACIÓN FECHA	TIEMPO
Lote1	29160.4	29160.4	0	0	0	240 seg.
Lote2	29367.4	29367.4	0	0	0	139 seg.
Lote3	30857.2	30857.2	0	0	0	194 seg.
Lote4	31279.6	31279.6	0	0	0	111 seg.

Versión 5 : Combinar Ambas

La versión anterior muestra efectividad al momento de cumplir con los requisitos solicitados. Sin embargo, podría ser conveniente que algún nodo perteneciente a un recorrido del primer grupo forme parte de un recorrido del segundo grupo y viceversa. Por eso se agregó una nueva etapa, en la que se permite el intercambio de nodos entre todos los recorridos, de la siguiente manera:

Primero se corre el algoritmo de la versión anterior, obteniendo una 'buena' solución. Luego se toma esa solución como inicial y se aplica nuevamente *Tabu Search*, agregando la penalización por diferencia de fechas de la versión 2, si fuera necesario. De esa manera, se pueden cruzar nodos entre los recorridos de ambos grupos.

Por lo que muestran los resultados, muchas veces la solución utilizada como inicial parece ser suficientemente buena y la aplicación de *Tabu Search* no genera mejoras sobre ella. Ocasionalmente encuentra recorridos más cortos y cuando la solución inicial tuviera alguna penalización distinta de cero, la aplicación de *Tabu Search* lleva esos valores a cero.

Resultados obtenidos

	COSTO	DISTANCIA	PENALIZACIÓN DIFERENCIA	PENALIZACIÓN CAPACIDAD	PENALIZACIÓN FECHA	TIEMPO
Lote1	29499.7	29499.7	0	0	0	286 seg.
Lote2	28783.8	28783.8	0	0	0	198 seg.
Lote3	28068	28068	0	0	0	202 seg.
Lote4	31242.2	31242.2	0	0	0	166 seg.

Versión 6 : Permitir Cambio Origen

Cuando un nodo de traslado es pasado de un recorrido a otro, es claro que para llevar la mercadería al punto de descarga correspondiente el segundo recorrido debe tener el mismo destino que el primero.

Pero cuando el nodo es de carga, el trato es diferente. En las versiones anteriores, eran cruzados los nodos entre recorridos con igual origen, para que los vagones destinados a dicha terminal fueran pasados directamente de un tren a otro.

Para dar una mayor flexibilidad al cruce de vagones, esta última etapa incorpora el cruce de un nodo entre dos recorridos de origen distinto. En ese caso, deben sacarse del tren los vagones que se encontraban en el origen inicial y reasignar los vagones necesarios desde el nuevo origen.

Esta versión se realizó para achicar la distancia total, ya que de los resultados obtenidos surgen ciudades ubicadas cerca de Rosario, pertenecientes a recorridos que empiezan en Bahía Blanca. La idea es que esas ciudades puedan pasar a formar parte de recorridos originados en Rosario.

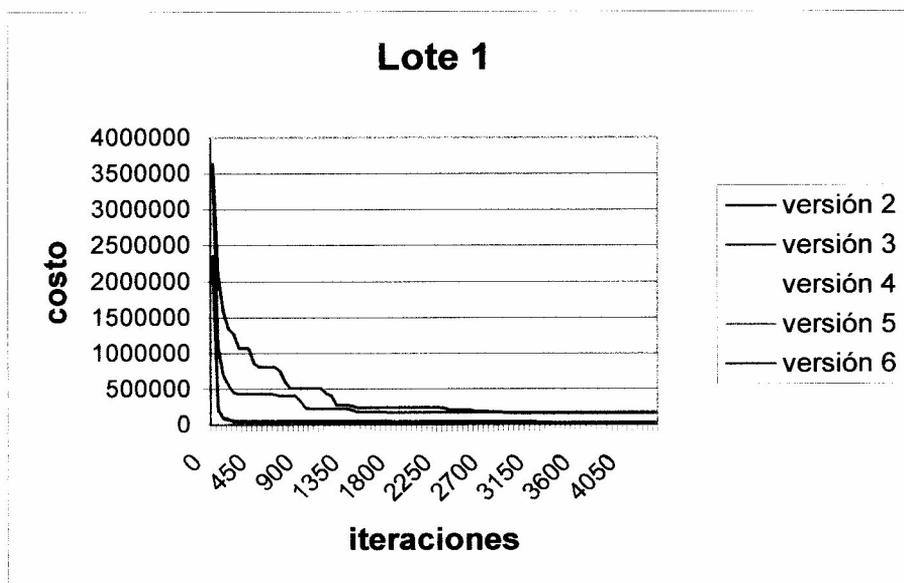
Sin embargo los resultados no muestran ninguna mejoría. Esto se debe a que la distribución está muy desbalanceada y no hay suficientes locomotoras ubicadas en Rosario para empezar los recorridos desde allí.

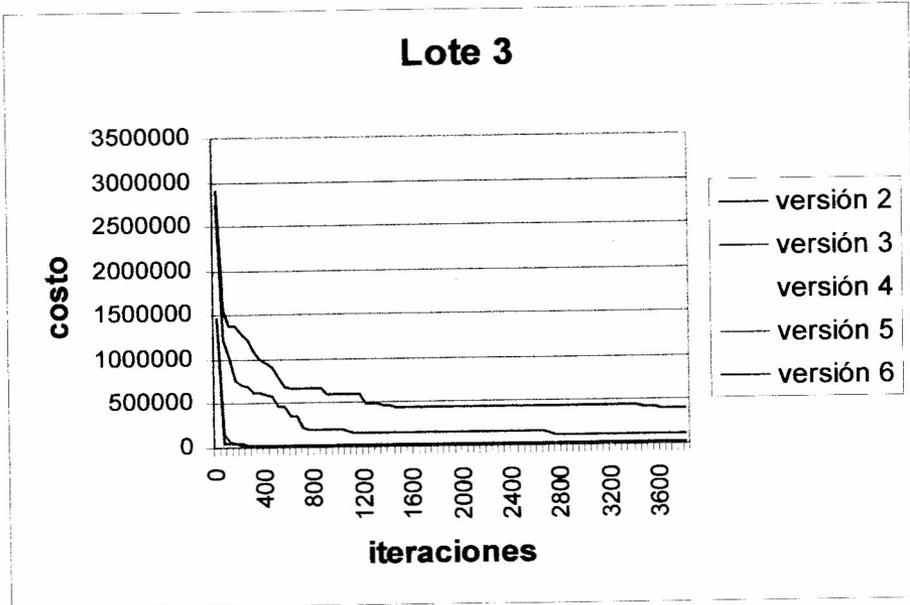
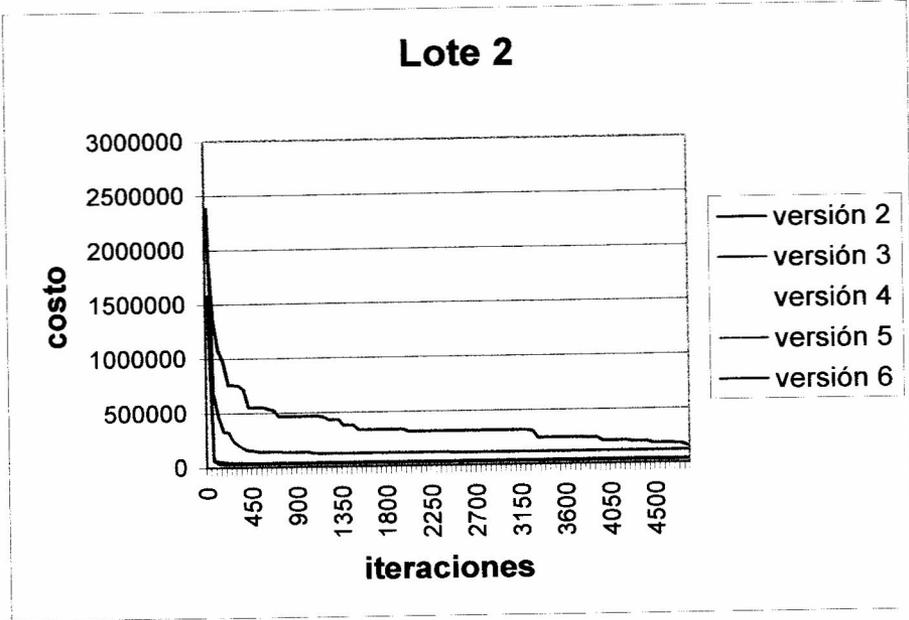
Resultados obtenidos

