

2019-10

DESCRIPCIÓN DEL MODELO DEMAND DRIVEN DISPATCH Y SU IMPLEMENTACIÓN EN LATAM AIRLINES

FLOOR PILQUIL, PAUL ERNESTO

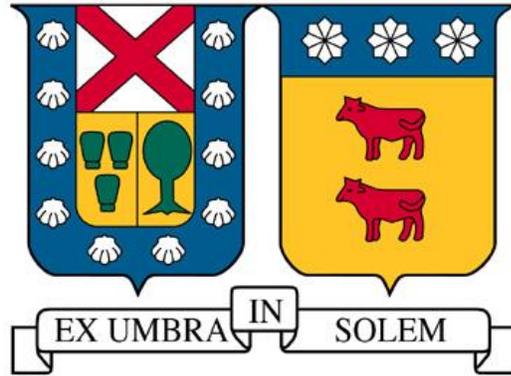
<https://hdl.handle.net/11673/49112>

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA

ACADEMIA DE CIENCIAS AERONÁUTICAS

SANTIAGO – CHILE



DESCRIPCIÓN DEL MODELO DEMAND DRIVEN DISPATCH Y SU
IMPLEMENTACIÓN EN LATAM AIRLINES

PAUL FLOOR PILQUIL

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO EN AVIACIÓN COMERCIAL

PROFESOR GUÍA : ANA MARÍA ARPEA IBIETA

PROFESOR CORREFERENTE : NAHUEL NEMIÑA

Octubre 2019

Agradecimientos

A Josefa Crino, mi compañera de vida, a mis hijas Vicenta, Max o Magnolia, mi madre Mónica, mis hermanos Martin y Juan Carlos. Por su puesto a mis amigos, compañeros de generación que me ayudaron y animaron a seguir hasta el final.

Resumen

El Presente trabajo es una investigación documental que describe una visión práctica de los procesos de reasignación de flota en el corto plazo, proveyendo al lector un entendimiento general de los procesos, términos y alcances de las diferentes aproximaciones utilizadas durante los años en las líneas aéreas. En esta memoria se describen los aspectos generales a considerar en la implementación de un modelo de demand driven dispatch, basado en los nudos críticos que tuvo que enfrentar LATAM para la implementación de este modelo y el estado del arte actual. Para ello se hizo una recopilación de investigaciones anteriores que muestran el estado de avance que ha tenido esta aproximación en las líneas aéreas alrededor del mundo.

Este trabajo incluye una descripción de los alcances de este modelo implementado en la aerolínea Latam Airlines según la información recabada por entrevistas. Dicho relato muestra los resultados alcanzados, los nudos críticos que tuvieron que resolver a la hora de implementación y también recomendaciones, entre otros datos, que sirven como aspectos generales a considerar en la implementación del modelo en una aerolínea.

Este trabajo espera determinar lineamientos generales de implementación a considerar en una aerolínea, que pueda describir prácticamente el modelo y que permita al lector poder ordenar, visualizar la magnitud y orden de una implementación del modelo de Demand Driven Dispatch.

Executive Summary

The present work is a documentary investigation that describes a practical vision of a close-in reflecting model, better known internationally as Demand Driven Dispatch, providing a general understanding of the processes, terms and scope of the different approaches used during the years in the airlines. This report describes the general aspects to be considered in the implementation of a Demand Driven Dispatch model, based on the critical nodes that LATAM had to face in the implementation of this model and the current state of the art. To this end, a compilation of previous research was made that shows the progress made by this approach in airlines around the world.

This work includes a description of the scope of this model implemented in Latam Airlines according to the information collected through interviews. This report shows the results achieved, the critical nodes that had to be resolved at the time of implementation and also recommendations, among other data, which serve as general aspects to consider in the implementation of the model in an airline.

This paper hopes to determine general implementation guidelines to consider in an airline, which can practically describe the model and that allows the reader to order, visualize the magnitude and order of an implementation of the Demand Driven Dispatch model.

Key Words

Demand driven dispatch, Latam Airlines, Asignación de flota en el corto plazo, Revenue Management, Eficiencia Operacional

Índice de Contenidos

Agradecimientos	2
Resumen.....	3
Executive Summary.....	4
Key Words	4
Índice de Figuras	7
Índice de Tablas.....	8
Introducción.....	9
ANTECEDENTES GENERALES	12
Justificación.....	12
Objetivo General	14
Objetivos específicos	14
Metodología	14
I. ESTADO DEL ARTE	15
Marco teórico	15
Principales variables económicas de una aerolínea	15
Ecuación básica de rentabilidad en una aerolínea.....	17
Mercado Origen y Destino (O&D)	19
Procesos de planificación de una aerolínea.....	20
Planificación de Ruta	21
El proceso de evaluación de rutas	24
Desarrollo del Itinerario	26

Planificación de Frecuencias.....	27
Asignación de flota y rotación de aeronaves.....	29
Revenue Management.....	31
II. DESARROLLO.....	46
Demand Driven Dispatch.....	46
La historia del proceso	46
Introducción al modelo D^3	47
Modelos de D^3	50
Variabilidad en la demanda de una Aerolínea	51
Planificación de Red, proceso de revenue management y D^3	52
Un ejemplo practico	56
Identificación de pares de tramos intercambiables	58
Implementación del D^3 en aerolíneas que operan en Chile.....	68
Sky Airlines.....	69
Latam Airlines.....	72
IV CONCLUSIONES.....	78
Demand Driven Dispatch.....	78
Sugerencias para futuras investigaciones.....	80
Tópicos de Carrera que se utilizaron.....	82
Bibliografía y Webgrafía.....	83

Índice de Figuras

Capitulo I

Figura I 1 ejemplo de curva de demanda de precio para un mercado32

Figura I 2 Ejemplo de pérdida de ingresos por desviación de demanda.37

Capitulo II

Figura II- 1 Proceso de Planificación de Alto Nivel de una Aerolínea.....48

Figura II- 2 Ciclos de Salida y Regreso que se intercambian50

Figura II- 3 Demanda capturada por distintas tarifas55

Figura II- 4 Mercado doméstico Chile57

Figura II- 5 Diagrama ejemplo de identificación de pares de tramos intercambiables
(elaboración propia)59

Figura II- 6 Segmento del Dibujo de la operación Diaria de Latam Airlines dibujado en
Excel, mostrando la identificación visual de cambios. datos reales de la operación Latam
del 01/07/2013 (elaboración propia)62

Figura II- 7 Proceso de cambio de material por cambios en la demanda en Sky Airlines
(Elaboración propia).....70

Figura II- 7 Proceso de cambio de material por cambios en la demanda en Sky Airlines
(Elaboración propia).....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura II- 8 Mapa de procesos, áreas, sistemas y entregables del modelo D³
implementado en Latam. Elaboración propia.74

Índice de Tablas

Capítulo I

Tabla I- 1 estructura tradicional de tarifas con restricciones	39
Tabla I- 2 Aproximación a control de inventarios de asientos, (Extraído de Global Airline Industry – Belobaba).....	43

Capítulo II

Tabla II- 1 Promedio de aviones simultáneos en SCL en un día tipo por franja horaria, datos reales de la operación Latam del 01/07/2013 (elaboración propia).....	60
Tabla II- 2 Identificación de pares de tramos intercambiables en un día de operación de Latam Airlines (elaboración propia).....	64
Tabla II- 3 Ejemplo de optimización basado en orden de sumatoria de Reservas antes del Despegue	66
Tabla II- 4 Segunda etapa de asignación de flota por reservas	67
Tabla II- 5 Flota Latam	73

Introducción

Uno de los desafíos más grandes de la industria aeronáutica, es la asignación de la capacidad de la aeronave comercial al itinerario de la compañía para responder a las fluctuantes necesidades del mercado. “A necessary condition for the airline to be profitable is to operate a schedule that provides a good match between offered capacity and existing demand.” (Shebalov 2009). La idea de reasignación de flota en el corto plazo basada en demanda, también llamadas Demand-Driven Dispatch (D³), ha sido un concepto estudiado por años.

El proceso de planificación tradicional de una aerolínea consiste en varias etapas consecutivas: Desarrollo de redes, construcción de itinerario, asignación de flota, enrutamiento de aeronaves, planificación de tripulaciones y optimización de recursos terrestres. El encuentro entre demanda y capacidad está ubicado en la etapa de asignación de flota. En esta etapa cada vuelo en la red de una aerolínea está asignado a un tipo de aeronaves presentes en la flota de la aerolínea.

Con las capacidades de cada vuelo fijadas con anticipación, las aerolíneas intentan controlar la demanda usando Revenue Management. En caso de tener un vuelo con baja capacidad, la aerolínea puede restringir la demanda permitiendo la venta de tickets por relativamente altos precios. En la situación de tener una alta capacidad de asientos disponibles, la aerolínea puede estimular demanda adicional a través de tarifas bajas para llenar el avión. Sin embargo, esta práctica puede corregir en parte esta situación, y no garantiza óptimos resultados si la capacidad original es muy distinta a lo que se necesita exactamente.

Acuerdos contractuales y legales con los sindicatos de trabajadores y las etapas consecutivas de los procesos de planificación de una aerolínea, requieren que el itinerario

final este publicado con 90 a 40 días de anticipación al vuelo. “Contractual agreements with labour unions require the final schedule be published in advance. Crew scheduling and bidding processes usually take 2–3 weeks and can be performed only after the fleet assignment problem is solved. Thus, capacity is usually assigned to the flights 90 to 40 days before.” (Shebalov 2009).

Con la llegada de “familias de aeronaves” de una misma flota, con tripulaciones comunes como los Boeing 737 o los Airbus 320, es cada vez más posible tener distintas capacidades de aeronaves para asignar a distintas rutas, tramos o segmentos de un vuelo. De esta manera el concepto de Demand Driven Dispatch (D³) se vuelve cada vez más real.

Hoy el proceso de incremento de la eficiencia del uso de aeronaves y tripulaciones pasa directamente por la capacidad de poder anticipar y estimar el mejor uso posible de su flota por parte de las aerolíneas, buscando también elevar los factores de ocupación, con el Yield¹ más alto posible a través de Revenue Management² y procesos de planificación de itinerarios con variadas ventanas temporales desde los 2 años, hasta los 6 meses antes del vuelo.

El D³ cambia aeronaves de distinta capacidad entre legs³ para cambiar la capacidad de los vuelos en respuesta a la demanda. Con itinerarios preparados con seis o más meses de anticipación a la fecha de despegue, los departamentos de tarificación y Revenue Management (RM) deben trabajar con la suposición de una capacidad fijada para maximizar las ganancias. Con D³ la capacidad vuelve a ser flexible nuevamente,

¹ Rendimiento proporcional de los beneficios de una actividad económica.

² Es la aplicación disciplinada de herramientas analíticas que predicen el comportamiento del consumidor en un nivel de micro mercado, y optimiza la disponibilidad y precio del producto para maximizar el crecimiento de los ingresos.

³ Abreviación del término “Flight Leg”, o su traducción en castellano para el término utilizado en la aviación comercial “tramo del vuelo”.

cambiando las aeronaves asignadas cerca de la fecha de despegue. Por lo tanto, usando información más detallada y confiable desde el sistema de Revenue Management, D³ tiene el potencial de generar un mejor encuentro de capacidad ofrecida y cantidad de demanda, incrementando simultáneamente las ganancias y bajando los costos de operación (Berge & Hopperstad, 1993)

Teóricamente, la reasignación de flota en el corto plazo aún posee muchos retos por delante, además de los que se pueden encontrar con las tripulaciones o mantenimiento cuando se cambia un avión. Éste proceso aún sigue optimizándose a nivel de la industria y encontrándose con mejoras significativas al complementarlo con el departamento de Revenue Management. Este último, por lo general asume que la capacidad que puede ofrecer está fijada con anterioridad, sin embargo, esto cambia con la implementación de D³ generando una compleja gama de posibilidades de optimización que aún no ha sido explorada en el contexto de la competitiva industria de las líneas aéreas (Fry, 2015)

De esta manera, la aproximación D³ es un avance significativo en la búsqueda de generar mejoras en la optimización del uso de los recursos en una línea aérea. En un mercado tan competitivo, como lo es el de las líneas aéreas, todos los pasos que se den hacia una completa integración de los procesos de planificación de itinerarios, uso de aeronaves y revenue management son relevantes.

