

La Optimización de Recursos Portuarios y Marítimos

Estudio de Casos





Antecedentes

Miles de años antes del arribo de la computadora, de algoritmos matemáticos y soluciones supply chain, el transporte marítimo ya jugaba un papel importante en el comercio mundial.

Con la globalización y la tremenda expansión del comercio inter-continental de las últimas décadas, la importancia del transporte de carga marítimo ha crecido de manera significativa: de representar el 25% del comercio global en 1980, hoy alcanza cifras entre 80% y 90% del total.

Durante este mismo período; 1980 a 2012:

- ❖ La capacidad total de la flota mercante mundial creció de 672MM a 1,535MM (DWT)
- ❖ La capacidad mundial de buques de contenedores creció de 10MM a 198MM (DWT)

(fuente: UNCTAD Statistics)

Esta es una industria donde el costo operativo y la habilitación de espacios y capacidades son tremendamente caros, por lo que el impacto de modelos de planeación, optimización y simulación es trascendente para alcanzar altas tasas de eficiencia.

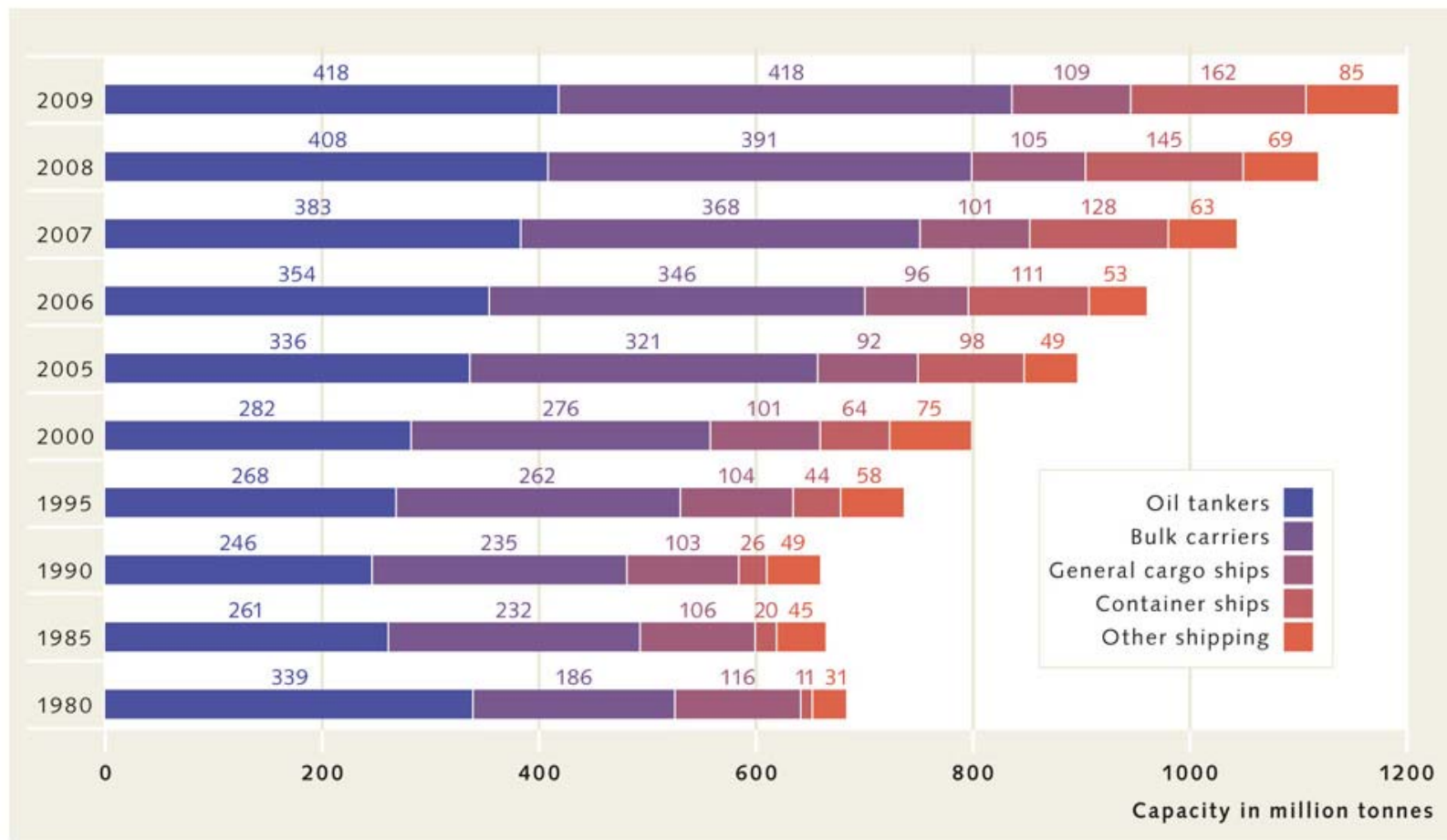
Los problemas operativos de la logística marítima comparten por lo general dos características: por un lado son muy complejos, involucran una gran cantidad de criterios y reglamentaciones, por otro lado cada especialidad o tipo de servicio presenta sus propias particularidades y reglas, por lo que considerar soluciones empaquetadas es un despropósito.

Las soluciones efectivas deben representar fidedignamente el desempeño del sistema modelado, por lo que los desarrollos hechos a la medida toman una clara ventaja en calidad de respuesta y, por lo general, en costo. Y desarrollar soluciones a la medida, es la especialidad de Technologix.