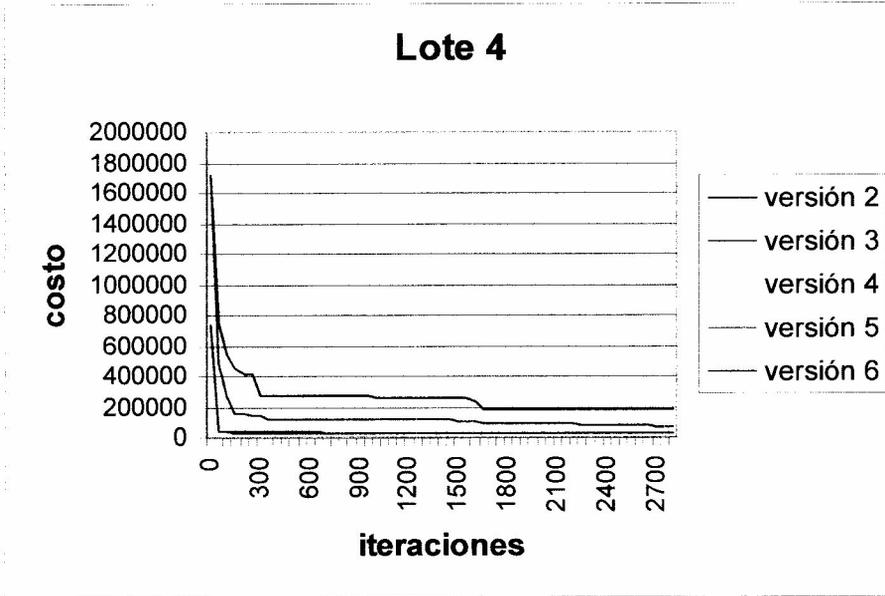
	COSTO	DISTANCIA	PENALIZACIÓN DIFERENCIA	PENALIZACIÓN CAPACIDAD	PENALIZACIÓN FECHA	TIEMPO
Lote1	28782.2	28782.2	0	0	0	529 seg.
Lote2	38010.5	29740.2	0	0	8.2	661 seg.
Lote3	29440.8	29067.7	0	0	0.37	617 seg.
Lote4	31552.9	31552.9	0	0	0	824 seg.

6.1 Análisis de la performance del algoritmo

Los gráficos siguientes nos muestran los resultados obtenidos y las mejoras logradas con las nuevas versiones desarrolladas. Para cada lote de datos podemos observar la función de costo de las distintas versiones, que muestra una marcada disminución a medida que avanza cada versión.







6.2 Reporte final

Una vez obtenida la solución, debemos informar cómo armar los recorridos y los trenes.

En el Anexo I vemos una copia del Reporte Tentativo Diario de Movimientos (R.T.M.) de los tres primeros lotes de datos (datos reales).

La planilla muestra, para cada tren, la locomotora asignada, el punto de origen, la fecha de salida y el recorrido que debe realizar.

Cada terminal del recorrido indica la cantidad de vagones que debe dejar o recoger el tren. VAG V/C = 20/0 indica que deben dejarse veinte vagones vacíos. De igual forma, VAG V/C = 0/20 indica que veinte vagones deben ser recogidos. También se indica, según el caso, la fecha de carga o de llegada programada (solicitada por el cliente), y las fechas reales en que pasará el tren.

7. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos, puede concluirse que herramientas como *Tabu Search* son efectivas para resolver este tipo de problemas.

Los resultados fueron acordes con los esperados, ya que encuentra soluciones que satisfacen los requerimientos solicitados en pocos minutos.

Es una técnica sencilla de implementar, que permitió además realizar el trabajo en etapas, lo que facilitó su desarrollo.

En este trabajo nos encontramos con una dificultad adicional al contar con una demanda muy desbalanceada, que trajo como consecuencia la acumulación de vagones vacíos y de locomotoras en el punto donde se recibe mayor cantidad de cargas, en este caso, Bahía Blanca.

Para complementar este trabajo sería interesante desarrollar una heurística que estudie la demanda de vagones y locomotoras en los dos puertos de descarga, de manera de mantener balanceada la distribución de los vagones vacíos con respecto a las demandas. Ello ayudaría a mejorar las respuestas a las solicitudes y, a su vez, minimizaría los costos asociados a su movimiento.

Anexo I

Reporte Tentativo Diario de Movimientos (R.T.M.)

Semana: 7/10/99 al 13/10/99

PEDIDO	LOC	VAG	V/C	ORIGEN	F CARG PG	F LLEG.PG	F CARG.REAL	F LLEG.REAL
Nro Tren: 0				Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 7/10/99 0:00			
27850	8	10/0		TRENQUE LAUQUEN	8/10/99 0:00		7/10/99 6:07	
27771	8	10/0		PEHUAJO	8/10/99 0:00		7/10/99 7:42	
27771	8	0/30		PEHUAJO		9/10/99 18:00		8/10/99 9:25
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 6				Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 7/10/99 0:00			
27771	11	30/0		PEHUAJO	8/10/99 0:00		7/10/99 7:42	
27851	11	0/30		TRENQUE LAUQUEN		10/10/99 18:00		11/10/99 6:15
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 7				Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 8/10/99 0:00			
27880	12	28/0		MERCADO VICTORIA	8/10/99 0:00		8/10/99 6:35	
				ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 20				Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 8/10/99 0:00			
27882	5	30/0		CNEL. SUAREZ	8/10/99 0:00	8/10/99 3:26		
27882	5	0/30		CNEL. SUAREZ		10/10/99 19:30		10/10/99 2:22
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 4				Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 9/10/99 0:00			
27882	16	3/0		CNEL. SUAREZ	8/10/99 0:00		9/10/99 3:26	
27804	16	4/0		DAIREAUX	8/10/99 0:00		9/10/99 8:16	
27769	16	10/0		AMERICA	8/10/99 0:00		9/10/99 22:44	
27769	16	0/10		AMERICA		9/10/99 6:00		11/10/99 1:28
27823	16	4/0		VILLEGAS	9/10/99 0:00		10/10/99 11:26	
27823	16	0/4		VILLEGAS		10/10/99 2:50		11/10/99 1:28
27829	16	6/0		VILLEGAS	12/10/99 0:00		10/10/99 14:16	
27822	16	0/4		VILLEGAS		9/10/99 2:50		11/10/99 1:28
27850	16	0/10		TRENQUE LAUQUEN		9/10/99 6:00		11/10/99 1:28
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 8				Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 9/10/99 0:00			
27511	14	6/0		HUERGO DELFIN	10/10/99 0:00		9/10/99 3:15	
27881	14	10/0		MERCADO VICTORIA	11/10/99 0:00		9/10/99 6:35	
27822	14	4/0		VILLEGAS	8/10/99 0:00		9/10/99 9:02	
27822	14	0/30		VILLEGAS		9/10/99 21:18		10/10/99 13:19
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 10				Origen: ROSARIO	Fecha y Hora de Salida Prog. : 9/10/99 0:00			
27822	1	30/0		VILLEGAS	8/10/99 0:00	9/10/99 6:59		
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 15				Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 9/10/99 0:00			
27850	7	30/0		TRENQUE LAUQUEN	8/10/99 0:00		9/10/99 6:07	
27825	7	0/23		VILLEGAS		14/10/99 23:55		13/10/99 3:59
27929	7	0/6		17 DE AGOSTO		15/10/99 12:00		13/10/99 3:59
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 18				Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 9/10/99 0:00			
27778	13	20/0		ARROYO CORTO	11/10/99 0:00		9/10/99 2:49	
27804	13	0/30		DAIREAUX		9/10/99 21:18		10/10/99 3:50
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 26				Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 9/10/99 0:00			
27858	9	10/0		CATRILO	11/10/99 0:00		9/10/99 5:03	
27771	9	0/10		PEHUAJO		9/10/99 6:00		10/10/99 22:36
27851	9	10/0		TRENQUE LAUQUEN	9/10/99 0:00		9/10/99 9:17	
27851	9	0/10		TRENQUE LAUQUEN		10/10/99 6:00		10/10/99 22:36
27912	9	2/0		ARROYO CORTO	8/10/99 0:00		9/10/99 20:53	
27912	9	0/2		ARROYO CORTO		9/10/99 12:00		10/10/99 22:36
27882	9	0/3		CNEL. SUAREZ		9/10/99 4:21		10/10/99 22:36
27806	9	4/0		DAIREAUX	12/10/99 0:00		10/10/99 14:20	
27804	9	0/4		DAIREAUX		9/10/99 2:50		10/10/99 22:36
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			