ANTECEDENTES GENERALES

Justificación

En base a la experiencia del Profesor PhD del MIT Peter P. Belobaba, experto en industria aeronáutica, en su libro “the Global Airline Industry, Second Edition (2015)” el señala que: “Con la desregulación de las aerolíneas y la diversificación de la competencia en los mercados de las aerolíneas alrededor del mundo, el control de los costos de operación y la mejora en la productividad se han vuelto un aspecto crítico para la obtención de utilidades por parte de las aerolíneas. El emergente y rápido crecimiento de las aerolíneas “low cost” es producto, en gran parte, de su habilidad de entregar servicios de transporte aéreo a precios sustantivamente bajos con altos índices de productividad en comparación con las aerolíneas “tradicionales”. En respuesta, las aerolíneas tradicionales están encontrando formas de reducir los costos operacionales e incrementando la eficiencia de como utilizan las aeronaves y sus empleados.”

Hoy el proceso de incremento de la eficiencia del uso de aeronaves y tripulaciones pasa directamente por la capacidad de poder anticipar y estimar el mejor uso posible de su flota por parte de las aerolíneas, buscando también elevar los factores de ocupación, con el Yield más alto posible a través de Revenue Management y procesos de planificación de itinerarios con variadas ventanas temporales desde los 2 años, hasta los 6 meses antes del vuelo.

Encontrar el balance adecuado entre capacidad y demanda estimada no es siempre fácil de lograr. Desde que el itinerario se publica, hasta días antes del vuelo, es posible observar múltiples variaciones en la demanda real de asientos, observándose demandas que sobrepasan la capacidad o que, por el contrario, dejan asientos vacantes en los materiales de vuelo asignado para una ruta determinada.

Gracias a la maduración de los procesos de automatización y de integración de los sistemas de operaciones, aerolíneas ya han empezado a aplicar procesos de reasignación de flota en el corto plazo, también llamados “close-in re-fleeting”. En teoría estos procesos bien supervisados y controlados, pueden lograr intercambiar un avión de mayor capacidad en un vuelo que no ha tenido una buena demanda hacia otro que tiene sobre demanda.

Sabre, una de las empresas de software y tecnología más especializadas en sistemas para aerolíneas, ya han lanzado productos y sistemas de administración de flota con la capacidad de hacer close-in re-refleeting, ofreciendo incrementos de la utilidad neta desde 0,5% hasta un 3%⁴

Es entonces justificable, el hacer una investigación descriptiva de la implementación de estos procesos en una aerolínea chilena, que le entregue al lector, una perspectiva general de las partes de un modelo de D³, que se apoye en la experiencia e información obtenida de los resultados de la implementación de este sistema en base a la experiencia comparada de Latam Airlines.

⁴ http://www.sabreairlinesolutions.com/home/industry_challenges/matching_capacity_to_demand/#d3

Objetivo General

Implementación de Demand Driven Dispatch (D3) aplicado en Latam Airlines.

Objetivos específicos

1. Definir el modelo D3 y sus antecedentes generales, y describir la incorporación de D3 en Aerolíneas a nivel global
2. Describir la implementación de D3 en Latam Airlines e indagar el estado de avance de conocimiento o implementación del modelo D3 en aerolíneas nacionales.
3. Analizar la implementación del D3 en Latam Airlines, basado en entrevistas de quienes tienen o tuvieron a cargo el modelo.
4. Estimar los beneficios de la implementación en Latam Airlines.

Metodología

El trabajo realizado en esta memoria es principalmente una investigación documental. Se han comparado distintas fuentes de información y se aplicaron un conjunto de fundamentos teóricos a la problemática estudiada. La primera etapa se dedicará a describir en términos generales los procesos que están involucrados en la planificación de itinerarios, flota y tripulaciones, según los principales referentes de la industria aeronáutica. Posteriormente se describe el proceso de D³ en base a una recopilación de las investigaciones académicas, papers disponibles y un ejercicio práctico aplicado a la operación de Latam Airlines. Se realizaron entrevistas para recopilar el estado de implementación en las aerolíneas con bi flota ó multi flota que operan en Chile. Finalmente se realizaron comparaciones entre los datos recopilados y se describe con amplitud el modelo implementado en Latam Airlines.

I. ESTADO DEL ARTE

Marco teórico

Principales variables económicas de una aerolínea

En la industria de las aerolíneas, se pueden definir varias medidas estandarizadas del rendimiento de una aerolínea, como veremos a continuación, nombraremos las principales definiciones y terminología sobre este tema.

Las mediciones sobre el tráfico de aerolínea, cuantifica la cantidad de oferta que es consumida o vendida. Este tráfico puede dividirse en pasajeros y carga, pudiendo ser ésta última de fletes aéreos, transporte de correspondencia o de equipaje de pasajeros. Todas las aerolíneas que se dedican al transporte de cargas manejan principalmente fletes aéreos, mientras que las aerolíneas de pasajeros pueden manejar de los 4 tipos de ofertas mencionadas.

Para las aerolíneas de pasajeros, el tráfico se refiere a los pasajeros transportados, en cambio la demanda incluye también a los pasajeros transportados más los pasajeros que tienen el deseo de viajar, pero no pudieron ser acomodados dado que la capacidad ofrecida no fue suficiente. Dado cierto nivel de tarifas para los pasajes existe una parte de la demanda que está dispuesta a comprar, pero dada una limitada oferta de asientos disponibles, la demanda se divide entre los pasajeros transportados, quienes lograron comprar, y la parte que no logro conseguir un pasaje, o “demanda rechazada” o “spill” que significa derrame en inglés.

El tráfico de las líneas aéreas de pasajeros puede medirse en términos del número de pasajeros transportados, pero la medida más común del tráfico de las líneas aéreas es el

ingreso por kilómetro de pasajero transportado (RPK⁵). Por lo tanto, 1 RPK se define como un pasajero transportado 1 kilómetro. Por ejemplo, un vuelo que transporta 120 pasajeros a lo largo de una distancia de 1000 km genera 120.000 RPK de tráfico aéreo.

La tarifa pagada por los pasajeros para viajar en avión varía según la distancia, por temporada y de acuerdo con las condiciones y características de la tarifa comprada (por ejemplo, clase de negocios o tarifas de excursión de compra anticipada). El rendimiento es una medida de la tarifa promedio pagada por todos los pasajeros por kilómetro volada, en un mercado, en un conjunto de rutas o en una región de operación para una línea aérea. El rendimiento se calcula dividiendo los ingresos totales de pasajeros recaudados por el número de RPK transportados. En nuestro ejemplo, si el vuelo que transportaba 120.000 RPK genera \$ 15.000 USD de los ingresos totales de pasajeros, su rendimiento sería de \$ 0,125 UDS por RPK (es decir, \$ 15 000/120 000).

La oferta de una aerolínea de pasajeros puede representarse de varias maneras, incluyendo el número de vuelos y el número de asientos volados. De forma similar a RPK, la medida más común de la oferta de la línea aérea es un kilómetro de asiento disponible, ASK⁶. Por lo tanto, 1 ASK se define como un asiento disponible volado 1 kilómetro. Si nuestro ejemplo de vuelo opera en una distancia de 1000 km con un avión de 200 asientos, genera 200.000 ASK de oferta disponible en la línea aérea.

Al generar su operación, la aerolínea incurre en una variedad de gastos. El gasto operativo promedio por unidad de producto, ASK, es el costo unitario de la aerolínea. El costo unitario se define como el gasto operativo total dividido por el ASK producido por una línea aérea, para una ruta, región o red total. Si la aerolínea incurre en un gasto de \$ 14.000

⁵ Acrónimo en inglés de Revenue Passenger Kilometers.

⁶ Acrónimo en inglés de Available Seat Kilometers

USD para operar nuestro vuelo de ejemplo, el costo unitario de este vuelo sería de \$ 0.07 USD por ASK (es decir, \$ 14.000/200.000).

Existe lo que se llama el factor de carga (también llamado factor de Ocupación F.O.), que se refiere a la relación entre el tráfico de pasajeros y la oferta de asientos de la línea aérea, que representa la proporción de la producción de la línea aérea que se vende o consume. Para un único tramo de vuelo (es decir, una operación sin escalas), su factor de carga puede definirse simplemente como el número de pasajeros dividido por el número de asientos en el vuelo. Para nuestro vuelo de ejemplo, el factor de carga puede calcularse como pasajeros transportados divididos por asientos disponibles, o el 60% (120/200).

Debido a que la mayoría de las aerolíneas operan muchos vuelos, cada uno con diferentes distancias voladas, la proporción de la oferta cubierta está mejor representada por un factor de carga promedio, definido como la relación entre RPK y ASK. El factor de carga de nuestro vuelo de ejemplo también puede calcularse como 120.000 RPK dividido entre 200.000 ASK o el 60%.

Estas cinco medidas - (RPK), rendimiento, capacidad (ASK), costo unitario y factor de carga - son las medidas más comunes del rendimiento de la aerolínea de pasajeros.

Ecuación básica de rentabilidad en una aerolínea

En cuanto a cualquier industria, la Utilidad Operacional de una línea aérea se define como el ingreso total menos el gasto operativo total. Para las líneas aéreas de pasajeros, los términos de ingresos y gastos se pueden desglosar en las medidas de producción y ventas definidas anteriormente, de la siguiente manera:

$$\text{Utilidad Operacional} = \text{RPK} \times \text{Rendimiento} - \text{ASK} \times \text{Costo unitario}$$

Esta ecuación básica de utilidad de la aerolínea ilustra cómo el uso de cualquiera de los términos individuales definidos anteriormente para medir el desempeño de la aerolínea puede ser engañoso. Por ejemplo, el alto rendimiento a menudo se usa incorrectamente como un indicador del éxito de las aerolíneas e incluso de la rentabilidad. Un alto rendimiento claramente no es deseable si solo unos pocos pasajeros pagan una tarifa muy alta y dejan una gran proporción de asientos sin usar, y los ingresos totales que no cubren los gastos operativos totales. Como regla general, el rendimiento es un indicador deficiente de la rentabilidad de las aerolíneas en sí mismo.

Los bajos costos unitarios también se mencionan a menudo como una medida del éxito de las aerolíneas. Aunque los bajos costos de producción proporcionan una ventaja competitiva en cualquier industria, los bajos costos unitarios son de poco valor para una aerolínea si los rendimientos son bajos y/o los factores de ocupación son bajos, y los ingresos totales no cubren los gastos operativos totales.

Dada esta ecuación básica de ganancias, la estrategia obvia de maximizar las ganancias de las aerolíneas es aumentar los ingresos y/o disminuir los costos. Sin embargo, existen interacciones importantes entre los términos de la ecuación, por lo que ningún término puede variarse sin afectar otros términos y, a su vez, el beneficio operativo general. Por ejemplo, una estrategia diseñada para aumentar los ingresos requiere que la aerolínea aumente su tráfico transportado (RPK) y / o aumente sus tarifas promedio (rendimiento). Cualquiera de las dos tácticas puede tener impactos involuntarios y potencialmente negativos en otros términos en la ecuación de ganancias de la aerolínea.

La ecuación básica de ganancias de las aerolíneas que se presenta aquí incorpora las cinco medidas más comunes del desempeño de las aerolíneas de pasajeros presentadas anteriormente, e ilustra la interdependencia entre estas medidas en las decisiones de

gestión de las líneas aéreas. La explicación de cómo el cambio cada uno de estos factores afecta la rentabilidad total es compleja y abarca un sin número de otras variables. En general diremos que las estrategias deben ser muy bien elaboradas para que los cambios de tarificación, determinación de oferta, reducción de costos de operación y otros, no mermen las ventajas competitivas de la aerolínea.