Crecimiento de la Flota Mercante Mundial

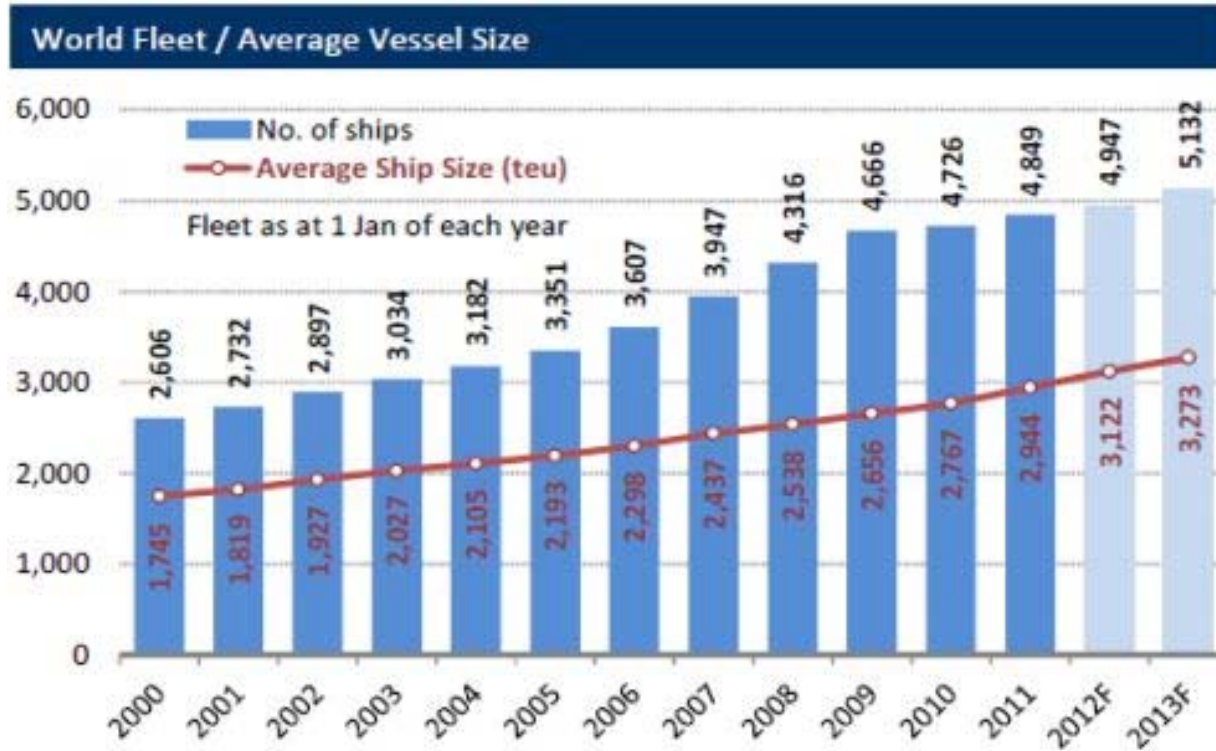


8.2 > The growth of the global merchant fleet according to type of vessel (as at 1 January). © maribus (after UNCTAD, Lloyd's Register – Fairplay)



Antecedentes

Crecimiento de la Flota (Fully Cellular) Mercante Mundial de Contenedores



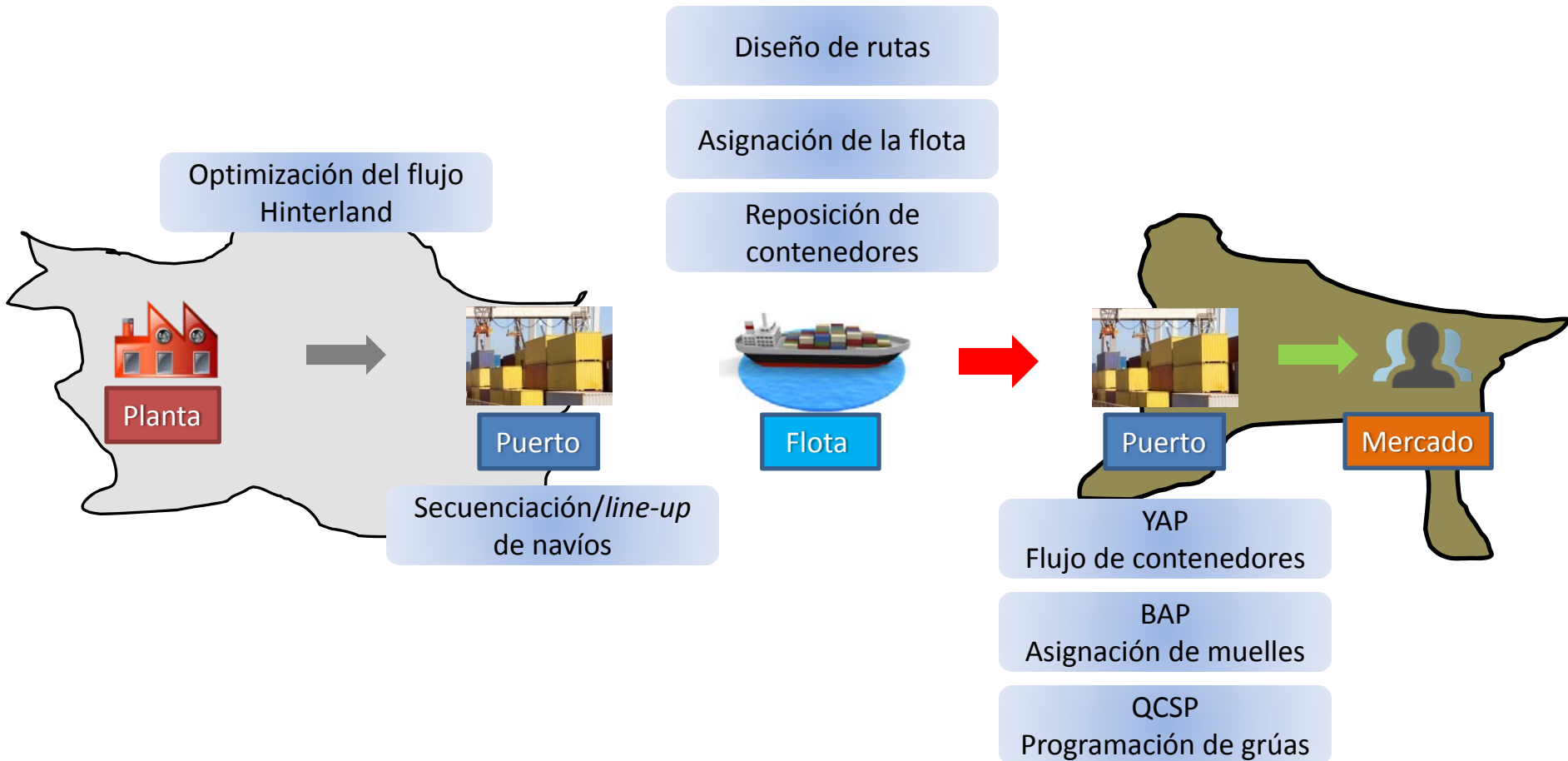
Fuente: DP World – Overview of Container Trades, Regional Demand & Port Development, 2012