PEDIDO	LOC	VAG V/C	ORIGEN	F CARG PG	F LLEG.PG	F CARG.REAL	F LLEG.REAL
Nro Tren: 27 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 9/10/99 0:00							
27804	15	30/0	DAIREAUX	8/10/99 0:00		9/10/99 8:16	
27815	15	0/30	DAIREAUX		14/10/99 20:06		14/10/99 12:38
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 33 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 9/10/99 0:00							
27769	6	30/0	AMERICA	8/10/99 0:00		9/10/99 9:33	
27769	6	0/30	AMERICA		9/10/99 18:00		10/10/99 13:07
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 1 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 10/10/99 0:00							
27823	17	30/0	VILLEGAS	9/10/99 0:00		10/10/99 9:02	
27881	17	0/10	MERCADO VICTORIA		12/10/99 6:00		10/10/99 18:04
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 21 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 10/10/99 0:00							
27851	10	30/0	TRENQUE LAUQUEN	9/10/99 0:00		10/10/99 6:07	
27852	10	0/30	TRENQUE LAUQUEN		12/10/99 18:00		11/10/99 6:15
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 25 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 10/10/99 0:00							
27852	18	30/0	TRENQUE LAUQUEN	11/10/99 0:00		10/10/99 6:07	
27868	18	0/30	AMERICA		13/10/99 18:00		12/10/99 13:07
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 42 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 10/10/99 0:00							
27806	19	30/0	DAIREAUX	12/10/99 0:00		10/10/99 8:16	
27807	19	0/30	DAIREAUX		14/10/99 21:17		13/10/99 13:50
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 46 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 10/10/99 0:00							
27511	20	30/0	HUERGO DELFIN	10/10/99 0:00		10/10/99 3:15	
27823	20	0/30	VILLEGAS		10/10/99 21:17		11/10/99 15:22
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 9 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 10/10/99 14:22							
27868	5	30/0	AMERICA	12/10/99 0:00		10/10/99 23:55	
27880	5	0/28	MERCADO VICTORIA		10/10/99 0:04		1/10/99 12:10
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 3 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 11/10/99 0:00							
27853	22	30/0	TRENQUE LAUQUEN	12/10/99 0:00		11/10/99 6:07	
27850	22	0/30	TRENQUE LAUQUEN		9/10/99 18:00		11/10/99 12:15
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 12 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 11/10/99 0:00							
27805	24	30/0	DAIREAUX	10/10/99 0:00		11/10/99 8:16	
27806	24	0/30	DAIREAUX		13/10/99 21:17		12/10/99 9:13
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 17 Origen: ROSARIO Fecha y Hora de Salida Prog. : 11/10/99 0:00							
27881	2	30/0	MERCADO VICTORIA	11/10/99 0:00		11/10/99 8:11	
27511	2	0/30	HUERGO DELFIN		11/10/99 20:06		11/10/99 14:47
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 28 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 11/10/99 0:00							
27875	21	30/0	PUAN	13/10/99 0:00		11/10/99 3:06	
27511	21	0/6	HUERGO DELFIN		11/10/99 4:01		11/10/99 8:05
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 30 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 11/10/99 0:00							
27828	25	30/0	VILLEGAS	10/10/99 0:00		11/10/99 9:02	
27827	25	0/30	VILLEGAS		15/10/99 18:53		14/10/99 12:58
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 31 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 11/10/99 0:00							
27858	23	30/0	CATRILO	11/10/99 0:00		11/10/99 5:03	
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 19 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 11/10/99 1:07							
27926	6	3/0	ING.WHITE	13/10/99 0:00		11/10/99 1:15	
27805	6	4/0	DAIREAUX	10/10/99 0:00		11/10/99 9:23	
27807	6	0/4	DAIREAUX		14/10/99 2:50		13/10/99 10:19
27875	6	6/0	PUAN	13/10/99 0:00		12/10/99 19:33	
27875	6	0/6	PUAN		14/10/99 4:01		13/10/99 10:19
27873	6	0/6	PUAN		13/10/99 4:01		13/10/99 10:19
27853	6	0/10	TRENQUE LAUQUEN		13/10/99 6:00		13/10/99 10:19
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 45 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 11/10/99 1:50							
27944	13	30/0	MERCADO VICTORIA	12/10/99 0:00		11/10/99 8:26	
27944	13	0/30	MERCADO VICTORIA		13/10/99 18:00		12/10/99 9:02

PEDIDO	LOC	VAG	V/C	ORIGEN	F CARG PG	F LLEG.PG	F CARG.REAL	F LLEG.REAL
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 51	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 11/10/99 21:55				
27884	9	20/0		SALLIQUELO	12/10/99 0:00		12/10/99 2:05	
27806	9	0/4		DAIREAUX		13/10/99 2:50		13/10/99 6:19
27778	9	0/20		ARROYO CORTO		15/10/99 0:00		13/10/99 6:19
27805	9	0/4		DAIREAUX		11/10/99 2:50		13/10/99 6:19
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 2	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 0:00				
27815	27	6/0		DAIREAUX	13/10/99 0:00		12/10/99 8:16	
27807	27	4/0		DAIREAUX	13/10/99 0:00		12/10/99 8:16	
27930	27	0/7		DAIREAUX		14/10/99 4:32		13/10/99 1:06
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 5	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 0:00				
27869	30	30/0		PEHUAJO	13/10/99 0:00		12/10/99 7:42	
27868	30	0/10		AMERICA		13/10/99 6:00		14/10/99 1:40
27886	30	0/20		SALLIQUELO		15/10/99 0:00		14/10/99 1:40
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 13	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 0:00				
27869	29	10/0		PEHUAJO	13/10/99 0:00		12/10/99 7:42	
27869	29	0/30		PEHUAJO		14/10/99 18:00		13/10/99 9:25
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 14	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 0:00				
27815	10	30/0		DAIREAUX	13/10/99 0:00		12/10/99 8:16	
27930	10	0/30		DAIREAUX		14/10/99 19:30		13/10/99 12:02
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 16	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 0:00				
27925	11	8/0		ING.WHITE	13/10/99 0:00		12/10/99 0:08	
27925	11	0/8		ING.WHITE		15/10/99 0:00		14/10/99 10:26
27924	11	22/0		D'ORBIGNY	13/10/99 0:00		13/10/99 4:14	
27924	11	0/22		D'ORBIGNY		15/10/99 1:57		14/10/99 10:26
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 22	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 0:00				
27917	8	8/0		CARHUE	12/10/99 0:00		12/10/99 3:58	
27874	8	6/0		PUAN 1	3/10/99 0:00		12/10/99 4:49	
27828	8	6/0		VILLEGAS	10/10/99 0:00		12/10/99 12:21	
27855	8	10/0		TRENQUE LAUQUEN	14/10/99 0:00		12/10/99 17:25	
27881	8	0/30		MERCADO VICTORIA		12/10/99 18:00		13/10/99 2:38
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 23	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 0:00				
27854	26	30/0		TRENQUE LAUQUEN	13/10/99 0:00		12/10/99 6:07	
27873	26	0/30		PUAN		13/10/99 20:06		14/10/99 2:18
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 34	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 0:00				
27807	28	30/0		DAIREAUX	13/10/99 0:00		12/10/99 8:16	
27933	28	0/13		CASCALLARES MICAELA		16/10/99 9:01		14/10/99 16:35
27917	28	0/8		CARHUE		14/10/99 0:00		14/10/99 16:35
27827	28	0/8		VILLEGAS		15/10/99 5:02		14/10/99 16:35
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 38	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 0:00				
27854	32	10/0		TRENQUE LAUQUEN	13/10/99 0:00		12/10/99 6:07	
27852	32	10/0		TRENQUE LAUQUEN	11/10/99 0:00		12/10/99 6:07	
27853	32	0/30		TRENQUE LAUQUEN		13/10/99 18:00		12/10/99 12:15
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 43	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 0:00				
27855	16	30/0		TRENQUE LAUQUEN	14/10/99 0:00		12/10/99 6:07	
27858	16	0/30		CATRILO		13/10/99 12:00		12/10/99 23:25
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 44	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 0:00				
27827	17	30/0		VILLEGAS	14/10/99 0:00		12/10/99 9:02	
27830	17	0/30		VILLEGAS		15/10/99 20:06		14/10/99 9:34
				ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 47	Origen: ROSARIO			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 0:00				
27933	3	13/0		CASCALLARES MICAELA	14/10/99 0:00		12/10/99 0:06	
27830	3	6/0		VILLEGAS	14/10/99 0:00		12/10/99 6:59	
27944	3	10/0		MERCADO VICTORIA	12/10/99 0:00		12/10/99 9:25	
27854	3	0/30		TRENQUE LAUQUEN		14/10/99 18:00		13/10/99 6:15
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 48	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 0:00				