Mercado Origen y Destino (O&D)

La demanda de viajes aéreos se define para un mercado de origen-destino (O-D), no para un tramo de vuelo en una red de líneas aéreas. La demanda de viajes aéreos típicamente se mide en términos de flujo (potencial) por período de tiempo en una o ambas direcciones de un mercado O-D. Por ejemplo, el número de personas que desean viajar del origen A al destino B durante un período de tiempo dado (p. Ej., Por día) es la demanda total del mercado O-D en una sola dirección.

Tenga en cuenta que el número de personas que viajan de A a B durante un período de tiempo incluirá tanto a los viajeros que comienzan su viaje en A (y que pertenecen al mercado de ida y vuelta A- B- A) como a los viajeros que regresan a casa y terminan su viaje. (perteneciente al mercado de ida y vuelta B- A- B). Si bien es posible separar estos mercados de ida y vuelta opuestos, la mayoría de las fuentes de datos suelen agregar estas demandas. La demanda total de O-D se puede medir como el número de viajes de un solo sentido por pasajero en una sola dirección o, alternativamente, viajes de un solo pasajero por período sumados en ambas direcciones del mercado O-D. En mercados con flujos razonablemente equilibrados en cada dirección, este último será el doble del anterior. Un mercado único de O-D suele ser atendido por muchas rutas de aerolíneas competidoras (non-stop, one-stop y de conexión). Como resultado, el volumen de demanda del mercado O-D no puede determinarse simplemente contando el número de pasajeros en vuelos sin escalas que operan entre el origen y el destino.

Procesos de planificación de una aerolínea

Las decisiones de planificación más importantes que enfrentan los gerentes de líneas aéreas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Planificación de flotas: ¿qué tipo de avión adquirir, ¿cuándo y cuántos de cada uno?
- Planificación de ruta: ¿dónde volar la aeronave de manera rentable, sujeto a restricciones de disponibilidad de la flota?
- Desarrollo del itinerario: ¿con qué frecuencia y en qué horarios en cada ruta se deben operar los vuelos, sujeto a las limitaciones operativas y de la aeronave?

Planificación de flota

La composición de la flota es una de las decisiones estratégicas más importantes a largo plazo para una línea aérea, en términos de su proceso de planificación y, en última instancia, de sus operaciones. La flota de una línea aérea se describe por el número total de aeronaves que opera una línea aérea en un momento dado, así como por los tipos específicos de aeronaves que componen la flota total. Cada tipo de aeronave tiene diferentes características relacionadas con el rendimiento técnico, las más importantes de las cuales determinan su capacidad para llevar la carga útil en una distancia máxima de vuelo, o "alcance".

Las decisiones tomadas por una aerolínea para adquirir nuevas aeronaves o retirar aeronaves existentes en su flota tienen un impacto directo en la posición financiera general de la aerolínea, los costos de operación y especialmente su capacidad para servir rutas específicas de una manera rentable. La decisión de adquirir una nueva aeronave por parte de una línea aérea representa una gran inversión de capital con un horizonte operacional y económico a largo plazo.

Los impactos en la posición financiera de una línea aérea de dicha inversión incluyen los costos de depreciación que generalmente se incurren por 10 a 15 años, así como los aumentos en la deuda a largo plazo y los gastos por intereses asociados. Desde una perspectiva operacional, la decisión de adquirir un tipo de aeronave específico puede tener un impacto aún mayor, ya que algunas aeronaves comerciales se han operado económicamente durante más de 30 años.

El problema de planificación de la flota que enfrenta una aerolínea es, de hecho, un problema de fases óptimas. La composición de la flota de una línea aérea se define para un punto particular en el tiempo, pero cambia con cada avión adicional adquirido y cada avión existente que se retira de la flota. Por lo tanto, el plan de flota de una línea aérea debe reflejar una estrategia para períodos múltiples en el futuro, incluyendo la cantidad de aeronaves requeridas por tipo de aeronave, el momento de entregas futuras y el retiro de la flota existente, así como planes de contingencia para permitir flexibilidad en el plan de la flota dada la tremenda incertidumbre sobre las condiciones futuras del mercado. La definición de dicho plan de flota multifásica también debe reconocer las restricciones impuestas por la flota existente, la capacidad de deshacerse de aeronaves más antiguas y la disponibilidad de futuras franjas de entrega (es decir, tiempos de entrega planificados) de los fabricantes de aeronaves y / o compañías de leasing.

Planificación de Ruta

Dada la elección del avión de la aerolínea y un plan de flota que determina la disponibilidad de aeronaves con diferentes capacidades y características de alcance, el siguiente paso en el proceso de planificación de la aerolínea es determinar las rutas específicas que se volarán. En algunos casos, la secuencia de estas decisiones se invierte, ya que la identificación de una oportunidad de ruta rentable puede requerir la adquisición de un nuevo tipo de aeronave que actualmente no está en la flota de la línea aérea.

Las consideraciones económicas y la rentabilidad esperada impulsan las evaluaciones de ruta para la mayoría de las aerolíneas. Las estimaciones de rentabilidad de ruta requieren pronósticos de demanda e ingresos para el período considerado. En las redes de líneas aéreas grandes, el soporte del flujo de tráfico de los vuelos de conexión puede ser crítico para la rentabilidad de la ruta. Con la evolución de las redes “hub” de conexión en todo el mundo, muy pocos vuelos operados por líneas aéreas de red transportan solo pasajeros O-D locales (es decir, demanda originada en A y destinada a B en un vuelo de A a B). La gran mayoría de los vuelos operados en redes de centros aéreos, ofrecen un suministro conjunto de asientos a numerosos mercados O-D simultáneamente, una realidad que hace que la estimación de la rentabilidad de las rutas sea aún más complicada.

Las estructuras de red de Hub-and-spoke permiten a las aerolíneas servir a muchos mercados O-D con menos salidas de vuelo, requiriendo menos aeronaves que generan menos ASK a costos operativos totales más bajos que en una red completa de rutas punto a punto. Una red Hub-and-spoke o "banco de conexión" se refiere a una operación central en la que muchas aeronaves llegan al aeropuerto central, los pasajeros y el equipaje se mueven entre los vuelos de conexión, y la aeronave luego sale con los pasajeros y el equipaje de conexión a bordo. Los bancos de conexión tienen una duración de aproximadamente 1 hora en redes centrales nacionales más pequeñas a 2 - 3 horas en redes centrales internacionales más grandes.

Por ejemplo, de un banco de conexión con 20 vuelos de llegada seguidos por 20 vuelos de salida, cada tramo de vuelo que llega o sale del centro al mismo tiempo sirve a 21 mercados de OD: un mercado "local" entre el hub y el spoke, más 20 conexiones adicionales, si asumimos una sola dirección de flujo de pasajeros. Este banco de conexión único brinda servicio a un total de 440 mercados O-D con solo 40 tramos de vuelo y tan solo 20 aviones volando a través del hub. Por el contrario, una red completa "punto a

punto" que proporcione un servicio sin paradas a cada mercado requeriría 440 tramos de vuelo y cientos de aviones, según los requisitos de programación.

La capacidad de la aerolínea para controlar su Hub consolidando el tráfico de muchos mercados O-D le permite proporcionar servicio de conexión incluso a mercados O-D de baja demanda que de otro modo no podrían soportar vuelos sin escalas. La consolidación de las demandas del mercado O-D permite además que la aerolínea central proporcione una mayor frecuencia de salidas de conexión, ya que es probable que opere varios bancos de conexión por día en cada dirección en su aeropuerto central.

Las redes de grandes Hubs resultan en ventajas de cuota de mercado que se traducen en mayores ingresos para la aerolínea (además de los costos operativos reducidos descritos anteriormente). Con la posibilidad de que la aerolínea ofrezca una frecuencia de salida (de conexión) mayor en muchos mercados O-D, horarios más convenientes pueden llevar a mayores cuotas de mercado frente a los competidores. Las conexiones en línea (es decir, entre dos vuelos operados por la misma línea aérea) en el hub de operaciones mejoran la conveniencia de los pasajeros, en comparación con las conexiones entre aerolíneas (entre vuelos operados por dos aerolíneas diferentes). Con redes de hub más grandes, la aerolínea puede ofrecer mayores opciones de recompensas y ganancias para los programas de viajero frecuente para los pasajeros, dada una mayor cobertura de red y servicio en línea para muchos mercados de O-D. Al mismo tiempo, programar el dominio de los mercados "locales" dentro y fuera del centro puede generar ventajas de precios e ingresos para la aerolínea central en esos mercados.

La consolidación de las operaciones de una aerolínea en un gran aeropuerto central tiene varias ventajas operacionales y de costos. La aerolínea generalmente requerirá menos ubicaciones "de base" para el mantenimiento de su aeronave y el domicilio de la

tripulación, lo que resultará en una reducción de la tripulación y los gastos de mantenimiento. Hay menos lugares donde los pasajeros o sus equipajes pueden desconectarse, y múltiples bancos de conexión cada día pueden reducir los retrasos asociados con tales conexiones perdidas. El gran volumen de operaciones en el aeropuerto central lleva a economías de escala en términos de operaciones de mantenimiento de aeronaves, instalaciones de catering y servicios de escala en aeropuertos.

Las redes de Hub también ofrecen algunas posibles ventajas de programación de aviones y tripulación para la aerolínea. El establecimiento de tiempos de banco de conexión fijos en el centro permite simplificar la programación de la aeronave y la tripulación, ya que los "mejores" horarios de llegada y salida en el aeropuerto central están, en esencia, predeterminados por los bancos de conexión. También proporciona más oportunidades para "intercambiar" aeronaves en respuesta a retrasos, cancelaciones y operaciones irregulares, dado que una gran cantidad de aeronaves están en tierra simultáneamente durante un banco de conexión. Como lo veremos en el desarrollo de esta memoria, en la medida en que muchas de las aeronaves probablemente sean del mismo tipo de flota, esto aumenta aún más la flexibilidad de la aerolínea para intercambiar aeronaves de un vuelo a otro, según sea necesario.

El proceso de evaluación de rutas

Dado un plan de flota, el proceso de planificación y evaluación de rutas implica la selección por parte de la línea aérea de las rutas que se deben volar. La decisión de selección de ruta es estratégica y táctica. Es un componente esencial de una estrategia de red integrada o "visión" para la aerolínea, que debe decidir si se centra en los servicios de corta o larga distancia, las operaciones nacionales o internacionales. Al mismo tiempo, las características de las rutas seleccionadas afectarán los tipos de "productos" que la aerolínea ofrece a los viajeros. Por ejemplo, una red internacional de rutas probablemente

conduzca a la decisión de ofrecer productos comerciales y de primera clase para ser competitivos.

La distancia o "longitud de la etapa" de las rutas seleccionadas también afectará la estructura de costos de la línea aérea, ya que las rutas más largas probablemente se volarán con aviones más grandes que tengan costos unitarios más bajos por asiento y por ASK.

La planificación de rutas también puede ser un proceso táctico de mucho más corto plazo, ya que las oportunidades de rutas inesperadas a menudo se presentan a la aerolínea con cambios en el entorno del mercado. Por ejemplo, la quiebra de otra aerolínea, un retiro de una ruta por parte de un competidor o un acuerdo bilateral recientemente negociado con otro país puede conducir a nuevas oportunidades de ruta que deben ser atendidas en cuestión de meses o incluso semanas.

Las consideraciones económicas dominan la evaluación de rutas, especialmente para las aerolíneas que operan en entornos competitivos con un objetivo de maximización de ganancias. Estas evaluaciones del potencial de una ruta para ser rentable se pueden realizar a un nivel muy alto o en un nivel de evaluación más detallado. Quizás los análisis más importantes para cualquier evaluación de ruta son los pronósticos de la demanda potencial de pasajeros y carga (así como los ingresos esperados) para la ruta propuesta. Para una ruta dada, es probable que la demanda del mercado O-D sea la principal fuente de demanda e ingresos, pero lejos de ser la única fuente. En las redes de hubs de líneas aéreas, la compatibilidad del flujo de tráfico con la nueva ruta desde los vuelos de conexión y otros mercados O-D (no locales) puede marcar la diferencia entre obtener la rentabilidad esperada de la ruta o generar pérdidas económicas para la compañía aérea.