Modelos y Herramientas: Ejemplos de Oportunidades

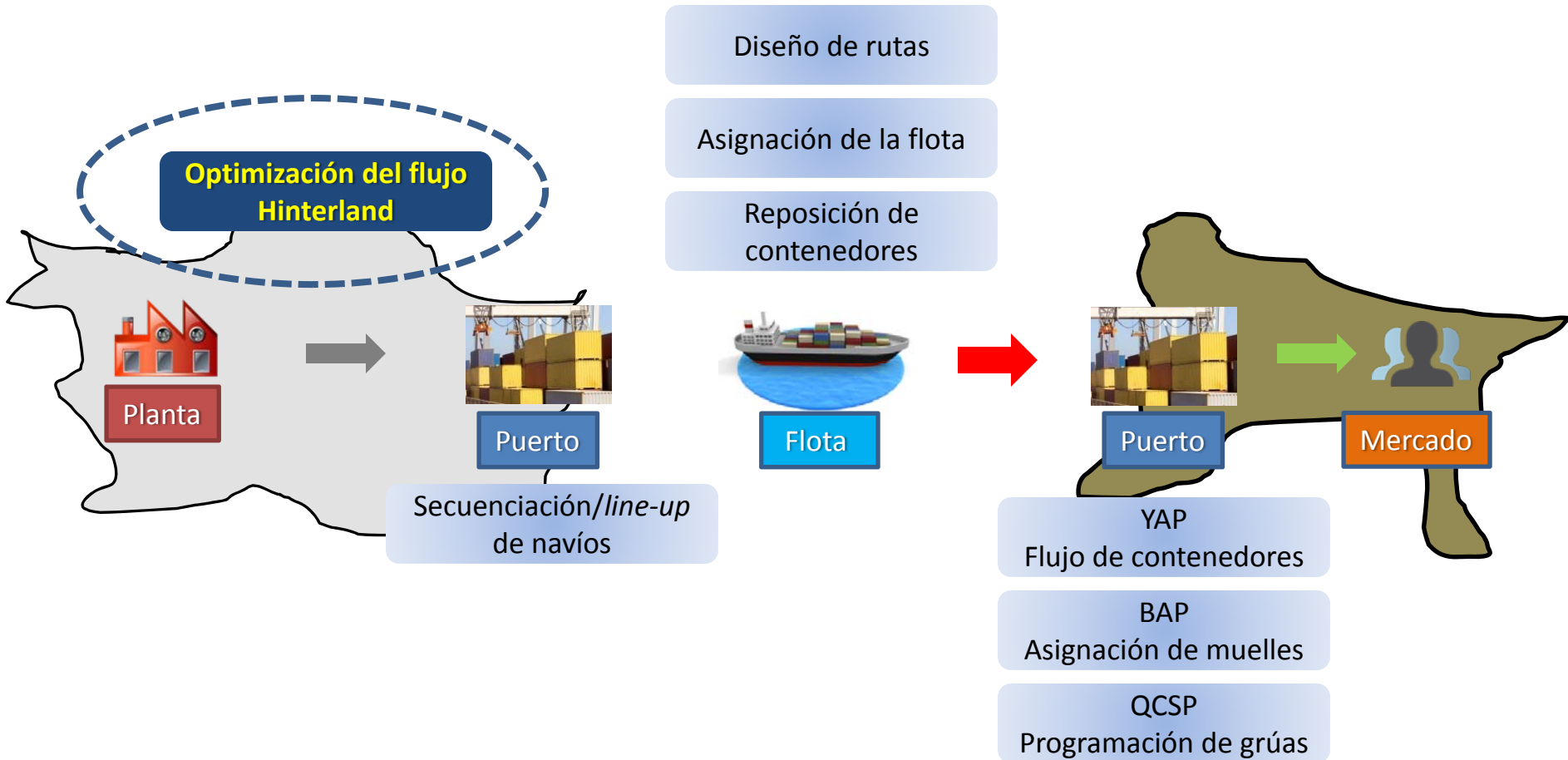
Diseño y optimización de cadenas de suministro globales







Diseño y optimización de cadenas de suministro globales



El Cliente y Sus Desafíos

Rumo Logística, empresa del grupo Cosan – hoy Raizen - , juega un rol destacado dentro del mercado Brasileiro de azúcar. Ofrece un sistema logístico multimodal para exportación de azúcar y otros productos a granel sólidos. Para ello, la compañía transporta sus cargas desde centros productores hasta sus instalaciones portuarias localizadas en el puerto de Santos (Sao Paolo), prestando a sus clientes servicios integrados de transporte, almacenaje y embarque de productos.

La red Rumo conecta actualmente 56 ingenios, 6 Terminales de transbordo, 2 terminales portuarias propias en Santos y 2 terminales portuarias de 3ros. Su capacidad de embarque anual de 10+ millones de toneladas (alrededor del 40% de las exportaciones brasileras) y una capacidad de almacenamiento de aprox. 500 mil toneladas hacen de la terminal portuaria de Rumo la mayor instalación portuaria especializada en embarque de azúcar del mundo.

Dado el volumen del negocio, el planeamiento de la logística de distribución de varias calidades de azúcar a lo largo de esta red pone en juego millones de dólares mensualmente.

El Objetivo

Se marcó como objetivo del proyecto mejorar el servicio a la demanda, la rentabilidad del negocio a través de la minimización del costo operativo, es decir, la designación óptima de rutas y volúmenes a ser transportados entre cada locación de la red Rumo que cumple con el compromiso de carga de navíos asumido por el negocio, sin dejar de retirar la producción de los ingenios antes que la saturación de la capacidad de almacenamiento en origen detenga la producción de azúcar.