PEDIDO	LOC	VAG V/C	ORIGEN	F CARG PG	F LLEG.PG	F CARG.REAL	F LLEG.REAL
27927	1	10/0	CATRILO	13/10/99 0:00		12/10/99 5:03	
27927	1	0/30	CATRILO		14/10/99 19:30		13/10/99 10:17
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 49	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 0:00			
27927	33	30/0	CATRILO	13/10/99 0:00		12/10/99 5:03	
27858	33	0/10	CATRILO		12/10/99 12:00		12/10/99 21:25
27869	33	0/10	PEHUAJO		14/10/99 6:00		12/10/99 21:25
27852	33	0/10	TRENQUE LAUQUEN		12/10/99 6:00		12/10/99 21:25
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 52	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 0:00			
27930	14	30/0	DAIREAUX	13/10/99 0:00		12/10/99 8:16	
27805	14	0/30	DAIREAUX		11/10/99 21:17		12/10/99 16:32
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 24	Origen: ROSARIO			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 0:15			
27829	22	30/0	VILLEGAS	12/10/99 0:00		12/10/99 7:14	
27830	22	0/6	VILLEGAS		10/99 4:01		13/10/99 1:57
27829	22	0/6	VILLEGAS		13/10/99 4:01		13/10/99 1:57
27927	22	0/10	CATRILO		14/10/99 6:30		13/10/99 1:57
27828	22	0/6	VILLEGAS		11/10/99 4:01		13/10/99 1:57
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 40	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 1:11			
27926	21	0/3	ING.WHITE		14/10/99 12:00		13/10/99 0:10
27873	21	6/0	PUAN	12/10/99 0:00		12/10/99 4:18	
27827	21	8/0	VILLEGAS	14/10/99 0:00		12/10/99 11:49	
27944	21	0/10	MERCADO VICTORIA	13/10/99 6:00		13/10/99 0:10	
27853	21	10/0	TRENQUE LAUQUEN	12/10/99 0:00		12/10/99 18:02	
27854	21	0/10	TRENQUE LAUQUEN		14/10/99 6:00		13/10/99 0:10
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 41	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 4:01			
27930	2	7/0	DAIREAUX	13/10/99 0:00		12/10/99 12:17	
27855	2	0/30	TRENQUE LAUQUEN		15/10/99 18:00		13/10/99 6:15
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 35	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 5:59			
27929	12	6/0	17 DE AGOSTO	14/10/99 0:00		12/10/99 7:55	
27825	12	23/0	VILLEGAS	13/10/99 0:00		12/10/99 15:01	
27828	12	0/30	VILLEGAS		11/10/99 20:06		12/10/99 22:00
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 50	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 7:22			
27886	20	20/0	SALLIQUELO	13/10/99 0:00		12/10/99 11:32	
27884	20	0/20	SALLIQUELO		14/10/99 0:00		13/10/99 6:15
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 53	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 18:15			
27815	23	0/6	DAIREAUX		14/10/99 4:01		14/10/99 17:21
27883	23	20/0	TRES LOMAS	12/10/99 0:00		13/10/99 12:38	
27883	23	0/20	TRES LOMAS		14/10/99 0:00		14/10/99 17:21
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 36	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 12/10/99 21:26			
27830	31	30/0	VILLEGAS	14/10/99 0:00		13/10/99 6:29	
27829	31	0/30	VILLEGAS		13/10/99 20:06		13/10/99 13:28
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 11	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 13/10/99 0:00			
27873	34	30/0	PUAN	12/10/99 0:00		13/10/99 3:06	
27874	34	0/30	PUAN		14/10/99 20:06		14/10/99 2:18
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 29	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 13/10/99 0:00			
27874	36	0/6	PUAN	14/10/99 4:01		14/10/99 11:02	
27885	36	20/0	TRES LOMAS	13/10/99 0:00		13/10/99 6:19	
27885	36	0/20	TRES LOMAS		15/10/99 0:00		14/10/99 11:02
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 32	Origen: ROSARIO			Fecha y Hora de Salida Prog. : 13/10/99 0:00			
27868	4	10/0	AMERICA	12/10/99 0:00		13/10/99 8:56	
27855	4	0/10	TRENQUE LAUQUEN		15/10/99 6:00		13/10/99 18:30
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 39	Origen: BAHIA BLANCA			Fecha y Hora de Salida Prog. : 13/10/99 0:00			
27874	35	30/0	PUAN	13/10/99 0:00		13/10/99 3:06	
27875	35	0/30	PUAN		14/10/99 20:06		13/10/99 6:12
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			

Reporte Tentativo Diario de Movimientos (R.T.M.)

Semana: 14/10/99 al 20/10/99

PEDIDO	LOC	VAG	V/C	ORIGEN	F CARG PG	F LLEG.PG	F CARG.REAL	F LLEG.REAL
Nro Tren: 9 Origen: ROSARIO Fecha y Hora de Salida Prog. : 14/10/99 0:00								
27936	2	10/0		QUEMU QUEMU	15/10/99 0:00		14/10/99 9:00	
27888	2	20/0		SALLIQUELO	16/10/99 0:00		14/10/99 11:48	
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 10 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 14/10/99 0:00								
27928	12	10/0		CATRILO	15/10/99 0:00		14/10/99 5:03	
27857	12	10/0		TRENQUE LAUQUEN	16/10/99 0:00		14/10/99 6:07	
27856	12	10/0		TRENQUE LAUQUEN	15/10/99 0:00		14/10/99 6:07	
27856	12	0/30		TRENQUE LAUQUEN		16/10/99 18:00		16/10/99 6:15
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 29 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 14/10/99 0:00								
27513	9	30/0		RIVERA	15/10/99 0:00		14/10/99 3:33	
27513	9	0/30		RIVERA		16/10/99 20:06		15/10/99 3:12
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 31 Origen: ROSARIO Fecha y Hora de Salida Prog. : 14/10/99 0:00								
27831	1	6/0		VILLEGAS	16/10/99 0:00		14/10/99 6:59	
27945	1	10/0		MERCADO VICTORIA	15/10/99 0:00		14/10/99 9:25	
27945	1	0/10		MERCADO VICTORIA		16/10/99 6:00		15/10/99 11:12
27809	1	4/0		DAIREAUX	17/10/99 0:00		15/10/99 2:55	
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 4 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 15/10/99 0:00								
27935	15	7/0		PIGUE	16/10/99 0:00		15/10/99 2:40	
27931	15	8/0		PIGUE	15/10/99 0:00		15/10/99 2:40	
27935	15	0/7		PIGUE		18/10/99 0:00		17/10/99 10:20
27877	15	6/0		PUAN	16/10/99 0:00		16/10/99 3:58	
27877	15	0/6		PUAN		17/10/99 4:01		17/10/99 10:20
27876	15	6/0		PUAN	15/10/99 0:00		16/10/99 7:59	
27879	15	0/6		PUAN		19/10/99 4:01		17/10/99 10:20
27878	15	0/6		PUAN		18/10/99 4:01		17/10/99 10:20
27808	15	0/4		DAIREAUX		16/10/99 2:50		17/10/99 10:20
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 5 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 15/10/99 0:00								
27876	13	30/0		PUAN	15/10/99 0:00		15/10/99 3:06	
27876	13	0/6		PUAN		16/10/99 4:01		18/10/99 3:13
27943	13	0/15		ARROYO CORTO		20/10/99 0:00		18/10/99 3:13
27941	13	0/6		CNEL. SUAREZ		20/10/99 0:00		18/10/99 3:13
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 6 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 15/10/99 0:00								
27931	17	30/0		PIGUE	15/10/99 0:00		15/10/99 2:40	
27931	17	0/30		PIGUE		16/10/99 18:53		16/10/99 0:14
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 14 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 15/10/99 0:00								
27856	16	30/0		TRENQUE LAUQUEN	15/10/99 0:00		15/10/99 6:07	
27857	16	0/30		TRENQUE LAUQUEN		17/10/99 18:00		17/10/99 10:56
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 15 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 15/10/99 0:00								
27945	10	30/0		MERCADO VICTORIA	15/10/99 0:00		15/10/99 6:35	
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 22 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 15/10/99 0:00								
27928	18	30/0		CATRILO	15/10/99 0:00		15/10/99 5:03	
27856	18	0/10		TRENQUE LAUQUEN		16/10/99 6:00		15/10/99 14:14
27857	18	0/10		TRENQUE LAUQUEN		17/10/99 6:00		15/10/99 14:14
27931	18	0/8		PIGUE		16/10/99 5:02		15/10/99 14:14
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 34 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 15/10/99 0:00								
27808	19	30/0		DAIREAUX	15/10/99 0:00		15/10/99 8:16	
27796	19	0/30		DAIREAUX		21/10/99 20:05		20/10/99 2:56
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 2 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 16/10/99 0:00								
27943	20	15/0		ARROYO CORTO	18/10/99 0:00		16/10/99 2:49	
27808	20	4/0		DAIREAUX	15/10/99 0:00		16/10/99 8:16	
27937	20	3/0		CNEL. SUAREZ	18/10/99 0:00		16/10/99 13:06	