Desarrollo del Itinerario

El siguiente gran paso en el proceso de planificación de la aerolínea, como lo hemos ido desarrollando, es el desarrollo del itinerario. Dado un conjunto de rutas para ser operadas en una red de líneas aéreas, y una flota de aviones, el desarrollo del itinerario involucra cuatro tareas diferentes pero interrelacionadas:

- Planificación de frecuencia: ¿con qué frecuencia debe la aerolínea operar vuelos en la (s) ruta (s) seleccionada (s)?
- Desarrollo de horarios: ¿en qué horarios deben programarse las salidas de los vuelos?
- Asignación de flota: ¿Qué tipo de avión se debe usar para cada hora de salida?
- Planificación de la rotación de la aeronave: ¿cómo debe volar cada tipo de avión sobre la red de la línea aérea para garantizar un balance general de las llegadas y salidas de las aeronaves en cada aeropuerto?

En general, el proceso de desarrollo del itinerario comienza un año o más antes de la partida del vuelo y puede continuar hasta el momento real de partida. Los planes de frecuencia se establecen primero, basados tanto en las evaluaciones de ruta realizadas con un año o más de anticipación, como en la disponibilidad de la aeronave, como también en el resultado de las decisiones de planificación de la flota que se toman típicamente de 2 a 5 años antes. Los horarios específicos de salida y los planes de rotación de aeronaves se desarrollan con hasta 1 año de anticipación y se finalizan entre 2 y 6 meses antes de la partida. Las revisiones finales del itinerario planeado y las rotaciones de aeronaves se realizan según sea necesario más cerca de la salida, mientras que las restricciones operacionales inesperadas (mantenimiento, clima) pueden requerir cambios de horario y planificación de "operaciones irregulares" hasta que el vuelo realmente parta.

Los trade-off inherentes al desarrollo de itinerarios de aerolíneas implican maximizar la conveniencia de los pasajeros (lo que a su vez conduce a mayores ingresos para la aerolínea) y cumplir numerosas restricciones operativas que no siempre maximizan la conveniencia para cada pasajero. Recuerde que la frecuencia del servicio y el itinerario de salidas de los vuelos en cada ruta servida son quizás los factores determinantes más importantes de la participación en el mercado de las líneas aéreas, particularmente en rutas con una gran proporción de demanda comercial. Los pasajeros elegirán la combinación de horarios de vuelo, precios y calidad del producto que minimice su espera y la comodidad general de los viajes aéreos.

Planificación de Frecuencias

Los aumentos en la frecuencia de las salidas en una ruta mejoran la comodidad de los viajes aéreos de los pasajeros. La aerolínea puede beneficiarse de un mayor tráfico y los ingresos asociados con esta mayor frecuencia, en términos de más pasajeros dispuestos a volar dado los servicios de transporte aéreo más convenientes (es decir, estimulación de la demanda debido a una mayor frecuencia) y una mayor cuota de mercado a expensas de sus competidores.

Las horas pico de salida (temprano en la mañana y en la tarde) son más atractivas para una gran proporción de viajeros en muchos mercados, ya que las distribuciones de "hora del día" de los tiempos de salida deseados tienden a agruparse alrededor de las 08:00 a 09:00 y de 17:00 a 18:00 hrs. Las salidas de vuelos más frecuentes reducen aún más el desplazamiento del calendario o el "tiempo de espera" entre los vuelos, reduciendo los inconvenientes de viaje para más pasajeros. Recordemos que la frecuencia es mucho más importante en los mercados de corta distancia que en las rutas de larga distancia donde el tiempo de vuelo real domina el "tiempo de espera". En los mercados competitivos, la frecuencia de las aerolíneas es más importante para captar viajeros de negocios sensibles

al tiempo. La frecuencia de las salidas puede ser tan importante como la calidad de la ruta (sin escalas) en muchos casos.

Aunque la determinación de la frecuencia de servicio "óptima" en una ruta involucra elementos de estrategia competitiva, en la mayoría de los casos se puede usar un análisis de pronósticos de demanda y participación de mercado esperada para establecer una frecuencia "inicial" de vuelos en una ruta que puede ser operado de manera rentable por la aerolínea. En función de los resultados del proceso de evaluación de ruta, la línea aérea ya debe tener estimaciones de la demanda "local" total entre el origen y el destino atendidos por la ruta considerada. La cuota de mercado esperada de la aerolínea de esta demanda total se determina entonces por su frecuencia y horario específico de salidas de vuelo, en relación con sus competidores en la misma ruta.

Desarrollo de horarios

Dada una frecuencia elegida de servicio en cada ruta, el siguiente paso en el proceso de desarrollo del itinerario es generar un cronograma específico de salidas de vuelo. Como se presentó anteriormente, un objetivo inicial para la aerolínea es proporcionar salidas en los períodos pico (09:00 y 17:00), especialmente en las rutas que atienden la demanda del negocio. Sin embargo, no todas las salidas pueden ser en períodos pico en todas las rutas posibles, teniendo en cuenta la flota de aeronaves y las consideraciones de rotación. Es decir, la mayoría de las aerolíneas no tienen aviones suficientes para permitirles programar salidas en cada ruta de su red a las 09:00, por ejemplo.

El establecimiento de un cronograma de salidas de vuelo requiere una compensación entre la maximización de la utilización de la aeronave (horas de bloqueo por día) y la conveniencia del horario para los pasajeros. El cronograma debe incorporar tiempos mínimos de "turnaround" requeridos en cada aeropuerto para desembarcar y abordar

pasajeros, repostar y limpiar aeronaves. Los tiempos de turnaround mínimos variarán según el tipo de aeronave y las características de los vuelos involucrados. Un avión de 100 asientos en el servicio doméstico se puede cambiar en tan solo 20-30 minutos, mientras que un avión de 400 asientos utilizado para vuelos internacionales puede tomar 2 horas o más para volver a salir.

Asignación de flota y rotación de aeronaves

El problema de la asignación de la flota es determinar el tipo de aeronave que se volará en cada despegue de los “Legs” del vuelo, dada una red planificada de rutas y el horario especificado de los vuelos. La "asignación de flota" no debe confundirse con la “planificación de la flota”. La asignación de flota es una decisión táctica tomada después de que se ha desarrollado un cronograma inicial, y mucho después de que se hayan tomado decisiones a más largo plazo sobre la adquisición de la flota y las redes de rutas. La asignación de flota se limita a una selección de tipos de aeronaves de la flota existente de la línea aérea.

El objetivo de la asignación de la flota es minimizar los costos combinados de "spill" (demanda rechazada) y los costos de operación de la aeronave. El “derrame” o spill ocurre cuando la aeronave asignada a una salida de vuelo es demasiado pequeña y la demanda potencial y los ingresos se pierden para la línea aérea. Spill es la pérdida de reservas debido al hecho de que el vuelo ha sido completamente reservado a su capacidad. El spill puede reducirse (o eliminarse) mediante la asignación de un avión lo suficientemente grande como para acomodar todos los pasajeros posibles del día de mayor demanda para el vuelo en cuestión. Sin embargo, los aviones más grandes tienen costos operativos más altos y volarán con muchos asientos vacíos en la mayoría de los días de baja demanda.

Muchas líneas aéreas tienen modelos de asignación de flota basados en métodos de optimización de redes matemáticas a gran escala (por ejemplo, Subramanian et al., 1994; Hane et al., 1995). Estos modelos computacionales asignan de manera óptima aeronaves para minimizar los costos de derrames más los costos de operación (o de manera equivalente, maximizar la rentabilidad), sujetos a restricciones tales como tiempos mínimos de tierra, requisitos de mantenimiento, cantidad de aeronaves por tipo disponible en la flota de la línea aérea. Las restricciones de rotación de las aeronaves en las formulaciones del modelo de asignación de la flota aseguran los ciclos factibles de la aeronave y el balance de entrada / salida de la aeronave en cada aeropuerto.

Incluso con los modelos de optimización de asignación de flota actuales, es importante reconocer que no es posible lograr una combinación perfecta de oferta con demanda en cada vuelo en el horario, dada la necesidad de equilibrar el flujo de aeronaves en toda la red de líneas aéreas. La asignación "óptima" de la aeronave a un vuelo dado podría de hecho ser demasiado grande o pequeña para la demanda en ese vuelo, pero puede generar un beneficio operativo máximo en toda la red. Considere este simple ejemplo: asignar un avión de 100 asientos a la hora de alta demanda 09:00 de partida de A a B y a la posterior salida en baja demanda de B a A podría resultar en un spill de A a B en ciertos días de alta demanda, pero el factor de ocupación en el vuelo de regreso de B a A en el horario de baja demanda podría ser muy bajo. En este caso, reducir spill en el primer vuelo operando un avión más grande solo empeorará el rendimiento del factor de carga del segundo vuelo (de retorno). El tamaño del avión "óptimo" debe considerar dos (o más) vuelos en la misma rotación de aeronaves.

Los modelos de asignación de flota también incluyen el tamaño de la flota y las restricciones de equilibrio de la aeronave. Los modelos de enrutamiento de aeronaves se utilizan para asignar "números de cola" específicos de aeronaves a cada vuelo, creando

rotaciones que satisfacen los requisitos de mantenimiento de la aeronave. Las soluciones a tales problemas de optimización han permitido a las aerolíneas lograr tasas de utilización de aeronaves más altas. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, una mayor utilización de la aeronave lograda mediante la minimización de los tiempos de respuesta también puede conducir a un menor tiempo de "amortiguación" para recuperarse de mantenimiento inesperado y retrasos climáticos.

Revenue Management

Como en el caso de la demanda de viajes aéreos, las tarifas aéreas se definen para un mercado O-D, no para un tramo de vuelo de una aerolínea. Es decir, los precios de las líneas aéreas se establecen para viajar entre el punto de origen A y el punto de destino C, donde AC (o CA) es el mercado relevante. Dada la "dicotomía de la oferta y la demanda", es posible para los viajeros en el mercado de CA elegir entre muchas opciones de itinerario (o camino) que pueden incluir vuelos sin escalas, de una sola parada o de conexión. Al mismo tiempo, un tramo de vuelo único sirve a muchos mercados O-D diferentes, cada uno con su propio conjunto de precios.

El uso de precios diferenciales por parte de las aerolíneas en un mercado O-D está diseñado para presentar una gama de opciones de productos de tarifas a los consumidores, quienes deben compensar la inconveniencia de las restricciones tarifarias asociadas con las tarifas más bajas y los precios más altos de las tarifas sin restricciones. En términos microeconómicos, las estructuras tarifarias de las líneas aéreas permiten a cada consumidor maximizar su utilidad, sujeto a una restricción presupuestaria.

Se supone que los viajeros de negocios están dispuestos a pagar tarifas más altas a cambio de más comodidad y menos restricciones en la compra y el uso de boletos, lo que significa que el precio es menos importante para ellos que la des-utilidad de estas restricciones. Los

viajeros de placer están menos dispuestos a pagar precios más altos, pero aceptan los "costos" de des-utilidad de las restricciones en productos de tarifa baja, los tiempos de viaje más largos asociados con los vuelos de conexión y una menor calidad del servicio a bordo.

El concepto económico de disposición a pagar “willingness to pay” (WTP) se define por la curva teórica de la relación precio-demanda. La curva de demanda de precios puede interpretarse como el precio máximo que pagará un número dado de consumidores por un producto o servicio específico. El uso de principios de fijación de precios diferenciales por parte de las aerolíneas es un intento de hacer que aquellos con mayor WTP compren las opciones de productos de tarifas menos restrictivas y de mayor precio.