La Solución

Se desarrollaron dos modelos de optimización basados en la herramienta Strategic Network Optimization (SNO) de Oracle: Un primer modelo con granularidad mensual de 12 meses de horizonte (zafra completa) y otro modelo con granularidad semanal y horizonte mensual.

Input

- ❖ Compromisos de transporte de los ingenios para no interrumpir la producción (efecto “push”)
- ❖ Capacidad de recibimiento, stock y transbordo de las terminales del interior
- ❖ Capacidad de recibimiento, stock y carga de la terminal portuaria
- ❖ Costos de transporte rodoviarios y ferroviario
- ❖ Compromisos de carga de navíos (efecto “pull”)



Output

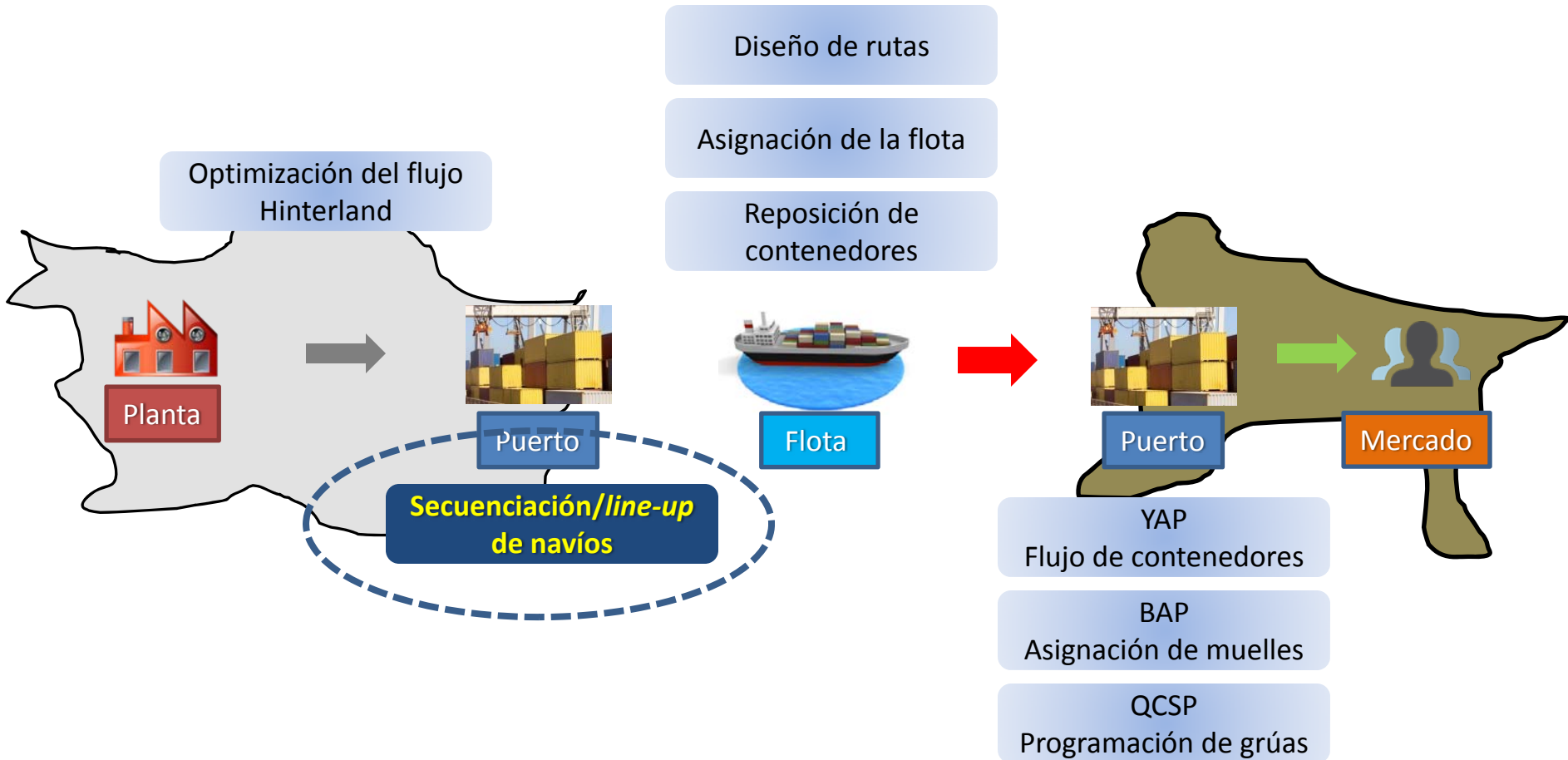
Planes óptimos que incluyen el movimiento de azúcar desde ingenios, recibo y expedición en la terminales intermedias y el puerto, y el almacenaje emergente.

Resultados

Economías del orden del 10% de los costos involucrados (\$ 250 millones de dólares por año sólo en costos de transporte y almacenaje externo).



Diseño y optimización de cadenas de suministro globales



El Cliente y Sus Desafíos

Se denomina al line-up de navíos a la decisión de secuenciamiento de atraque de una fila de barcos que se encuentran esperando para la carga y/o descarga en una terminal portuaria. El line-up es una de las decisiones de mayor valor económico para muchas compañías ya sean productoras de bienes u operadoras de comercio exterior.

Por ejemplo, en el comercio internacional de azúcar de producción brasilera en plena temporada de cosecha las penalizaciones por el no cumplimiento de los plazos de carga llega a muchos millones de reales por mes. Lo mismo sucede con las industrias intensivas en transporte marítimo como el comercio internacional de granos, commodities mineros, y también, en forma muy marcada, en el transporte de containers en barcos, con una tasa porcentual de crecimiento anual de dos dígitos.

El cumplimiento efectivo del *line-up* está sujeto a varias condiciones que deben cumplirse simultáneamente:

- ❖ El line-up por default, contractual, es el primero llegado primero servido.
- ❖ Existe una ventana de oportunidad para la carga, con importantes consecuencias económicas.
- ❖ El barco tiene que cumplir condiciones técnicas y sanitarias para la carga en el momento ordenado.
- ❖ El producto tiene que estar disponible física y fiscalmente – aspectos de propiedad
- ❖ La documentación de embarque tiene que estar disponible a tiempo para comenzar el cargamento
- ❖ Y otros factores asociados al clima, al despachante de aduana, etc.