PEDIDO	LOC	VAG V/C	ORIGEN	F CARG PG	F LLEG.PG	F CARG.REAL	F LLEG.REAL
27942	20	1/0	CURA MALAL	18/10/99 0:00		16/10/99 13:23	
27878	20	6/0	PUAN	17/10/99 0:00		16/10/99 15:09	
27879	20	0/30	PUAN	19/10/99 20:06		18/10/99 2:18	
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 7	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 16/10/99 0:00				
27831	14	30/0	VILLEGAS	16/10/99 0:00		16/10/99 9:02	
27831	14	0/30	VILLEGAS		17/10/99 20:06		17/10/99 12:07
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 24	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 16/10/99 0:00				
27958	21	15/0	CATRILO	15/10/99 0:00		16/10/99 5:03	
27513	21	6/0	RIVERA	15/10/99 0:00		16/10/99 6:33	
27513	21	0/6	RIVERA		16/10/99 4:01		17/10/99 10:06
27941	21	6/0	CNEL. SUAREZ	18/10/99 0:00		16/10/99 14:11	
27958	21	0/15	CATRILO		17/10/99 0:00		17/10/99 10:06
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 28	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 16/10/99 0:00				
27936	11	30/0	QUEMU QUEMU	15/10/99 0:00		16/10/99 5:46	
27928	11	0/10	CATRILO		16/10/99 12:00		17/10/99 14:46
27936	11	0/10	QUEMU QUEMU		16/10/99 6:00		17/10/99 14:46
27831	11	0/6	VILLEGAS		17/10/99 4:01		17/10/99 14:46
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 52	Origen: ROSARIO		Fecha y Hora de Salida Prog. : 16/10/99 0:00				
27857	3	30/0	TRENQUE LAUQUEN	16/10/99 0:00		16/10/99 10:48	
27908	3	0/30	PEHUAJO		20/10/99 18:00		19/10/99 9:25
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 23	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 16/10/99 6:10				
27879	10	6/0	PUAN	18/10/99 0:00		16/10/99 9:16	
27887	10	20/0	TRES LOMAS	16/10/99 0:00		16/10/99 12:29	
27859	10	0/30	CATRILO		20/10/99 6:00		18/10/99 16:06
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 43	Origen: ROSARIO		Fecha y Hora de Salida Prog. : 16/10/99 12:14				
27932	17	5/0	BIGAND	18/10/99 0:00		16/10/99 13:52	
27918	17	18/0	MARIA TERESA	18/10/99 0:00		16/10/99 15:01	
27914	17	0/20	TRES LOMAS		20/10/99 0:00		19/10/99 22:37
27809	17	0/4	DAIREAUX		18/10/99 2:50		19/10/99 22:37
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 16	Origen: ROSARIO		Fecha y Hora de Salida Prog. : 16/10/99 20:47				
27913	1	20/0	SALLIQUELO	18/10/99 0:00		17/10/99 8:35	
27809	1	0/30	DAIREAUX		18/10/99 21:17		18/10/99 13:50
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 13	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 17/10/99 0:00				
27879	26	30/0	PUAN	18/10/99 0:00		17/10/99 3:06	
27928	26	0/30	CATRILO		17/10/99 12:00		17/10/99 16:22
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 18	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 17/10/99 0:00				
27878	27	30/0	PUAN	17/10/99 0:00		17/10/99 3:06	
27878	27	0/30	PUAN		18/10/99 20:06		18/10/99 2:18
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 27	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 17/10/99 0:00				
27877	24	30/0	PUAN	16/10/99 0:00		17/10/99 3:06	
27876	24	0/30	PUAN		16/10/99 20:06		17/10/99 6:12
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 30	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 17/10/99 0:00				
27832	25	30/0	VILLEGAS	19/10/99 0:00		17/10/99 9:02	
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 33	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 17/10/99 0:00				
27859	28	30/0	CATRILO	18/10/99 0:00		17/10/99 5:03	
27936	28	0/30	QUEMU QUEMU		16/10/99 18:00		17/10/99 14:47
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 50	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 17/10/99 0:00				
27809	9	30/0	DAIREAUX	17/10/99 0:00		17/10/99 8:16	
27811	9	0/30	DAIREAUX		21/10/99 21:17		20/10/99 11:17
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 0	Origen: ROSARIO		Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 0:00				
27953	2	11/0	BIGAND	20/10/99 0:00		18/10/99 1:37	
27946	2	0/10	MERCADO VICTORIA		20/10/99 6:00		20/10/99 9:37
27916	2	0/20	TRES LOMAS		22/10/99 0:00		20/10/99 9:37

PEDIDO	LOC	VAG V/C	ORIGEN	F CARG PG	F LLEG.PG	F CARG.REAL	F LLEG.REAL
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 1	Origen: ROSARIO		Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 0:00				
27890	5	10/0	TRENQUE LAUQUEN	19/10/99 0:00		18/10/99 10:48	
27833	5	6/0	VILLEGAS	20/10/99 0:00		18/10/99 15:52	
27832	5	0/30	VILLEGAS		0/10/99 20:06		18/10/99 22:51
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 3	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 0:00				
27902	29	30/0	AMERICA	20/10/99 0:00		18/10/99 9:33	
27889	29	0/30	TRENQUE LAUQUEN		19/10/99 18:00		20/10/99 6:15
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 8	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 0:00				
27916	30	20/0	TRES LOMAS	20/10/99 0:00		18/10/99 4:43	
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 20	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 0:00				
27914	31	20/0	TRES LOMAS	18/10/99 0:00		18/10/99 4:43	
27892	31	10/0	TRENQUE LAUQUEN 2	0/10/99 0:00		18/10/99 8:26	
27891	31	0/30	TRENQUE LAUQUEN		21/10/99 18:00		20/10/99 6:15
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 25	Origen: ROSARIO		Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 0:00				
27955	4	11/0	BOMBAL	20/10/99 0:00		18/10/99 1:51	
27915	4	0/20	SALLIQUELO		22/10/99 0:00		20/10/99 8:19
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 26	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 0:00				
27946	22	30/0	MERCADO VICTORIA	19/10/99 0:00		18/10/99 6:35	
27945	22	0/30	MERCADO VICTORIA		16/10/99 18:00		18/10/99 13:11
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 38	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 0:00				
27800	16	30/0	DAIREAUX	19/10/99 0:00		18/10/99 8:16	
27816	16	0/30	DAIREAUX		21/10/99 20:05		20/10/99 2:56
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 40	Origen: ROSARIO		Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 0:00				
27966	6	27/0	VILLEGAS	17/10/99 0:00		18/10/99 6:59	
27832	6	0/6	VILLEGAS		20/10/99 4:01		19/10/99 20:02
27833	6	0/6	VILLEGAS		21/10/99 4:01		19/10/99 20:02
27932	6	0/5	BIGAND		20/10/99 0:00		19/10/99 20:02
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 44	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 0:00				
27890	33	30/0	TRENQUE LAUQUEN	19/10/99 0:00		18/10/99 6:07	
27891	33	0/10	TRENQUE LAUQUEN		21/10/99 6:00		20/10/99 1:07
27902	33	0/10	AMERICA		21/10/99 6:00		20/10/99 1:07
27859	33	0/10	CATRILLO		19/10/99 10:00		20/10/99 1:07
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 51	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 0:00				
27816	18	30/0	DAIREAUX	20/10/99 0:00		18/10/99 8:16	
27808	18	0/30	DAIREAUX		16/10/99 21:17		18/10/99 16:32
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 55	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 0:00				
27908	12	30/0	PEHUAJO	19/10/99 0:00		18/10/99 7:42	
27888	12	0/20	SALLIQUELO		18/10/99 0:00		18/10/99 16:36
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 47	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 3:03				
27919	15	30/0	PUAN	20/10/99 0:00		18/10/99 6:09	
27946	15	0/30	MERCADO VICTORIA		20/10/99 18:00		19/10/99 8:47
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 39	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 4:56				
27940	24	20/0	GALVAN	18/10/99 0:00		18/10/99 5:00	
27890	24	0/30	TRENQUE LAUQUEN		20/10/99 18:00		20/10/99 0:31
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 46	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 14:18				
27796	26	30/0	DAIREAUX	20/10/99 0:00		18/10/99 22:34	
27800	26	0/30	DAIREAUX	20/10/99 19:30		19/10/99 12:02	
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 21	Origen: BAHIA BLANCA		Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 18:15				
27909	13	10/0	PEHUAJO	20/10/99 0:00		19/10/99 1:58	
27901	13	10/0	AMERICA	18/10/99 0:00		19/10/99 3:49	
27902	13	10/0	AMERICA	20/10/99 0:00		19/10/99 3:49	
27901	13	0/10	AMERICA		19/10/99 6:00		19/10/99 19:22