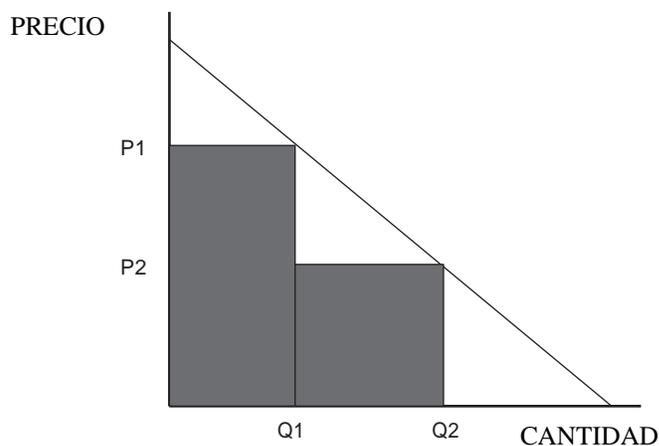


Figura I 1 ejemplo de curva de demanda de precio para un mercado

En la figura I-1, se ilustra una curva de demanda de precio para un mercado O-D. Si la aerolínea ofrece una tarifa P1 no restringida a aquellos consumidores con una WTP más alta, esperaríamos que los consumidores del primer trimestre comprarán esta tarifa porque

tienen una WTP igual a P1 o superior. Si la aerolínea también ofrece una tarifa P2 más baja o "con descuento" para aquellos consumidores con una WTP más baja, entonces se esperaría que los consumidores adicionales Q2 - Q1 compren esta tarifa más baja, ya que tienen una WTP superior a P2 pero inferior a P1. Este modelo simple supone que la aerolínea tiene una capacidad perfecta para segmentar la demanda según WTP, de modo que todos los consumidores con alta WTP compren la tarifa más alta P1.

Aceptando por el momento la suposición de que la aerolínea tiene la capacidad perfecta para segmentar su demanda del mercado por WTP, como se muestra en la Figura I-1, se pueden identificar las ventajas de los precios diferenciales tanto para la aerolínea como para los consumidores. Para la aerolínea, ofrecer dos tarifas diferentes en lugar de una tarifa única para todos los pasajeros (que podría ser entre P1 y P2) le permite aumentar los ingresos totales de vuelo con poco impacto en los costos operativos totales. Los ingresos incrementales serán claramente generados por pasajeros con tarifas de descuento que de otra manera no volarían con una sola tarifa entre P1 y P2. Los ingresos incrementales también se generarán a partir de los pasajeros de tarifa alta dispuestos a pagar P1, que es más de lo que la línea aérea cobraría bajo una única estrategia de precios. A un nivel de tarifa única, muchas aerolíneas "heredadas" con altos costos no podrían atraer suficientes pasajeros (e ingresos) para cubrir los costos operativos totales de sus vuelos.

Los consumidores también pueden beneficiarse del uso de tarifas diferenciales por parte de las aerolíneas. Obviamente, los pasajeros de descuento que pagan a P2 que de otra forma no volarían al nivel de tarifa única se benefician de la práctica. Si bien es cierto que algunos pasajeros de tarifa alta que pagan P1 están pagando más de lo que pagarían si la aerolínea ofreciera un nivel de precio único entre P1 y P2, también es concebible que estos pasajeros de tarifa alta realmente terminen pagando menos y / o disfruten más frecuencia

de vuelos dada la presencia de pasajeros con tarifas bajas. Este argumento se basa en la premisa de que, sin pasajeros de tarifas bajas que contribuyan con ingresos incrementales a los costos operativos de la aerolínea, los pasajeros con tarifas altas tendrían que pagar tarifas aún más altas y / o tener un conjunto reducido de opciones de salida de vuelo.

El uso exitoso de los principios de precios diferenciales depende de la capacidad de la línea aérea para identificar diferentes grupos o segmentos de demanda. En teoría, los ingresos totales en un mercado O-D (o incluso en un solo vuelo) se maximizan cuando cada cliente paga un precio diferente igual a su WTP. En el contexto de la curva de demanda de precios que se muestra en la Figura I-1, toda el área triangular debajo de la curva representa los ingresos potenciales totales disponibles en un mercado. Si la aerolínea pudiera cobrar un precio diferente para cada consumidor en función de su WTP máxima, sus ingresos se acercarían a este ingreso máximo potencial teórico total. En la práctica, dicha segmentación teórica es claramente imposible de lograr ya que las aerolíneas no pueden determinar la WTP de cada individuo para un viaje dado, ni pueden publicar diferentes tarifas disponibles solo para individuos específicos.

En cambio, las líneas aéreas identifican segmentos de la demanda total del mercado con características similares, en términos de propósito de viaje, sensibilidad de precio y sensibilidad de tiempo. Los viajeros de negocios y de placer son los dos segmentos tradicionales a los que apuntan las aerolíneas en sus esfuerzos de precios diferenciales. Incluso con los recientes cambios en los patrones de demanda y la proporción decreciente de pasajeros de negocios versus pasajeros de ocio, esta sigue siendo la distinción más importante entre los segmentos de demanda de viajes aéreos para fines de fijación de precios. Es posible que la aerolínea aumente aún más los ingresos con más precios y productos dirigidos a segmentos de demanda adicionales, pero se hace más difícil

identificar las diferencias en los comportamientos de compra y viaje entre estos segmentos adicionales.

Para lograr la segmentación de la demanda requerida en la práctica, las aerolíneas pueden diferenciar físicamente sus productos de tarifas al ofrecer productos claramente identificables con diferente calidad de servicio, como clase de primera clase y clase ejecutiva además de clases de economía (o autocares). Por otro lado, las restricciones sobre la compra anticipada, uso y reembolsabilidad de productos con tarifas más económicas dentro de la clase económica, aunque no diferenciadores físicos del producto, están diseñadas para reducir el atractivo (aumentar la des utilidad) de estos productos de tarifas, particularmente para viajeros de negocios.

Los objetivos generales para una aerolínea que establece una estructura tarifaria diferenciada en cualquier mercado O-D se pueden resumir de la siguiente manera. Debería ofrecerse una gama lo suficientemente amplia de opciones de productos de tarifas a diferentes niveles de precios para capturar la mayor cantidad de potencial de ingresos de la curva de demanda de precios de mercado, al tiempo que se garantiza que cada producto de tarifa pueda ser dirigido a segmentos específicos de demanda con diferentes niveles de WTP. En el extremo superior de la estructura tarifaria, la aerolínea debería ofrecer servicios de servicios mejorados que mejoren el atractivo de los productos de tarifas para los viajeros que no son sensibles al precio y que están dispuestos a pagar por estos servicios. Y, en el extremo inferior de la estructura tarifaria, se deben ofrecer precios lo suficientemente bajos como para estimular la nueva demanda de viajes de tarifas bajas para llenar los asientos vacíos que de otro modo permanecerían vacíos.

El objetivo más difícil es encontrar mecanismos para evitar el desvío de los consumidores con mayor WTP (que se esperaba que compren los productos de tarifa más alta) a los

productos de tarifa más baja, dado que estaban planeando volar de todos modos y que bien podrían ser consciente de las opciones de menor precio.

Como se indicó anteriormente, la aplicación de restricciones progresivamente más severas a los productos de tarifa baja es el principal mecanismo utilizado por las aerolíneas para evitar desvíos, ya que las diferencias en los servicios no son suficientes para evitar que muchos viajeros de WTP altos compren tarifas más bajas. Los tipos de restricciones aplicadas a las tarifas más bajas en la mayoría de los mercados O-D son familiares para la mayoría de los viajeros aéreos. Las tarifas más bajas suelen tener requisitos de compra anticipada y estancia mínima, así como tarifas de cancelación y cambio. Estas restricciones aumentan la inconveniencia o el "costo de des utilidad" de las tarifas bajas para los viajeros con una WTP alta, lo que hace que elijan tarifas más altas cuando minimizan su propia des utilidad del transporte aéreo. Los estudios han demostrado que la condición de "estadía mínima de sábado por la noche" es una de las más efectivas para evitar que los viajeros de negocios adquieran tarifas bajas (Boeing, 1988). Las condiciones de estadía mínima más largas (por ejemplo, 7 días) son más comunes en los mercados internacionales de larga distancia, ya que la restricción de estadía mínima los sábados por la noche no es suficiente para evitar el desvío de pasajeros de negocios a tarifas más bajas en viajes de larga distancia.

Un desafío importante para las aerolíneas que practican precios diferenciales es el establecimiento de un conjunto de restricciones de productos de tarifas que pueden reducir el potencial de desvío, especialmente a medida que cambian las valoraciones de pasajeros de las des utilidades de restricción. Casi cualquier conjunto de restricciones tarifarias será imperfecto en términos de segmentación de la demanda. En el modelo de precios diferenciales simples que se muestra en la Figura I-1, algunos porcentajes de aquellos en el segmento de mayor demanda comprarán la tarifa más baja en P2, que es más baja que

su WTP. Si, por ejemplo, el 50% de aquellos con una WTP alta que la aerolínea esperaba comprar la tarifa más alta en P1 se desvía a P2, se pierden ingresos (área teñida más clara en la Figura I-2). Este ejemplo ilustra la importancia crítica de las restricciones efectivas para apoyar la diferenciación de productos de tarifas. En el extremo, las restricciones inadecuadas en los productos de tarifa más baja, o "valladas de tarifas", pueden resultar en tanto desvío que desaparezcan los beneficios de ingresos de los precios diferenciales.

Por otro lado, si no pueden comprar una tarifa baja, algunos pasajeros "venderán" una tarifa más alta si son capaces de cumplir con las condiciones de la tarifa más baja, pero no pueden encontrar asientos con tarifas bajas. Este comportamiento también se conoce en la industria de las aerolíneas como "trade-up" y "buy-up". Sell-up es realmente lo opuesto a la diversión. Solo aquellos con una WTP más alta considerarán una tarifa más alta si no pueden obtener una reserva con la tarifa más baja. Aquellos con una WTP más alta solo estaban interesados en la tarifa más baja en primer lugar debido a restricciones inadecuadas en ella.

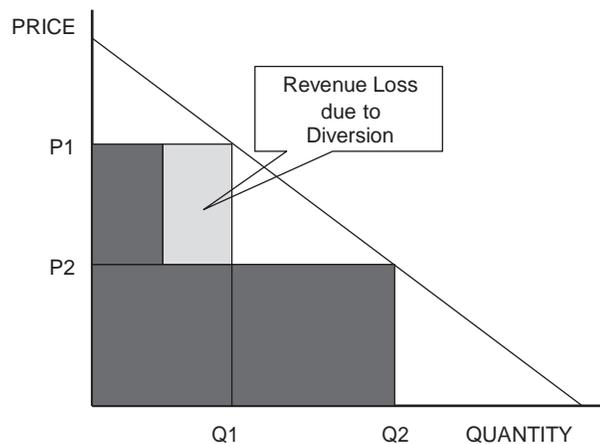


Figura I 2 Ejemplo de pérdida de ingresos por desviación de demanda.

Como se indicó anteriormente, se ofrecen múltiples "productos de tarifas" con diferentes características a diferentes segmentos de demanda que se supone tienen diferentes niveles de sensibilidad de precio y tiempo, así como también WTP. Dada la capacidad de establecer sus propias estructuras de tarifas en los mercados desregulados, las líneas aéreas se movieron hacia estructuras de tarifas diferenciadas basadas tanto en servicios como en restricciones de tarifas. Las comodidades del servicio diseñadas para hacer que los productos con tarifas más caras sean más atractivas para los consumidores con un WTP más alto incluyen espacio adicional para sentarse y comidas premium para diferenciar físicamente los productos de primera clase y de clase ejecutiva, por ejemplo. Muchas líneas aéreas también ofrecen líneas especiales de check-in, asientos preasignados y / o acceso al salón para pasajeros con tarifas económicas completas. Como se mencionó anteriormente, la flexibilidad total de compra y viaje asociada con tarifas sin restricciones se ha convertido efectivamente en un "servicio" en relación con las tarifas más restringidas y de menor precio.