Lamentablemente, la mayoría de estas condiciones está sujeta a contingencias que pueden invalidar el cumplimiento del plan operativo poco antes del atraque del barco, que acarreará modificaciones del *line-up*, por motivos no sujetos a planificación.

En el caso específico de Rumo Logística, en un mes de puntas, se debe programar la secuenciación de aproximadamente 50 navíos con una carga total de aprox. 1MM toneladas por mes.

El Objetivo

Desarrollar un modelo y herramienta de optimización que recomiende la secuencia de carga de navíos de mayor contribución económica – balance neto de *despatch* (premios por cargar antes) vs. *demurrage* (penalización por atrasos).

La Solución

Se diseñó e implementó una solución a la medida basada en elementos de programación lineal entera (MIP) adaptada a los aspectos muy particulares del problema.

La solución implementada controla el cumplimiento de las condiciones físicas – el barco en rada o en el horizonte de planeamiento de acuerdo a su ETA – el producto a cargar está disponible en la terminal o estará de acuerdo a los programas de entrada de producto, tanto en términos físicos como contables, y otras.

También toma en consideración la capacidad de carga de las dos terminales, el calendario de los muelles – paradas planificadas de equipamiento, la disponibilidad de producto física – en la terminal- y fiscal – de propiedad del que ordena la carga - y otras variables, para producir una recomendación de secuencia o cola de navíos de máxima contribución económica.

Input

Calendario de arribo de navíos (ETA), cadencia convenida de carga, calendario de las terminales portuarias, disponibilidad de producto, estados de cuenta de cada cliente

Output

La secuencia propuesta, el costo / contribución económica de la secuencia óptima de carga, versus la programada, versus la natural: primero llegado-primero atendido (FIFO).

Resultados

El sistema esta en uso desde 2011 y se corre diariamente para reconocer altas y bajas de navíos y permitir ajustes diarios al programa de atención.

Como medida de valor el modelo genera el diferencial del costo de demora entre la secuencia natural de atendimento FIFO – primero llegado, primero atendido – la secuencia de Rumo para el mismo set de datos y condiciones, y la secuencia óptima encontrada por la solución es de millones de dólares por mes como puede verse en el siguiente cuadro.

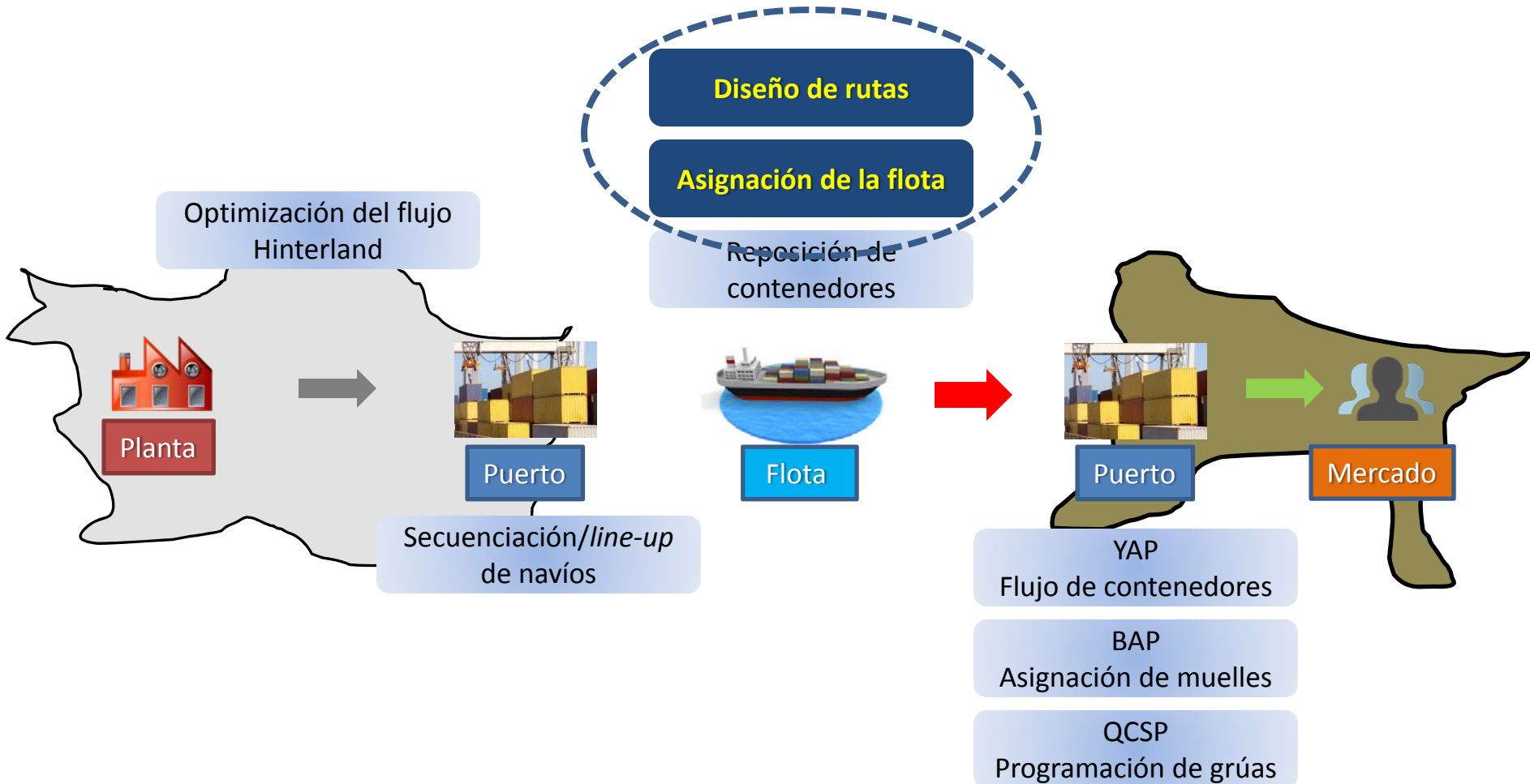
en dolares por terminal por mes - mes de alto volumen

Costo de demora óptimo (SNO)	\$1,282,000.00
Costo de demora de RUMO	\$2,979,000.00
Costo de demora FIFO	\$4,576,000.00

En promedio, el diferencial de contribución entre la secuencia óptima y la programada es del orden de \$2.5 millones de dólares en un mes punta de la temporada.