PEDIDO	LOC	VAG V/C	ORIGEN	F CARG PG	F LLEG.PG	F CARG.REAL	F LLEG.REAL
27889	13	0/10	TRENQUE LAUQUEN BAHIA BLANCA		19/10/99 6:00		19/10/99 19:22
Nro Tren: 37 Origen: ROSARIO Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 18:52							
27833	21	0/30	VILLEGAS ROSARIO	21/10/99 20:05		20/10/99 10:04	
Nro Tren: 41 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 18/10/99 21:26							
27811	14	30/0	DAIREAUX	20/10/99 0:00		19/10/99 5:43	
27810	14	0/30	DAIREAUX BAHIA BLANCA		20/10/99 21:17		20/10/99 13:50
Nro Tren: 11 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 19/10/99 0:00							
27891	34	10/0	TRENQUE LAUQUEN	20/10/99 0:00		19/10/99 6:07	
27890	34	0/10	TRENQUE LAUQUEN		20/10/99 6:00		19/10/99 12:24
27940	34	0/20	GALVAN BAHIA BLANCA		0/10/99 0:00		19/10/99 12:24
Nro Tren: 17 Origen: ROSARIO Fecha y Hora de Salida Prog. : 19/10/99 0:00							
27901	7	30/0	AMERICA	18/10/99 0:00		19/10/99 8:56	
27901	7	0/30	AMERICA BAHIA BLANCA		19/10/99 18:00		20/10/99 12:30
Nro Tren: 19 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 19/10/99 0:00							
27892	23	30/0	TRENQUE LAUQUEN	20/10/99 0:00		19/10/99 6:07	
27892	23	0/30	TRENQUE LAUQUEN BAHIA BLANCA		21/10/99 18:00		20/10/99 6:15
Nro Tren: 32 Origen: ROSARIO Fecha y Hora de Salida Prog. : 19/10/99 0:00							
27833	8	30/0	VILLEGAS	20/10/99 0:00		19/10/99 6:59	
27919	8	0/30	PUAN BAHIA BLANCA		21/10/99 20:05		19/10/99 17:36
Nro Tren: 35 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 19/10/99 0:00							
27909	25	30/0	PEHUAJO 2	0/10/99 0:00		19/10/99 7:42	
27909	25	0/30	PEHUAJO BAHIA BLANCA		21/10/99 18:00		20/10/99 9:25
Nro Tren: 36 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 19/10/99 0:00							
27859	36	10/0	CATRILLO	18/10/99 0:00		19/10/99 5:03	
27832	36	6/0	VILLEGAS	19/10/99 0:00		19/10/99 9:02	
27913	36	0/20	SALLIQUELO		20/10/99 0:00		20/10/99 1:18
27946	36	10/0	MERCADO VICTORIA BAHIA BLANCA	19/10/99 0:001		19/10/99 18:42	
Nro Tren: 42 Origen: ROSARIO Fecha y Hora de Salida Prog. : 19/10/99 0:00							
27955	27	0/11	BOMBAL		21/10/99 14:57		20/10/99 4:43
27934	27	5/0	CHOVET	18/10/99 0:00	1	9/10/99 2:21	
27934	27	0/5	CHOVET ROSARIO		20/10/99 0:00		20/10/99 4:43
Nro Tren: 45 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 19/10/99 0:00							
27810	35	30/0	DAIREAUX	19/10/99 0:00		19/10/99 8:16	
27801	35	0/30	DAIREAUX BAHIA BLANCA		20/10/99 19:30		20/10/99 12:02
Nro Tren: 48 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 19/10/99 0:00							
27889	30	10/0	TRENQUE LAUQUEN	18/10/99 0:00		19/10/99 6:07	
27892	30	0/10	TRENQUE LAUQUEN		21/10/99 6:00		20/10/99 13:42
27950	30	20/0	QUEMU QUEMU	20/10/99 0:00		19/10/99 7:55	
27950	30	0/20	QUEMU QUEMU BAHIA BLANCA		22/10/99 0:00		20/10/99 13:42
Nro Tren: 49 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 19/10/99 0:00							
27915	32	20/0	SALLIQUELO	20/10/99 0:00		19/10/99 4:09	
27887	32	0/20	TRES LOMAS		18/10/99 0:00		19/10/99 15:03
27919	32	6/0	PUAN	20/10/99 0:00		19/10/99 7:56	
27919	32	0/6	PUAN BAHIA BLANCA		21/10/99 4:01		19/10/99 15:03
Nro Tren: 53 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 19/10/99 0:00							
27942	40	0/1	CURA MALAL		19/10/99 3:00		20/10/99 1:06
27816	40	0/6	DAIREAUX		21/10/99 4:01		20/10/99 1:06
27810	40	4/0	DAIREAUX	19/10/99 0:00		19/10/99 12:17	
27796	40	6/0	DAIREAUX	20/10/99 0:00		19/10/99 12:17	
27800	40	7/0	DAIREAUX	19/10/99 0:00		19/10/99 12:17	
27810	40	0/4	DAIREAUX		20/10/99 2:50		20/10/99 1:06
27796	40	0/6	DAIREAUX		21/10/99 4:01		20/10/99 1:06
27800	40	0/7	DAIREAUX BAHIA BLANCA		20/10/99 4:32		20/10/99 1:06
DEST. FINAL							

PEDIDO	LOC	VAG V/C	ORIGEN	F CARG PG	F LLEG.PG	F CARG.REAL	F LLEG.REAL
Nro Tren: 54 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 19/10/99 0:00							
27801	20	30/0	DAIREAUX	19/10/99 0:00		19/10/99 8:16	
27801	20	0/7	DAIREAUX		20/10/99 4:32		19/10/99 21:05
			BAHIA BLANCA		DEST. FINAL		
Nro Tren: 56 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 19/10/99 0:00							
27889	37	30/0	TRENQUE LAUQUEN	18/10/99 0:00		19/10/99 6:07	
27966	37	0/27	VILLEGAS		19/10/99 0:01		19/10/99 20:13
			BAHIA BLANCA		DEST. FINAL		
Nro Tren: 57 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 19/10/99 0:00							
27816	28	6/0	DAIREAUX	20/10/99 0:00		19/10/99 8:16	
27811	28	4/0	DAIREAUX	20/10/99 0:00		19/10/99 8:16	
27801	28	7/0	DAIREAUX	19/10/99 0:00		19/10/99 8:16	
27811	28	0/4	DAIREAUX		21/10/99 2:50		20/10/99 13:26
27937	28	0/3	CNEL. SUAREZ		20/10/99 0:00		20/10/99 13:26
27908	28	10/0	PEHUAJO	19/10/99 0:00		19/10/99 23:44	
27909	28	0/10	PEHUAJO		21/10/99 6:00		20/10/99 13:26
27908	28	0/10	PEHUAJO		20/10/99 6:00		20/10/99 13:26
			BAHIA BLANCA		DEST. FINAL		
Nro Tren: 58 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 19/10/99 0:00							
27877	39	0/30	PUAN		17/10/99 20:06		19/10/99 6:12
			BAHIA BLANCA		DEST. FINAL		
Nro Tren: 59 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 19/10/99 0:00							
27891	38	30/0	TRENQUE LAUQUEN	20/10/99 0:00		19/10/99 6:07	
27902	38	0/30	AMERICA		21/10/99 18:00		19/10/99 19:07
			BAHIA BLANCA		DEST. FINAL		
Nro Tren: 12 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 19/10/99 7:07							
27918	22	0/18	MARIA TERESA		21/10/99 18:03		19/10/99 21:54
27953	22	0/11	BIGAND		21/10/99 14:57		19/10/99 21:54
			ROSARIO		DEST. FINAL		

Reporte Tentativo Diario de Movimientos (R.T.M.)

Semana: 21/10/99 al 28/10/99

PEDIDO	LOC	VAG V/C	ORIGEN	F CARG PG	F LLEG.PG	F CARG.REAL	F LLEG.REAL
Nro Tren: 3 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 21/10/99 0:00							
27961	10	30/0	ING.WHITE	22/10/99 0:00		21/10/99 0:08	
27951	10	0/6	DAIREAUX		25/10/99 4:01		24/10/99 8:17
27964	10	0/4	DAIREAUX	26/10/99 2:50		24/10/99 8:17	
27893	10	0/10	TRENQUE LAUQUEN		23/10/99 6:00		24/10/99 8:17
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 22 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 21/10/99 0:00							
27802	14	7/0	DAIREAUX	23/10/99 0:00		21/10/99 8:16	
27920	14	6/0	PUAN	22/10/99 0:00		21/10/99 15:09	
27834	14	6/0	VILLEGAS	22/10/99 0:00		21/10/99 22:41	
27893	14	10/0	TRENQUE LAUQUEN 2	22/10/99 0:00		22/10/99 3:44	
27903	14	0/30	AMERICA		23/10/99 18:00		24/10/99 13:07
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 31 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 21/10/99 0:00							
27893	12	30/0	TRENQUE LAUQUEN	22/10/99 0:00		21/10/99 6:07	
27922	12	0/30	PUAN		25/10/99 20:05		24/10/99 2:18
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 7 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 22/10/99 0:00							
27920	16	30/0	PUAN	22/10/99 0:00		22/10/99 3:06	
27978	16	0/30	ING.WHITE		31/10/99 0:00		29/10/99 0:17
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 8 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 22/10/99 0:00							
27802	15	30/0	DAIREAUX	23/10/99 0:00		22/10/99 8:16	
27802	15	0/30	DAIREAUX		24/10/99 19:30		23/10/99 12:02
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 12 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 22/10/99 0:00							
27961	19	3/0	ING.WHITE	22/10/99 0:00		22/10/99 0:08	
27922	19	6/0	PUAN	24/10/99 0:00		22/10/99 3:06	
27920	19	0/6	PUAN		23/10/99 4:01		23/10/99 19:11
27962	19	5/0	CNEL. SUAREZ	23/10/99 0:00		22/10/99 5:09	
27813	19	4/0	DAIREAUX	24/10/99 0:00		22/10/99 9:59	
27797	19	6/0	DAIREAUX	22/10/99 0:00		22/10/99 9:59	
27797	19	0/6	DAIREAUX		23/10/99 4:01		23/10/99 19:11
27962	19	0/5	CNEL. SUAREZ		25/10/99 0:00		23/10/99 19:11
27947	19	0/10	MERCADO VICTORIA		23/10/99 6:00		23/10/99 19:11
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 18 Origen: ROSARIO Fecha y Hora de Salida Prog. : 22/10/99 0:00							
27947	2	30/0	MERCADO VICTORIA	22/10/99 0:00		22/10/99 8:11	
27947	2	0/30	MERCADO VICTORIA		23/10/99 18:00		23/10/99 8:47
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 19 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 22/10/99 0:00							
27812	9	30/0	DAIREAUX	22/10/99 0:00		22/10/99 8:16	
27972	9	0/16	GALVAN		28/10/99 0:00		26/10/99 1:16
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 20 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 22/10/99 0:00							
27797	13	30/0	DAIREAUX	22/10/99 0:00		22/10/99 8:16	
27921	13	0/6	PUAN		24/10/99 4:01		24/10/99 10:16
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 21 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 22/10/99 0:00							
27903	11	10/0	AMERICA	22/10/99 0:00		22/10/99 9:33	
27960	11	13/0	MARIA TERESA	22/10/99 0:00		22/10/99 15:43	
27835	11	0/6	VILLEGAS		25/10/99 4:01		26/10/99 21:37
27836	11	0/6	VILLEGAS		27/10/99 4:01		26/10/99 21:37
27976	11	0/6	MERCADO VICTORIA		28/10/99 4:01		26/10/99 21:37
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 2 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 23/10/99 0:00							
27834	17	30/0	VILLEGAS	22/10/99 0:00		23/10/99 9:02	
27834	17	0/6	VILLEGAS		23/10/99 4:01		23/10/99 20:08
27960	17	0/13	MARIA TERESA		24/10/99 0:02		23/10/99 20:08
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 6 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 23/10/99 0:00							
27903	23	30/0	AMERICA	22/10/99 0:00		23/10/99 9:33	