Las restricciones de los productos tarifarios están diseñadas para hacer que las tarifas bajas sean menos atractivas para aquellos con una WTP más alta, al mismo tiempo que se ofrece a quienes tienen una WTP más baja una opción de viaje viable. Como resultado, una estadía mínima el sábado por la noche (o más) se ha asociado históricamente con la mayoría de las tarifas de descuento. Los requisitos de reserva anticipada y compra de boletos para tarifas de descuento varían de 7 a 21 días en la mayoría de los mercados O-D. Además, los productos con tarifas más económicas tienen condiciones de no reembolsabilidad y / o tarifas de cambio y cancelación.

La Tabla I-1 muestra un ejemplo simplificado de una estructura de tarifas tradicional que se basa en restricciones de tarifas para diferenciar los productos de tarifas ofrecidos dentro de la clase de servicio económica (es decir, sin incluir clases de primera clase o clases de

negocios). En este ejemplo hipotético, cada tarifa inferior a la tarifa de economía completa ("Y") tiene restricciones que requieren compra anticipada, una estadía mínima el sábado por la noche para el viajero, así como diversas tarifas de cambio y / o condiciones de no reembolsabilidad. Las restricciones se vuelven más severas a medida que aumenta el nivel de descuento de la tarifa de la economía completa.

Este tipo de estructura de tarifas refleja la diferenciación sustancial de los productos de tarifas basada en el uso de restricciones en lugar de servicios. Es efectivo para evitar que los viajeros de negocios con alto WTP hagan uso de las tarifas más bajas. De hecho, cualquier viajero de negocios que no pueda o no desee quedarse el sábado por la noche en su viaje de negocios no tiene más remedio que comprar la tarifa "Y" más alta. Incluso si un viajero de negocios está dispuesto a quedarse el sábado por la noche, las tarifas más bajas no son una opción si el viaje no se puede reservar con más de 7 días de antelación o si el viajero desea conservar la flexibilidad para realizar cambios y / u obtener un reembolso si el viaje tiene que ser cancelado.

Código de Tarifa	Precio (USD)	Anticipación de la compra	Estadía un día sábado	Comisión por Cambio	No - reembolsable
Y	\$800	--	--	--	--
B	\$400	7 días	SI	SI	--
M	\$300	14 días	SI	SI	SI
Q	\$200	21 días	SI	SI	SI

Tabla I- 1 estructura tradicional de tarifas con restricciones

Aunque la discusión se ha centrado en los precios de las aerolíneas hasta el momento, en la práctica existen dos componentes diferentes, pero relacionados, de la maximización de los ingresos de las aerolíneas:

- Precio diferencial: como se describe, se ofrecen varios "productos de tarifas" a diferentes precios con diferentes características para viajar en el mismo mercado O-D.
- Administración del rendimiento (Yield Management, YM): este proceso determina el número de asientos que estarán disponibles para cada "clase de tarifa" en un vuelo, estableciendo límites de reserva en asientos de tarifa baja.

La mayoría de las aerolíneas han implementado sistemas YM que calculan de forma rutinaria y sistemática los límites de reserva en cada clase de tarifa (o clase de reserva) para todas las futuras salidas de vuelo. Típicamente, los sistemas YM toman un conjunto de precios / productos diferenciados, horarios y capacidades de vuelo como se da. Bajo el supuesto de que los costos operativos fijos asociados con un cronograma de vuelo comprometido representan una proporción muy alta de los gastos operativos totales en el corto plazo, el objetivo de la maximización de los ingresos es efectivamente uno de maximización de los beneficios para la aerolínea.

YM se hizo necesario cuando las aerolíneas comenzaron a darse cuenta de que los precios diferenciales por sí solos no son suficientes para maximizar los ingresos. Tanto los consumidores de tiempo libre (tarifas descuento) como los de negocios (tarifa completa) suelen preferir viajar en el mismo horario y competir por asientos en los mismos vuelos (por ejemplo, los períodos pico de los viernes por la tarde y los domingos por la tarde). Sin controles de capacidad (límites de reserva) en los asientos de tarifas con descuento, es más probable que los viajeros de placer desplacen a los pasajeros de negocios en los vuelos de mayor demanda. Esto se debe al hecho de que los viajeros de placer tienden a reservar antes que, a los viajeros de negocios, un fenómeno que empeora por los requisitos de compra anticipada de las tarifas de descuento.

El objetivo principal de YM es, por lo tanto, proteger los asientos para pasajeros de negocios con tarifas más altas y reservaciones. Esto se logra al pronosticar la demanda futura esperada de reservas para clases de tarifas más altas y realizar una optimización matemática para determinar la cantidad de asientos que deberían estar "protegidos" de (o no se venden a) las clases de tarifas más bajas. A su vez, todos los asientos que no están protegidos para la demanda futura de tarifas altas están disponibles para reservas de tarifas más bajas.

YM implica el control táctico del inventario de asientos de una línea aérea para cada salida de vuelo futura. Teniendo en cuenta los vuelos y las capacidades programadas, así como los precios y productos, YM es la "última oportunidad" de la aerolínea para maximizar los ingresos. Las decisiones de adquisición de aeronaves se tomarán años antes, las decisiones de programación se tomarán seis meses o más antes de la salida, y las decisiones de fijación de precios se tomarán con varios meses de anticipación. Establecer límites de reserva en las diferentes clases de tarifas ofrecidas en una salida de vuelo específica es una forma dinámica y táctica para que la aerolínea maximice los ingresos totales de vuelo, dada la anterior aeronave, las decisiones de programación y fijación de precios.

Pero demasiado énfasis en el rendimiento puede generar demasiada protección para los pasajeros de alto rendimiento y límites excesivamente severos en tarifas bajas, lo que resulta en factores de ocupación globales más bajos para la aerolínea. Por otro lado, demasiados asientos vendidos a tarifas más bajas aumentarán los factores de ocupación, pero reducirán el rendimiento y dejarán una protección inadecuada para los pasajeros de alto rendimiento que reserven tarde, con un efecto potencialmente adverso en los ingresos totales de las aerolíneas. Como se mencionó, la maximización de ingresos es el objetivo adecuado para una aerolínea. Alcanzar esta meta requiere un equilibrio entre el factor de carga y el rendimiento. Como resultado, muchas aerolíneas ahora se refieren a "Revenue

Management" (RM) en lugar de "Yield Manager" (YM). Los dos términos han llegado a usarse indistintamente en el mundo de las aerolíneas.

Para maximizar los ingresos, los sistemas de RM intentan llenar cada asiento disponible en cada salida de vuelo futura con los ingresos más altos posibles. Los límites de reserva de RM respaldan los objetivos de precios diferenciales, es decir, para hacer que los consumidores con mayor WTP compren tarifas más altas. En los vuelos de alta demanda, los sistemas de RM establecerán límites de reserva para tarifas de descuento y reservas de grupos, a fin de proteger los asientos para reservas posteriores de pasajeros con tarifas altas. Esto puede conducir a factores de ocupación promedio ligeramente más bajos para la aerolínea en general, pero mayores rendimientos y mayores ingresos totales. En vuelos de baja demanda con exceso de capacidad, el principio de RM adecuado es vender los asientos vacíos a casi cualquier tarifa baja al no establecer límites de reserva estrictos en las clases de tarifa baja. Esto puede resultar en mayores factores de ocupación promedio y menores rendimientos para la aerolínea, pero mayores ingresos totales de vuelo.

La Tabla I-2 proporciona un ejemplo de resultados potenciales bajo estrategias de RM diseñadas para maximizar el rendimiento, el factor de carga y los ingresos para un vuelo hipotético con cinco clases de reserva. Bajo un enfoque de maximización del rendimiento (YM), la aerolínea puede decidir limitar demasiado las reservas de tarifas bajas, lo que lleva a rendimientos más altos, pero a factores de ocupación relativamente bajos. Bajo un enfoque de maximización del factor de carga (FO), la aerolínea toma una gran proporción de tráfico de tarifa baja, pero se transporta menos tráfico de tarifa alta. En este ejemplo (y como regla general), un énfasis en los factores de ocupación tiende a generar mayores ingresos totales que un énfasis de maximización de rendimiento: dentro de lo razonable, un asiento lleno de cualquier ingreso es más valioso para la aerolínea que un asiento vacío.

La estrategia correcta de RM, como se mencionó, es administrar el inventario de asientos de cada salida de vuelo para maximizar los ingresos totales de vuelo. Como se muestra en la Tabla I-2, un énfasis en los ingresos conduce a factores de ocupación promedio que son menores que bajo el enfoque de énfasis del factor de carga, y rendimientos que son menores que bajo el enfoque de énfasis en el rendimiento. Sin embargo, los ingresos totales para el vuelo se maximizan.

Ejemplo: Vuelo de 2100 km

CAPACIDAD = 200

TARIFA	INGRESO PROMEDIO	ASIENTOS VENDIDOS :		
		ÉNFASIS EN YM	ÉNFASIS EN FACTOR DE OCUPACIÓN	ENFASIS EN RM
Y	\$420	20	10	17
B	\$360	23	13	23
H	\$230	22	14	19
V	\$180	30	55	37
Q	\$120	15	68	40
PASAJEROS TOTALES		110	160	136
FACTOR DE OCUPACIÓN		55%	80%	68%
RENTABILIDAD TOTAL		\$28940	\$30160	\$31250
TARIFA PROMEDIO		\$263	\$189	\$230
RENDIMIENTO (CENTS/RPK)		12.53	8.98	10.94

Tabla I- 2 Aproximación a control de inventarios de asientos, (Extraído de Global Airline Industry – Belobaba)

El tamaño y la complejidad de estos problemas de control de inventario de asientos de líneas aéreas requieren el uso por parte de las líneas aéreas de sistemas RM informatizados. Un sistema RM típico de "tercera generación" incluye las siguientes capacidades:

- Recopila y mantiene datos históricos de reserva por vuelo y clase de reserva.
- Pronostica la demanda futura por fecha de salida de vuelo y clase de reserva.

- Hace uso de modelos matemáticos para optimizar los ingresos de vuelo totales esperados, determinando los niveles óptimos de sobreventa por compartimento de aeronave y los límites óptimos de clase de reserva por clase de reserva dentro de cada compartimiento (por ejemplo, primero, empresa, economy).
- Proporciona soporte de decisión interactivo para los analistas de RM, lo que les permite revisar, aceptar o rechazar las recomendaciones de límite de reserva y sobreventa.

El uso de sistemas de RM permite una mejor combinación táctica de la demanda con el suministro de la línea aérea. Los límites de reserva en las clases de tarifas más bajas aplicadas a vuelos de alta demanda pueden ayudar a canalizar la demanda de tarifa baja a vuelos vacíos, lo que resulta en distribuciones más uniformes del factor de carga. Al cambiar la demanda de tarifas reducidas a vuelos más vacíos, el sistema RM protege los asientos de los pasajeros de tarifas más altas en los vuelos con previsión completa.

Los sistemas computarizados de RM administran el inventario de asientos disponibles de la aerolínea mediante el uso de modelos matemáticos y bases de datos informáticas para abordar tres problemas diferentes:

- Sobre Venta (Overbooking): las aerolíneas aceptan reservas que exceden la capacidad de la aeronave, en un esfuerzo por reducir las pérdidas de ingresos asociadas con el comportamiento imprevisible de no presentación (no-show) por parte de los pasajeros. Con el desarrollo de sistemas RM más sofisticados, el overbooking se ha incorporado a las funciones de control de inventario del asiento de estos sistemas.
- Mezcla de clases de tarifas: la técnica más común asociada con los sistemas de RM es la determinación de la combinación de asientos que maximiza los ingresos disponibles para

cada clase de reserva (tarifa) en cada salida futura de vuelo. Prácticamente todos los sistemas de RM de aerolíneas se desarrollaron con la capacidad de optimizar la combinación de clases de tarifas como su objetivo principal.