Diseño y optimización de cadenas de suministro globales





El Cliente y Sus Desafíos

Aún cuando una gran cantidad de esfuerzo académico y comercial ha sido dedicado a problemas de ruteo en general, la industria de transporte marítimo (y servicios de línea en particular) no ha todavía adoptado el uso de aquellos métodos y algoritmos de optimización que se han implementado exitosamente en otros sectores del transporte como ser las aerolíneas.

Esta falta de soluciones prácticas y efectivas se debe principalmente a la inherente complejidad del tema. A la fecha no conocemos casos de éxito concretos en los cuales se optimiza al mismo tiempo el diseño de rutas marítimas y la asignación de la flota a estas mismas rutas.

Este fue el desafío que nos presentó The China Navigation Company (CNCO) en 2011.

The China Navigation Company (CNCo) forma parte del conglomerado empresarial The Swire Group y fue fundada en Shangai, China, en 1872. La empresa cuenta actualmente con una flota de 20 navíos de tipo multi-purpose (MPP), la cual transporta contenedores, cargas especiales, graneles sólidos y carga fraccionada .

Aunque CNCO ofrece servicios de línea a nivel global, su principal actividad comercial se concentra en la región Asia-Pacífico, en la cual sus 6 servicios de línea atienden alrededor de 60 puertos y transportan un total de aprox. 2.75MM toneladas por año, con un costo de 175MM de dólares.

La empresa se basa en modelos en hojas de cálculo, desarrollados internamente, para planear y monitorear los servicios y la flota.





El Objetivo

Implementar un modelo matemático que recomiende la configuración óptima de servicios y la asignación de la flota, respetando una variedad de restricciones comerciales y operativas. Aprovechar dicho modelo para mejorar la performance de la operación.

La Solución

Bajo el liderazgo del Dr. J. Fernando Alvarez, miembro de nuestro equipo y uno de los académicos e investigadores más conocidos en estos temas, se aplicaron lógica y algoritmos desarrollados por el mismo Fernando para otras navieras, modificados para reflejar las necesidades de CNCO.

Estos algoritmos se basan en conceptos de programación matemática (MIP) combinados con lógica y heurística desarrollados específicamente para este proyecto. Como en todos nuestros proyectos de esta envergadura, nos apoyamos en Xpress-MP, el motor de optimización de FICO.

Input

- ❖ Demanda por pares de puertos, por tipo de producto
- ❖ Restricciones y datos operativos de puertos
- ❖ Distancias marítimas entre pares de puertos
- ❖ Datos de flota: tipos de unidades, capacidades, rangos de velocidades y consumo de combustible/bunker
- ❖ Restricciones de servicio entre pares de puertos , en función de importancia (ABC)
 - Tiempo homogéneo entre visitas
 - Número mínimo de visitas
- ❖ Restricciones específicas relacionadas a tipos de carga y puertos
- ❖ Datos reales/flujos del caso base, a efectos comparativos
- ❖ Datos de costos: puertos, bunker, fletes





La Solución

Output

- ❖ Configuración de las rutas/servicios
- ❖ Asignación de navíos a rutas
- ❖ Velocidad promedio sugerida por ruta
- ❖ Nivel de servicio
- ❖ Costos y rentabilidad
- ❖ Utilización de la flota (% espacio vacío)
- ❖ Actividad por puerto

Resultados

Los resultados obtenidos han sido muy favorables, comparados con la realidad bajo las mismas condiciones: Se mantiene o mejora el nivel de servicio, se reducen el costo total y el tamaño de la flota.

Bajo diferentes condiciones y datos, el modelo consistentemente sugiere configuraciones que:

- ❖ Reducen el costo total en un 3 a 5%
- ❖ Incrementan la rentabilidad de la operación en un 5 a 10%
- ❖ Disminuyen significativamente el movimiento de espacio vacío (mejoras de 30%)

A nivel cualitativo, y al igual que toda herramienta de planeación, este modelo permite cuantificar y analizar una variedad de situaciones que de otra manera sería físicamente imposible, por falta de tiempo.





Artículos Académicos Publicados en Temas de Transporte Marítimo

Álvarez, J.F., 2009

Joint routing and deployment of a fleet of container vessels.
Maritime Economics & Logistics 11 (2), 186–208.

Álvarez, J.F., 2012.

Mathematical expressions for the transit time of merchandise through a liner shipping network.
Journal of the Operational Research Society, 63, 709–714.

Álvarez, J.F., Longva, T., Engebretsen, E.S., 2010.

A methodology to assess vessel berthing and speed optimization policies.
Maritime Economics & Logistics 12, (4), 327–346.