PEDIDO	LOC	VAG V/C	ORIGEN	F CARG PG	F LLEG.PG	F CARG.REAL	F LLEG.REAL
27798	23	0/6	DAIREAUX		28/10/99 4:01		27/10/99 5:27
27965	23	0/4	DAIREAUX		7/10/99 2:50		27/10/99 5:27
27896	23	0/10	TRENQUE LAUQUEN	27/10/99 6:00		27/10/99 5:27	
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 9			Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 23/10/99 0:00			
27922	18	30/0	PUAN	24/10/99 0:00		23/10/99 3:06	
27961	18	0/3	ING.WHITE		23/10/99 8:43		23/10/99 6:12
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 13			Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 23/10/99 0:00			
27812	22	4/0	DAIREAUX	22/10/99 0:00		23/10/99 8:16	
27812	22	0/4	DAIREAUX		23/10/99 2:50		23/10/99 19:22
27802	22	0/7	DAIREAUX		24/10/99 4:32		23/10/99 19:22
27964	22	4/0	DAIREAUX	25/10/99 0:00		23/10/99 11:06	
27951	22	6/0	DAIREAUX	24/10/99 0:00		23/10/99 11:06	
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 14			Origen: ROSARIO	Fecha y Hora de Salida Prog. : 23/10/99 0:00			
27967	1	30/0	VILLEGAS	23/10/99 0:00		23/10/99 6:59	
27835	1	0/30	VILLEGAS		25/10/99 20:05		25/10/99 10:04
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 17			Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 23/10/99 0:00			
27947	20	10/0	MERCADO VICTORIA	22/10/99 0:00		23/10/99 6:35	
27895	20	10/0	TRENQUE LAUQUEN	25/10/99 0:00		23/10/99 9:13	
27938	20	0/6	PUAN		27/10/99 4:01		26/10/99 19:54
27923	20	0/6	PUAN		26/10/99 4:01		26/10/99 19:54
27939	20	0/6	PUAN		28/10/99 4:01		26/10/99 19:54
27905	20	10/0	AMERICA	27/10/99 0:00		25/10/99 21:10	
27968	20	0/4	DAIREAUX		28/10/99 2:50		26/10/99 19:54
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 24			Origen: ROSARIO	Fecha y Hora de Salida Prog. : 23/10/99 0:00			
27834	3	0/30	VILLEGAS	23/10/99 20:05		24/10/99 12:07	
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 0			Origen: ROSARIO	Fecha y Hora de Salida Prog. : 24/10/99 0:00			
27835	4	30/0	VILLEGAS	24/10/99 0:00		24/10/99 6:59	
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 4			Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 24/10/99 0:00			
27957	21	24/0	SALLIQUELO	25/10/99 0:00		24/10/99 4:09	
27938	21	6/0	PUAN 2	6/10/99 0:00		24/10/99 6:48	
27920	21	0/30	PUAN		23/10/99 20:05		24/10/99 9:54
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 5			Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 24/10/99 0:00			
27956	28	10/0	BOMBAL	25/10/99 0:00		24/10/99 12:55	
27968	28	4/0	DAIREAUX	27/10/99 0:00		25/10/99 6:45	
27965	28	4/0	DAIREAUX	26/10/99 0:00		25/10/99 6:45	
27964	28	0/30	DAIREAUX		26/10/99 21:17		26/10/99 8:57
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 10			Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 24/10/99 0:00			
27951	25	30/0	DAIREAUX	24/10/99 0:00		24/10/99 8:16	
27797	25	0/30	DAIREAUX		23/10/99 20:05		24/10/99 16:32
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 11			Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 24/10/99 0:00			
27894	27	30/0	TRENQUE LAUQUEN	23/10/99 0:00		24/10/99 6:07	
27895	27	0/30	TRENQUE LAUQUEN		26/10/99 18:00		25/10/99 6:15
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 23			Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 24/10/99 0:00			
27921	26	30/0	PUAN	23/10/99 0:00		24/10/99 3:06	
27812	26	0/30	DAIREAUX		23/10/99 21:17		24/10/99 18:15
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 29			Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 24/10/99 0:00			
27895	24	30/0	TRENQUE LAUQUEN	25/10/99 0:00		24/10/99 6:07	
27903	24	0/10	AMERICA		23/10/99 6:00		24/10/99 19:07
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 40			Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 24/10/99 0:02			
27923	15	6/0	PUAN	25/10/99 0:00		24/10/99 3:08	
27921	15	6/0	PUAN	23/10/99 0:00		24/10/99 3:08	
27894	15	10/0	TRENQUE LAUQUEN	23/10/99 0:00		24/10/99 7:45	
27904	15	0/30	AMERICA		26/10/99 18:00		26/10/99 13:07
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			

PEDIDO	LOC	VAG V/C	ORIGEN	F CARG PG	F LLEG.PG	F CARG.REAL	F LLEG.REAL
Nro Tren: 34 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 24/10/99 9:28							
27971	19	0/10	GALVAN		28/10/99 6:00		26/10/99 17:59
27978	19	10/0	ING.WHITE	27/10/99 0:00		25/10/99 6:08	
27939	19	6/0	PUAN	27/10/99 0:00		25/10/99 9:06	
27837	19	0/6	VILLEGAS		8/10/99 4:01		26/10/99 17:59
27956	19	0/10	BOMBAL		28/10/99 0:00		26/10/99 17:59
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 35 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 24/10/99 19:07							
27964	22	30/0	DAIREAUX	25/10/99 0:00		25/10/99 3:23	
27896	22	0/30	TRENQUE LAUQUEN		27/10/99 18:00		27/10/99 6:15
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 1 Origen: ROSARIO Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 0:00							
27835	5	6/0	VILLEGAS	24/10/99 0:00		25/10/99 6:59	
27938	5	0/30	PUAN		27/10/99 20:05		26/10/99 16:37
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 16 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 0:00							
27963	35	30/0	EMBAJADOR MARTINI	26/10/99 0:00		25/10/99 7:39	
27904	35	0/10	AMERICA		26/10/99 6:00		26/10/99 1:07
27910	35	0/10	PEHUAJO		27/10/99 6:00		26/10/99 1:07
27894	35	0/10	TRENQUE LAUQUEN		24/10/99 6:00		26/10/99 1:07
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 25 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 0:00							
27904	29	10/0	AMERICA	25/10/99 0:00		25/10/99 9:33	
27948	29	10/0	MERCADO VICTORIA	26/10/99 0:00		25/10/99 15:12	
27817	29	6/0	DAIREAUX	27/10/99 0:00		26/10/99 2:43	
27951	29	0/30	DAIREAUX		25/10/99 20:05		26/10/99 10:59
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 26 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 0:00							
27910	30	10/0	PEHUAJO	26/10/99 0:00		25/10/99 7:42	
27910	30	0/30	PEHUAJO		27/10/99 18:00		26/10/99 13:58
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 27 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 0:00							
27971	31	30/0	GALVAN	27/10/99 0:00		25/10/99 0:04	
27961	31	0/30	ING.WHITE		26/10/99 15:17		25/10/99 0:17
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 28 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 0:00							
27971	33	10/0	GALVAN	27/10/99 0:00		25/10/99 0:04	
27897	33	10/0	TRENQUE LAUQUEN	27/10/99 0:00		25/10/99 6:16	
27896	33	10/0	TRENQUE LAUQUEN	26/10/99 0:00		25/10/99 6:16	
27894	33	0/30	TRENQUE LAUQUEN		24/10/99 18:00		25/10/99 12:24
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 30 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 0:00							
27813	34	30/0	DAIREAUX	24/10/99 0:00		25/10/99 8:16	
27817	34	0/30	DAIREAUX		28/10/99 20:05		27/10/99 6:54
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 41 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 0:00							
27976	10	30/0	MERCADO VICTORIA	27/10/99 0:00		25/10/99 6:35	
27905	10	0/30	AMERICA		28/10/99 18:00		27/10/99 12:30
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 46 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 0:00							
27904	32	30/0	AMERICA	25/10/99 0:00		25/10/99 9:33	
27837	32	0/30	VILLEGAS		28/10/99 20:05		26/10/99 19:58
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 53 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 0:00							
27897	18	30/0	TRENQUE LAUQUEN	27/10/99 0:00		25/10/99 6:07	
27893	18	0/30	TRENQUE LAUQUEN		23/10/99 18:00		25/10/99 12:15
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 44 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 1:07							
27972	12	16/0	GALVAN	26/10/99 0:00		25/10/99 1:11	
27976	12	6/0	MERCADO VICTORIA		27/10/99 0:00		25/10/99 7:52
27967	12	0/30	VILLEGAS	25/10/99 0:00		25/10/99 19:20	
			BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 54 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 3:35							
27965	13	30/0	DAIREAUX	26/10/99 0:00		25/10/99 11:52	
27836	13	0/30	VILLEGAS		27/10/99 20:05		27/10/99 10:04
			ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 45 Origen: BAHIA BLANCA Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 4:32							