- Control de Origen-Destino: actualmente limitado a solo los sistemas de RM más avanzados y las líneas aéreas con grandes redes de centros de conexión, el control OD permite a la aerolínea distinguir aún más entre los asientos que pone a disposición de corto alcance (un tramo) vs. conectar pasajeros, por producto de tarifa y nivel de precio.

II. DESARROLLO

Demand Driven Dispatch

Este capítulo muestra una perspectiva práctica y teórica de la reasignación de flota en el corto plazo más conocida en la industria de la aviación comercial, como Demand Driven Dispatch (D³). Para ello aborda el tema desde que fue introducida, recorriendo las principales problemáticas que se han presentado en la implementación de estos modelos en las aerolíneas comerciales y mostrando el estado actual del arte e interrogantes que aún se encuentran abiertas en la discusión del Tema. Finalmente define y explica los conceptos y procesos que se buscan optimizar con procesos D³.

La historia del proceso

Demand Driven Dispatch es un proceso de solución para ajustar la asignación de flota en el corto plazo basado en la información disponible de los sistemas de Revenue Management. D³ tiene sus orígenes en las discusiones que se encontraron en una presentación en una conferencia AGIFORS (Etschmaier & Mathaisel, 1984) y en una nota interna en Boeing Company (Peterson, 1986). Sin embargo, esta aproximación fue estudiada por Berge and Hopperstad (1993) por primera vez. Ellos sugirieron buscar cambios de aviones entre 30 a 14 días antes del vuelo, evaluando el impacto potencial sobre las utilidades con las reservas hechas hasta ese momento, la demanda esperada y el porcentaje de pasajeros estimados que no se presentarían (no-show) para vuelos específicos. Dos condiciones necesarias fueron identificadas para la implementación de un sistema de reasignación de flota en los plazos estipulados: La operación de 2 o más aeronaves de la misma familia con distintas capacidades de asientos, pero con tripulaciones compatibles; y la existencia de sistemas computarizados de reservas de revenue management y de administración de operaciones para cambios de avión. Se obtuvieron mejoras consistentes de un 1 a un 5% en rentabilidad adicional, además de

nuevos descubrimientos incluyendo una suficiente exactitud en la demanda estimada para recomendaciones confiables y una baja dependencia de los beneficios de una estructura en red (Shevalov, 2009).

Investigaciones posteriores han estudiado la identificación de oportunidades de cambios óptimos (Talluri, 1996), combinación de cambios de flota con reprogramaciones de vuelos (Jiang and Barnhart, 2006), Mejoramiento del rendimiento de algoritmos computacionales de asignación de flota (Sherali et al, 2005) y aplicación de aproximaciones de programación estocástica para el problema de asignación de flota (pilla et al, 2008).

El modelo D³ en el mundo

La actual discusión sobre la reasignación de flota en el corto plazo o D³, ha avanzado sistemáticamente en resolver el problema de la subutilización de los asientos disponibles debido a la diferencia entre la demanda estimada y la demanda real por vuelo.

La razón por la cual la demanda no se encuentra con la oferta en un vuelo específico, se debe a la aproximación de pronósticos agregados usados en la etapa de asignación de flota. Las aerolíneas frecuentemente desarrollan itinerarios para un día típico o una semana típica, en itinerarios elaborados desde 1 a 2 años hasta 3 o 4 meses de anticipación, como se muestra en la Figura II-1. Los pronósticos usados para estos propósitos son usualmente obtenidos de patrones observados en los datos de las mismas aerolíneas y de fuentes de datos comunes, cómo los Market Information Data Tapes (MIDT) proveídos por los sistemas de distribución globales (GDSs) de empresas como Amadeus o Sabre. Estos pronósticos generados reflejan cambios en los patrones de demanda por semana y por temporada, entregando estimaciones razonables para el tamaño total del mercado, logrando una exactitud satisfactoria promedio. Sin embargo, estos no toman en cuenta eventos especiales, nuevas acciones de los competidores, y aproximaciones

macroeconómicas para los volúmenes dinámicos de mercado. Por ejemplo, los MIDT contienen reservas de pasajeros hechas a través de los mayores GDSs. Entonces, la demanda total del mercado está distribuida entre las alternativas de viaje disponibles de acuerdo con los parámetros del modelo. Este proceso tiene un par de inconvenientes reduciendo la exactitud de los resultados.

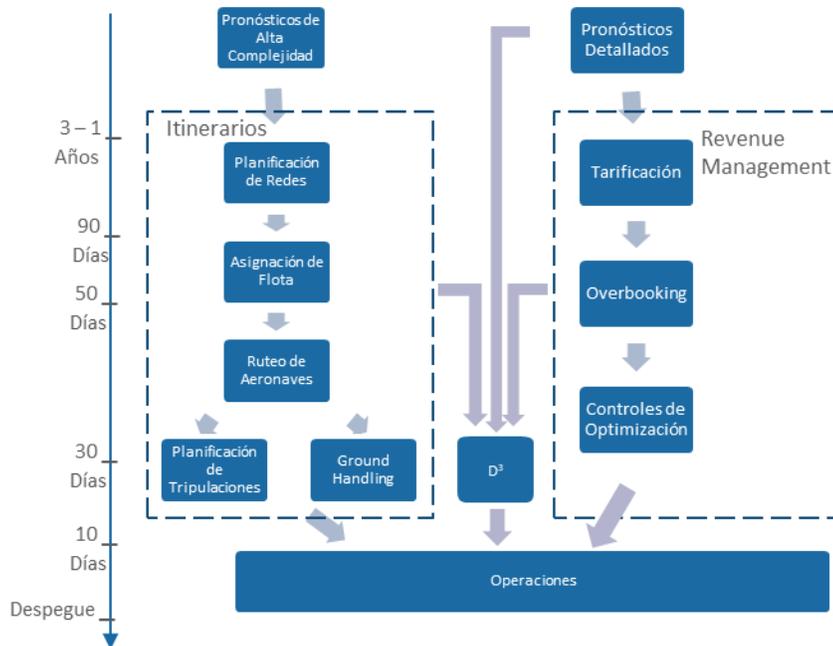


Figura II- 1 Proceso de Planificación de Alto Nivel de una Aerolínea

Primero, los volúmenes de las reservas hechas a través de los sistemas propios de las aerolíneas no son registradas por los GDSs, lo que ha incrementado significativamente a lo largo de los recientes años. Esto es especialmente cierto en mercados donde las aerolíneas de bajo coste (LCC) mantienen una participación significativa. Información incompleta también puede producirse por regiones en desarrollo, donde las aerolíneas y

agencias no participan de los GDSs. Segundo, la información agregada requerida para la calibración de modelos puede tender a la pérdida de información sobre la demanda bajo condiciones específicas (Shevalov, 2009).

Por otra parte, el proceso de revenue management (RM) requiere pronósticos de demanda niveles de detalle mucho más finos. El pronóstico es desarrollado para un itinerario específico, tarifas de clases, punto de venta y fecha del vuelo. Cada vuelo es monitoreado y optimizado a través de todo el horizonte de reservas y por lo tanto de la información de cambios de tarifa, promociones, periodos de venta y fechas de liquidaciones disponibles. Además, el departamento de revenue management también posee información sobre las reservas existentes, el potencial de cancelaciones y el comportamiento de no-show. Por lo tanto, es posible observar tendencias específicas en el comportamiento de reservas, alzas inesperadas de demanda, cuentas para grupos específicos, reembolsos de programas de viajeros, descuentos especiales, etc. Todos estos factores contribuyen al hecho de que el departamento de revenue management tenga información más exacta sobre un vuelo en específico que el departamento de itinerarios. Aún más, la calidad del pronóstico de demanda mejora cercano a la fecha del vuelo. Usualmente el proceso de reasignación de flota en el corto plazo es llevado a cabo 2 a 3 semanas antes del despegue, cuando una parte significativa de las reservas están hechas, y solo la parte restante del pronóstico contribuye a la incertidumbre de la demanda. De esta manera las aerolíneas tienen una información muy detallada sobre las reservas históricas y la disponibilidad en el periodo de “close-in”, y normalmente son capaces de lograr errores relativos de un solo dígito en la estimación de demanda. Los resultados presentados en Hunt et al (2002) sugieren que sólo este factor contribuye hasta un 0.25 por ciento de incremento en las ganancias totales.

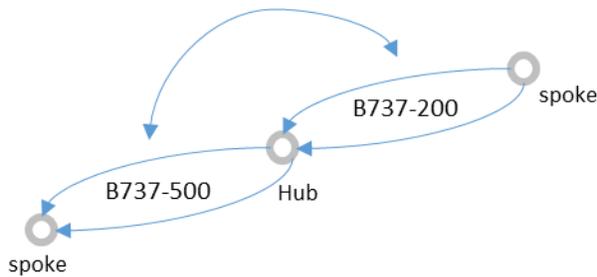


Figura II- 2 Ciclos de Salida y Regreso que se intercambian

Los modelos de D^3

Existen 2 grandes aproximaciones de D^3 desarrolladas recientemente. La primera usualmente toma en cuenta que la solución de ruteo ya existe, busca oportunidades locales de cambio de material y regresa el cambio para retornar el material a la línea original de vuelo. Estas oportunidades son muy comunes en aerolíneas que ocupan el modelo de red Hub and spoke. En este escenario las aeronaves se programan para hacer ciclos de salida y regreso round trips entre el hub y spoke (Ilustración II-2). Si dos de esos ciclos comienzan y terminan aproximadamente en el mismo horario, se da la posibilidad de generar un cambio en el material programado para volar. Una ventaja de esta aproximación es que existen bajas probabilidades de incumplir los requerimientos de mantenimiento. Después de que las oportunidades de cambio han sido identificadas, se deberían evaluar para determinar si la reasignación de material es rentable. Esto puede ser realizado ya sea con el tramo o con el método de origen y destino usado en revenue management.

La segunda aproximación de reasignación de flota en el corto plazo está basada usando metodologías de asignación de flota O&D. Asume resolver todo el problema de asignación de flota, pero restringiendo que todas las decisiones de acomodación no pueden ser revertidas. Por ejemplo, una aeronave pequeña no puede ser asignada a un vuelo si el

número de tickets comprados para este vuelo excede la capacidad de la aeronave. La asignación existente es usada como precalentamiento para la optimización, a así va incrementando la velocidad de ésta, proveyendo un punto de referencia, de esta manera todo lo que depende del proceso de planificación no requiere reiniciar el proceso. Ejemplos exitosos de esta aproximación incluyen a American Airlines, ANA (Oba, 2007) y Lufthansa.

El Rápido Desarrollo de las LCCs ha afectado muchas áreas de operaciones de las aerolíneas. Los sistemas de revenue management están constantemente cambiando para incorporar nuevas características que les permitan manejar tarifaciones sin restricciones, estructuras simplificadas de tarifas, información competitiva, tarifación dinámica y muy altos factores de ocupación.

Variabilidad en la demanda de una Aerolínea

Los desajustes que puede generar la variabilidad en la demanda son una materia de constante estudio e investigación. La demanda de pasajes puede variar por múltiples razones; la estación, festividades y eventos deportivos, hora de viaje, meteorología, amenazas terroristas e innumerables otras razones. Las consecuencias de una variación de la demanda son significativas y pueden afectar significativamente a las ganancias de una línea aérea y por ello las compañías tratan de mitigarla a través de prácticas del departamento de revenue management, itinerarios competitivos, entre otras.

El manejo de la demanda es una tarea constante de las aerolíneas y recae generalmente en el departamento de Revenue Management (RM). El RM, aplicado a la industria de la aviación comercial tiene su origen en la entrada en vigencia de la “Ley de Desregulación Aérea” en 1978 y tiene como objetivo principal desarrollar un modelo de ventas que ajuste

la demanda a la oferta mientras se maximiza el retorno o en palabras simples: Vender el producto correcto a la persona correcta en el momento correcto y al precio correcto.