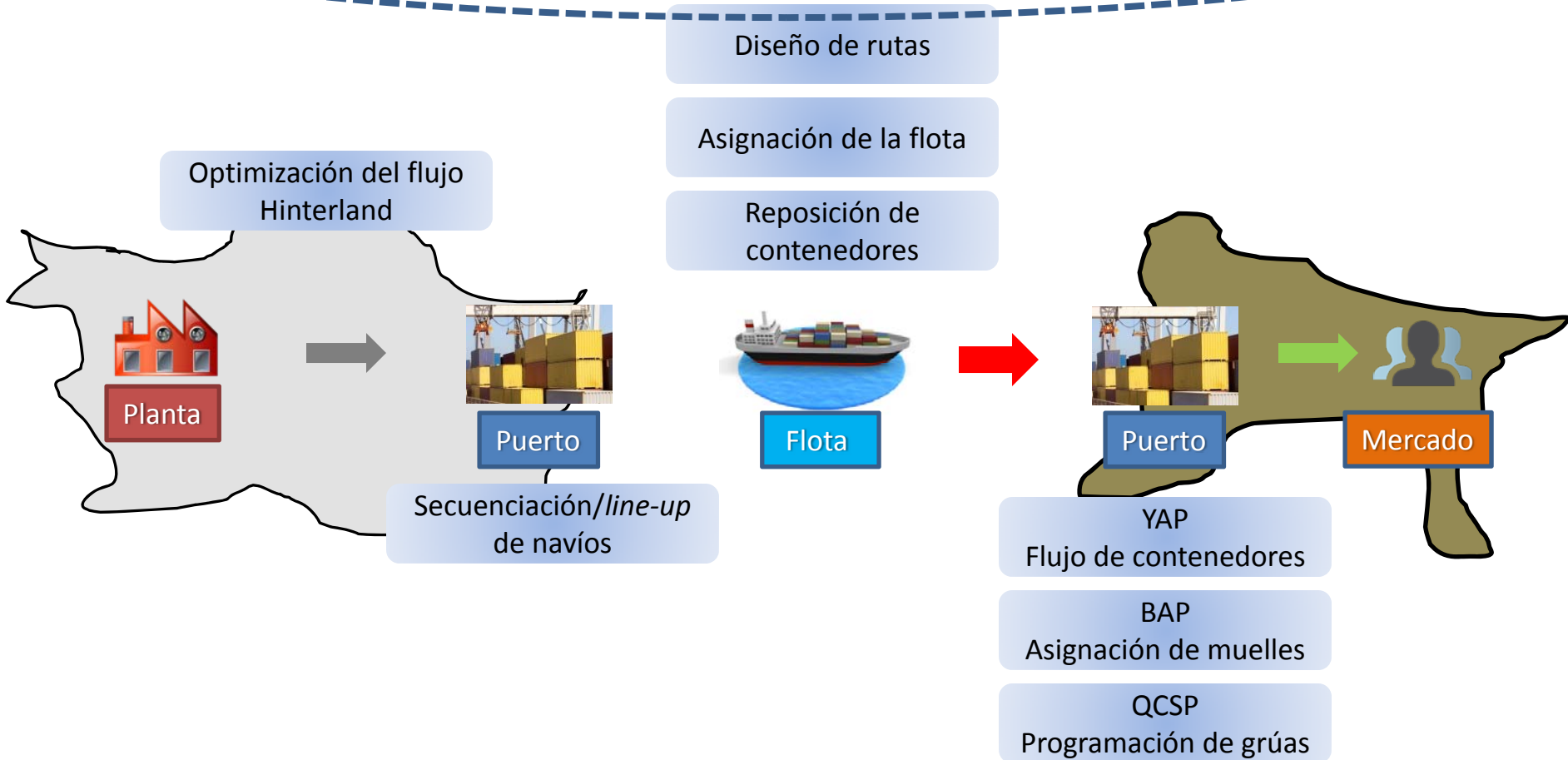
Álvarez, J.F., Tsilingiris, P., Engebretsen, E., Kakalis, N.M.P., 2011.

Robust fleet sizing and deployment for industrial and independent bulk ocean shipping companies.
INFOR 49 (2), 93–107.





Diseño y optimización de cadenas de suministro globales





El Cliente y Sus Desafíos

Nuestro cliente es uno de los principales proveedores a nivel mundial de explosivos comerciales.

Con un equipo de planeación estratégica súmamente avanzado, la empresa estaba interesada en desarrollar un modelo estratégico global de toda la industria (12MM de toneladas anuales en ventas), con la intención de utilizarlo para la toma de decisiones a largo plazo (entrada a mercados atractivos, expansiones, adquisiciones, etc.).

Desarrollar un modelo estratégico de una cadena de suministro no es nada novedoso, especialmente para un commodity como explosivos. Lo que nos atrajo a este proyecto fue el desafío de modelar una industria en su totalidad, y ver como la herramienta se utiliza para tomar decisiones que involucran cientos de millones de dólares.

Dado que la información disponible sobre la competencia (tipos de planta, maquinaria, costos estimativos de producción, etc.) es por razones obvias irregular e incompleta, se optó por desarrollar métodos cuantitativos para generar/completar la información requerida (ejemplo: estimar el costo fijo anual en función de la edad de una planta).

A nivel computacional, uno de los desafíos más serios era diseñar la lógica para el cálculo de costos de flete combinados (tierra-tierra, tierra-mar-tierra) de millones de posibles combinaciones, en función de parámetros globales como ser el costo estimado de un barril de petróleo o tonelada de bunker (combustible para transporte marítimo).

A nivel de análisis de resultados, uno de los requerimientos más complejos era representar cartográficamente las rutas marítimas óptimas con sus recorridos reales.





El Objetivo

Desarrollar e implementar un modelo y sistema de planeación estratégica, integrado a la base de datos corporativa con un componente analítico/BI customizado a los requerimientos muy particulares de la empresa.

La Solución

Se diseñó e implementó una solución a la medida basada en un modelo de programación lineal entera (MIP) adaptado a los aspectos muy particulares del problema. Como en todos nuestros proyectos de esta envergadura, nos apoyamos en Xpress-MP, el motor de optimización de FICO.

La solución implementada toma en consideración la capacidad de producción y costos de cada planta, los costos y restricciones de transporte y una variedad de restricciones comerciales para luego producir una recomendación de suministro de la demanda global con costos óptimos.

Input

- ❖ Demanda: 200 mercados, 4 productos, 10 años
- ❖ Datos de planta (100+ plantas): Capacidad, costos, consumo de materia prima, varios procesos
- ❖ Datos operativos y restricciones de puertos
- ❖ Restricciones específicas relacionadas a tipos de carga y puertos
- ❖ Datos de flota y transporte marítimo
- ❖ Monedas, tasas de cambio, unidades de medida
- ❖ Parametros globales (ej: costo de bunker, costo de gas natural por región, etc)





La Solución

Output

- ❖ Flujo óptimo de producto de plantas a mercados
 - ❑ Gráficas
 - ❑ Cubos/Pivotes
 - ❑ Mapas
- ❖ Análisis comparativo de competitividad: competidores, plantas individuales, mercados
- ❖ Gestión automatizada de casos