PEDIDO	LOC	VAG	V/C	ORIGEN	F CARG PG	F LLEG.PG	F CARG.REAL	F LLEG.REAL
27910	25	30/0		PEHUAJO	26/10/99 0:00		25/10/99 12:15	
27965	25	0/30		DAIREAUX		27/10/99 21:17		27/10/99 4:08
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 47	Origen: BAHIA BLANCA				Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 7:51			
27837	17	30/0		VILLEGAS	27/10/99 0:00		25/10/99 16:53	
27897	17	0/30		TRENQUE LAUQUEN		28/10/99 18:00		27/10/99 6:15
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 33	Origen: BAHIA BLANCA				Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 14:18			
27938	21	30/0		PUAN	26/10/99 0:00		25/10/99 17:24	
27798	21	0/30		DAIREAUX		28/10/99 20:05		27/10/99 6:54
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 38	Origen: BAHIA BLANCA				Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 14:18			
27817	26	30/0		DAIREAUX	27/10/99 0:00		25/10/99 22:34	
27948	26	0/30		MERCADO VICTORIA		27/10/99 18:00		27/10/99 7:11
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 48	Origen: BAHIA BLANCA				Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 18:15			
27968	27	30/0		DAIREAUX	27/10/99 0:00		26/10/99 2:31	
27963	27	0/30		EMBAJADOR MARTINI		28/10/99 12:00		27/10/99 3:19
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 49	Origen: BAHIA BLANCA				Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 18:15			
27798	24	30/0		DAIREAUX	27/10/99 0:00		26/10/99 2:31	
27813	24	0/30		DAIREAUX		25/10/99 21:17		26/10/99 13:50
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 55	Origen: BAHIA BLANCA				Fecha y Hora de Salida Prog. : 25/10/99 20:35			
27923	31	30/0		PUAN	25/10/99 0:00		25/10/99 23:41	
27968	31	0/30		DAIREAUX		28/10/99 21:17		27/10/99 8:06
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 15	Origen: BAHIA BLANCA				Fecha y Hora de Salida Prog. : 26/10/99 0:00			
27978	37	30/0		ING.WHITE	27/10/99 0:00		26/10/99 0:08	
27923	37	0/30		PUAN		6/10/99 20:05		27/10/99 2:18
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 36	Origen: ROSARIO				Fecha y Hora de Salida Prog. : 26/10/99 0:00			
27836	6	30/0		VILLEGAS	26/10/99 0:00		26/10/99 6:59	
27963	6	0/10		EMBAJADOR MARTINI		27/10/99 12:00		27/10/99 4:30
27948	6	0/10		MERCADO VICTORIA		27/10/99 6:00		27/10/99 4:30
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 37	Origen: BAHIA BLANCA				Fecha y Hora de Salida Prog. : 26/10/99 0:00			
27798	14	6/0		DAIREAUX	27/10/99 0:00		26/10/99 8:16	
27895	14	0/10		TRENQUE LAUQUEN		26/10/99 6:00		27/10/99 8:17
27897	14	0/10		TRENQUE LAUQUEN		28/10/99 6:00		27/10/99 8:17
27905	14	0/10		AMERICA		28/10/99 6:00		27/10/99 8:17
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 39	Origen: ROSARIO				Fecha y Hora de Salida Prog. : 26/10/99 0:00			
27905	1	30/0		AMERICA	27/10/99 0:00	26/10/99 8:56		
27939	1	0/30		PUAN	28/10/99 20:05	27/10/99 2:18		
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 42	Origen: BAHIA BLANCA				Fecha y Hora de Salida Prog. : 26/10/99 0:00			
27896	38	30/0		TRENQUE LAUQUEN	26/10/99 0:00		26/10/99 6:07	
27922	38	0/6		PUAN		25/10/99 4:01		27/10/99 1:54
27817	38	0/6		DAIREAUX		28/10/99 4:01		27/10/99 1:54
27813	38	0/4		DAIREAUX		25/10/99 2:50		27/10/99 1:54
27978	38	0/10		ING.WHITE		9/10/99 0:00		7/10/99 1:54
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 43	Origen: BAHIA BLANCA				Fecha y Hora de Salida Prog. : 26/10/99 0:00			
27939	39	30/0		PUAN	27/10/99 0:00		26/10/99 3:06	
27921	39	0/30		PUAN		24/10/99 20:05		26/10/99 6:12
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			
Nro Tren: 50	Origen: ROSARIO				Fecha y Hora de Salida Prog. : 26/10/99 0:00			
27954	7	10/0		BIGAND	25/10/99 0:00		26/10/99 1:37	
27954	7	0/10		BIGAND		28/10/99 0:00		28/10/99 3:14
				ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 51	Origen: ROSARIO				Fecha y Hora de Salida Prog. : 26/10/99 0:00			
27837	8	6/0		VILLEGAS	27/10/99 0:00		26/10/99 6:59	
27836	8	6/0		VILLEGAS	26/10/99 0:00		26/10/99 6:59	
27963	8	10/0		EMBAJADOR MARTINI	26/10/99 0:00		26/10/99 8:50	
27957	8	0/24		SALLIQUELO		28/10/99 0:00		26/10/99 17:41
				BAHIA BLANCA	DEST. FINAL			

PEDIDO	LOC	VAG	V/C	ORIGEN	F CARG PG	F LLEG.PG	F CARG.REAL	F LLEG.REAL
Nro Tren: 52				Origen: BAHIA BLANCA	Fecha y Hora de Salida Prog. : 26/10/99 0:00			
27948	36	30/0		MERCADO VICTORIA	26/10/99 0:00		26/10/99 6:35	
27971	36	0/30		GALVAN		28/10/99 18:00		27/10/99 4:08
				ROSARIO	DEST. FINAL			
Nro Tren: 32				Origen: ROSARIO	Fecha y Hora de Salida Prog. : 26/10/99 4:22			
27976	3	0/30		MERCADO VICTORIA		28/10/99 20:05	26/10/99 20:45	
				ROSARIO	DEST. FINAL			

Bibliografía

- [1] ANDERSON CHARLES A., FRAUGHNAUGH KATHRYN, PARKER MARK AND RYAN JENNIFER "Path assignment for call routing: An application of Tabu Search", Annals of Operations Research, **41**(1993)301-312
- [2] CORDEAU JEAN-FRANÇOIS – TOTH PAOLO and VIGO DANIELE. "A Survey of Optimization Models for Train Routing and Scheduling", Les Cahiers du GERAD G-98-34, July 1 1998.
- [3] CORDEAU JEAN-FRANÇOIS and SOUMIS FRANÇOIS – DESROSIERS JACQUES. "Simultaneous Assignment of Locomotives and Cars to Passenger Trains", Les Cahiers du GERAD G-98-72, December 1998.
- [4] GENDREAU MICHEL – HERTZ ALAIN – LAPORTE GILBERT "A tabu Search Heuristic for the Vehicle Routing Problem", Management Science Vol. 40, No.10, October 1994
- [5] GLOVER FRED –TAILLARD ERIC AND DE WERRA DOMINIQUE "A user's guide to tabu search", Annals of Operation Research, **41**(1993)3-28
- [6] GORMAN MICHAEL F. "Santa Fe Railway Uses an Operating-Plan Model to Improve its Service Design", Interfaces 28: 4 July-August 1998 (pp.1-12)
- [7] GORMAN MICHAEL FRANCIS. "An application of genetic and tabu searches to the freight railroad operating plan problem", Annals of Opertions Research, **78**(1998)51-69
- [8] HERTZ ALAIN "Finding a feasible course schedule using Tabu search", Discrete Applied Mathematics, **35**(1992) 225-270
- [9] KINDERVATER GERARD A.P. – SAVELSBERG MARTIN W.P. "Vehicle routing: handling edge exchanges", Local Search in Combinatorial Optimization (1997)

- [10] LINGAYA NORBERT - CORDEAU JEAN-FRANÇOIS – DESAULIERS GUY –
DESROSIERS JACQUES - SOUMIS FRANÇOIS. "*Operational Car Assignment at VIA Rail
Canada*", Les Cahiers du GERAD G-2000-55, October 2000.
- [11] OSMAN IBRAHIM HASSAN "*Metastrategy simulated annealing and tabu search algorithms
for the vehicle routing problem*", Annals of Operations Research, **41**(1993)421-451
- [12] REAVES COLIN R. "*Modern Heuristic Techniques*", Modern Heuristic Search Methods
(1996)
- [13] WINSTON WAGNE L. "*Integer Programming*", Introduction to Mathematical Programming
Applications and Algorithms
- [14] WINSTON WAGNE L. "*Introduction to Linear Programming*", Introduction to Mathematical
Programming Applications and Algorithms
- [15] YANO CANDECE A. – NEWMAN ALEXANDRA M. "*Scheduling Trains and Containers
with Due Rates and Dynamic Arrivals*", Transportation Science 2001 INFORMS Vol.35, N°2,
May 2001 (pp.181-191)