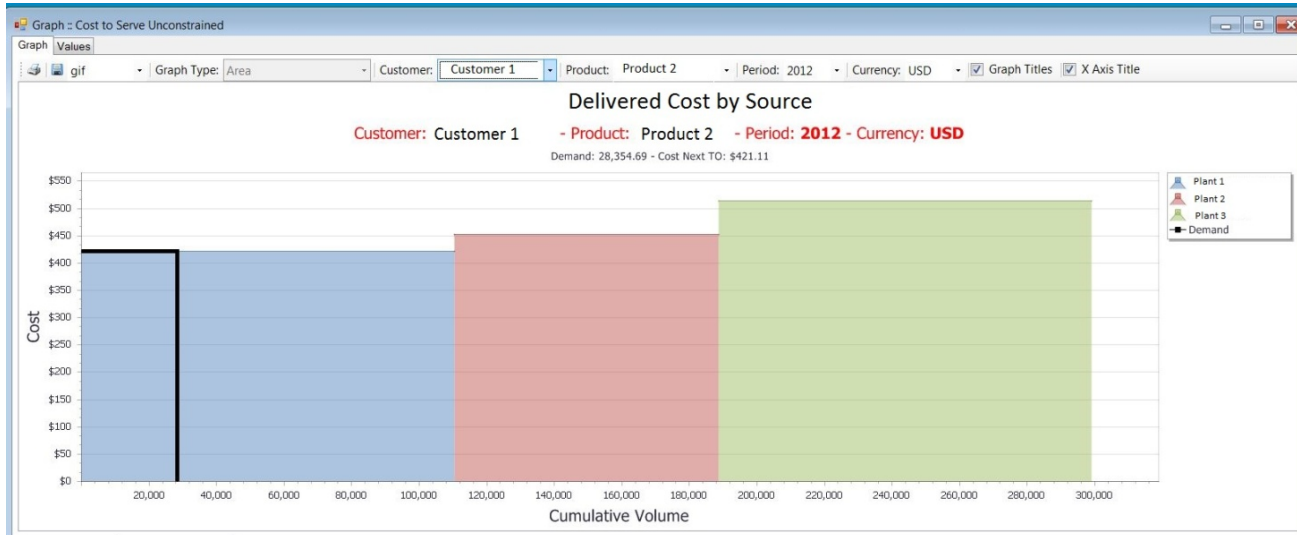
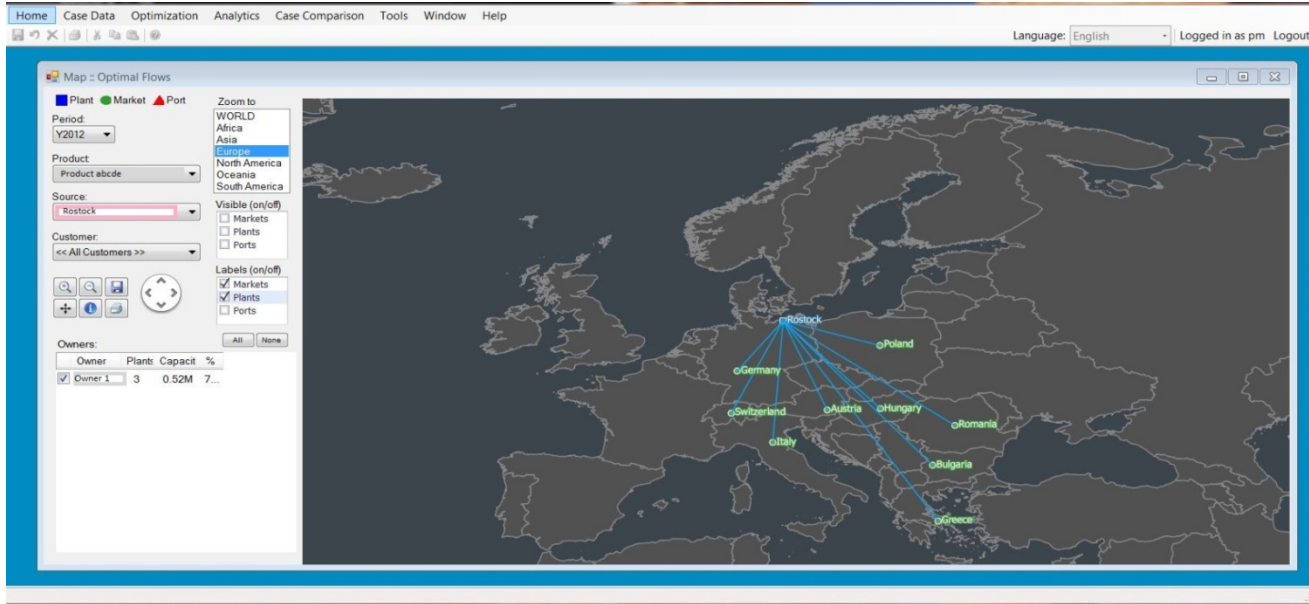
Resultados

El sistema completo (“de A a Z”), se desarrolló e implementó en 6 meses. Desde comienzos de este año la empresa cliente ha utilizado el sistema para analizar estrategias de negocios a nivel global y regional en más de 5 diferentes proyectos.





Diseño y optimización de cadenas de suministro globales



Otras Soluciones

Además de los casos presentados, nuestra experiencia alcanza otras etapas en las operaciones de suministro que involucran flujos *inbound* – *outbound* de terminales portuarias, entre otras las siguientes:

Ejemplos:

- ❖ Aplicación de simulación al rediseño de la operatoria de recibo de camiones en terminal portuaria – granos
- ❖ Aplicación de simulación a la reingeniería de transportadores, norias y equipos de elevación en terminales portuarias – azúcar
- ❖ Programación de tolvas en el horizonte semanal – terminales – azúcar
- ❖ Programación semanal y diaria de recibo de camiones y vagones ferroviarios en terminal portuaria – *crushing* de oleaginosas

Block	Block Name	Activity	Anticipo	Descarga/ton	Utilización	Tiempo (min)
0	1 carga	Activity_Multi	47	47	0.530203030303	660
1	1 atropaco operario	Activity_Delay	47	47	0.072727272727	660
2	1 carga	Activity_Multi	34	34	0.257575757575	660
3	1 atropaco	Activity_Multi	35	35	0.002646464646	660
4	1 bolso carga	Activity_Delay	35	35	0.100000000000	660
5	1 vagona	Activity_Multi	34	33	0.003833333333	660