Planificación de Red, proceso de revenue management y D³

La planificación de Red, también conocida como planificación de rutas, es el comienzo del proceso para decidir como una aerolínea utiliza la flota disponible. La planificación de red no solo incluye el proceso de decisión de los mercados Origen y Destino (Mercados OD) sino también como será elaborada la red de vuelos. La decisión más obvia en la arquitectura de la red es definir si el sistema de funcionamiento será punto a punto, o a través de Hubs-and-Spoke. El sistema de punto a punto ofrece un servicio conveniente para los pasajeros, pero una baja demanda puede ocasionar pocas o ninguna frecuencia rentable, para ciertos tramos. Por otra parte, el sistema de Hubs-and-Spoke genera, desde la perspectiva de las aerolíneas, muchos beneficios operacionales en la eficiencia del uso de la flota, la tripulación y horarios del personal. Lo más importante es que este último sistema permite a las aerolíneas usar menos sus aeronaves para ofrecer más orígenes y destinos que un sistema de punto a punto (Belobaba, 2009b).

Esta observación es fundamental para la aplicación de D³, como, donde y cuando dos o más aeronaves permanecen, al mismo tiempo, en un aeropuerto, existe la posibilidad de intercambio. Así mismo, en sistemas punto a punto las aeronaves de una aerolínea se pueden intercambiar si se encuentran en esta situación eventualmente. Sin embargo, los sistemas de Hub-and-Spoke proporcionan muchas más oportunidades, sobre todo cuando los vuelos ida y vuelta de una aerolínea se demoran pocas horas. Este hecho ha sido reconocido tanto en la literatura como en las aerolíneas que han implementado D³ (Waldman, 1996). La práctica del uso de D³ ha demostrado que, sobre todo cuando no se altera la programación de mantenimiento, el éxito de la implementación de D³ descansa en sistemas Hub-and-Spoke

La planificación del itinerario es igual de importante para la aplicación de un modelo reasignación de flota en el corto plazo. La planificación de itinerario también ha sido sujeto de una gran atención por parte de investigadores especialistas en operaciones. La planificación de itinerario puede ser visto como “un paraguas” que incluye la planificación de frecuencias, desarrollo de horarios, asignación de flota, ruteo de mantenimiento y la planificación de tripulaciones. La planificación de frecuencias comúnmente es parte de la planificación de la red, donde los modelos de demanda y el análisis del mercado son usados para determinar el número apropiado de frecuencias que deberían ser programadas en un día específico. El desarrollo de horarios puede ser resumido como la elección de las horas de despegue de las frecuencias elegidas para un día específico, determinando aproximadamente las horas de llegada. La asignación de flota es la determinación del tipo de aeronave disponible que volará cada vuelo. El ruteo de mantenimiento consiste en asignar cada aeronave de la aerolínea a una serie de vuelos, por ejemplo, ciertas matriculas a ciertos vuelos, con el objetivo de que cada aeronave reciba el mantenimiento requerido y comúnmente para que exista un buen balance en la utilización de la aeronave. La planificación de tripulaciones tiene como meta asignar tripulaciones a los vuelos, con muchas restricciones que van desde que tipo de aeronaves están habilitadas para operar, hasta la cantidad de horas consecutivas que pueden volar. La planificación de tripulaciones tiene que ser desarrollada después de la asignación de flota, pero no necesariamente después del ruteo de mantenimiento.

Más aún, determinar frecuencias y horarios, ruteo y especialmente la asignación de flota es crítica a la hora para un modelo D^3 . El ruteo determina la facilidad con la que D^3 puede funcionar. Por ejemplo, hacer cambios con otra aeronave es más difícil si la ruta de la aeronave vuela una serie de destinos entre distintos aeropuertos en una semana calendario. Como se mencionó anteriormente, los vuelos ida y vuelta al Hub proporcionan excelentes

oportunidades de cambio (Waldman, 1993), como también numerosos viajes entre múltiples Hubs o ciudades concentradas (Berge & Hopperstad, 1993)

La etapa de planificación de asignación de flota es la más compatible con D^3 . En términos concretos, la implementación de D^3 es en esencia una integración parcial de revenue management y asignación de flota. Se han desarrollado muchas aproximaciones de optimización de flota, la mayoría de estas resuelve el problema representando el itinerario de vuelo con tramos aéreos y terrestres que representan determinados aeropuertos en momentos específicos. Un tipo de aeronave puede viajar un tramo aéreo (un vuelo) o un ramo terrestre (se mantiene en el aeropuerto). Cada tipo de aeronave tiene asociado un valor de ganancia y de costo por recorrer ese tramo, y el objetivo es maximizar las ganancias operacionales. En función de implementar D^3 se debe usar un modelo de método que resuelve el problema de asignación de flota llamado (FAM), como el que describe Barnhart (2009)

La tarificación es típicamente la última etapa del proceso de la planificación en una aerolínea antes de que los departamentos de ventas y revenue management entren en acción, sin embargo, los cambios de tarifas continúan después de que los asientos de un vuelo en particular son ofrecidos al público. La estructura fundamental usada en la tarificación usado en una aerolínea es la maximización de utilidades dado una curva básica de demanda con pendiente negativa.

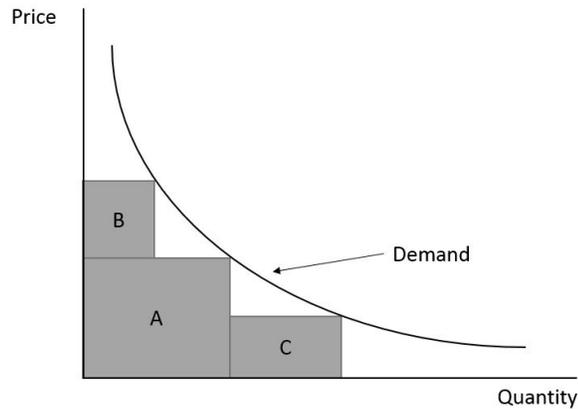


Figura II- 3 Demanda capturada por distintas tarifas

Como muestra la ilustración II-3, con un solo punto de precio, una compañía solo captura el área representada por A. Si la firma implementa una discriminación de precios y utiliza 3 puntos de precio satisfactoriamente, puede obtener los excedentes del consumidor y sumar la ganancia representada por el área B y también vender asientos con descuento para aprovechar la oferta no ocupada de otra manera, logrando así obtener la ganancia representada por el área C. Por supuesto esto es una simplificación significativa, sin embargo, ilustra el razonamiento primario detrás del comportamiento común de la tarificación en una aerolínea. Típicamente en el mercado se ofrece un número de tarifas desde un número bajo hasta más de 20 tarifas, cada una de ellas tiene restricciones. Estas restricciones tienen la finalidad de diferenciar el producto ofrecido entre tarifas y así segmentar la demanda.

El futuro de la planificación de las aerolíneas mira hacia la integración de diferentes pasos del proceso de planificación. La planificación de flota depende de que rutas una aerolínea pretende volar, la rentabilidad de las rutas no solo depende de la flota disponible, sino también de las frecuencias previstas, ya que éstas pueden ser ajustadas para un mejor uso

de la flota. Finalmente, el proceso de asignación de flota se basa en los itinerarios fijados, en las prácticas de fijación de precios y en la practicas de revenue management, tales como el pronóstico y la optimización del dinero que se está dispuesto a pagar.

Un ejemplo practico

El entendimiento del modelo D^3 pasa directamente por la aplicación práctica de las 2 aproximaciones mencionadas anteriormente, el método de búsqueda de cambios locales y el método de reasignación de flota por avanzados sistemas de optimización. Si bien la aproximación que resuelve el problema de la asignación de flota nuevamente, a través de sistemas de optimización de flota como Fleet Manager de Sabre u otros, no es el mejor método para que el lector pueda entender su aplicación, dada su automatización, existe el método de búsquedas de cambios locales que si permite fácilmente entender, paso a paso, como se puede realizar optimizaciones del uso de aeronaves en el modelo D^3 , ya que además, está también incluido en el primer método, pero con mayores complejidades.

El modelado del D^3 implica principalmente cambiar la capacidad de los tramos de uno o varios vuelos. Para cada cambio, el sistema de Revenue Management entrega información para determinar los límites de reservas, sus proyecciones y restricciones para evitar el rechazo de embarque. Para cambiar las capacidades, los tramos se designan como intercambiables o no, y solo se pueden intercambiar los pares de tramos que despegan y regresan al Hub en horizontes temporales similares. El propósito de este primer paso es restringir el número de intercambios a analizar y que son posibles para modelarlos a través de búsquedas locales. Es importante entender las restricciones de las operaciones prácticas y también mantener el equilibrio de la planificación operacional previa. La decisión de cómo intercambiar capacidades está determinada por una serie de modelos de asignación, primero con un método basado en reservas y luego con métodos de optimización de red

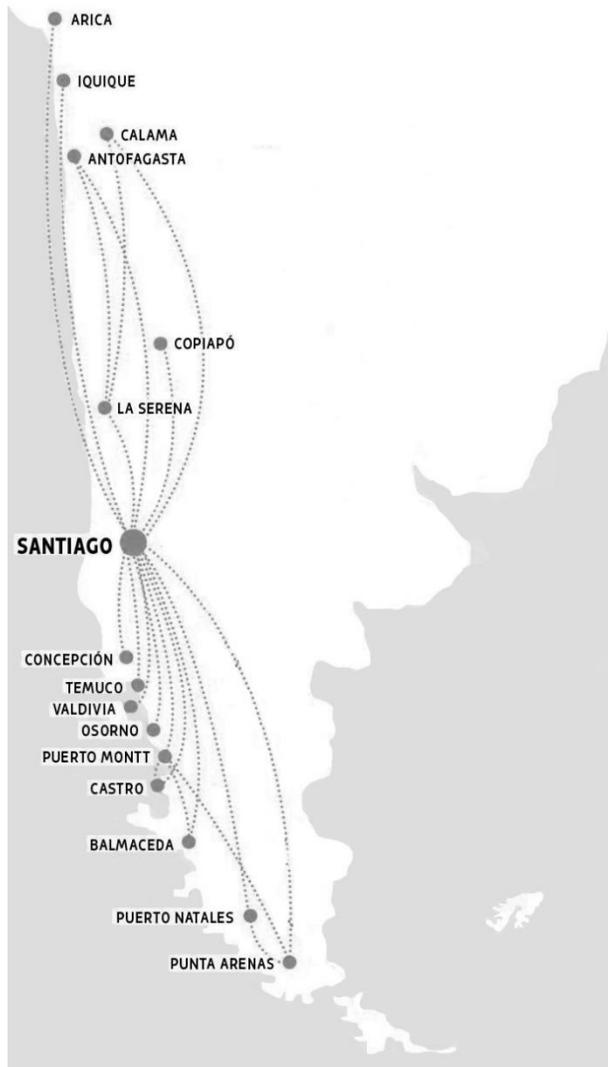


Figura II- 4 Mercado doméstico Chile

que utilizan un modelo de flujo de costo mínimo que maximiza los ingresos esperados o las ganancias operativas.

Para este ejemplo práctico analizaremos la operación de Latam Airlines ya que es la única aerolínea que opera en Chile que tiene condiciones óptimas para realizar un caso de estudio. Latam trabaja múltiples mercados en Chile O&D operando desde el aeropuerto Arturo Merino Benítez en Santiago (SCL) como Hub principal, posee una multiflota de la exclusivamente de Familia de Airbus A320, entre otras características operacionales que veremos en este ejemplo.

Latam opera la red del mercado doméstico Chile en 6 aeropuertos en la zona norte del país y 9 en la zona sur conectándolos a través de su Hub en

SCL, generándose 120 mercados O&D que atender, estos mercados son cubiertos por 140 tramos que salen o llegan a SCL aproximadamente, ya que pueden variar según el día de la semana. Para este mercado se utilizan 28 aviones en una estrategia combinada, ya que los mismos también operan vuelos regionales en América Latina. Los materiales que

utiliza Latam son 4 aviones Airbus A320 configuración Y-168, 8 aviones A320 configuración Y-174 y 16 aviones A321 configuración Y-220

El ruteo de las aeronaves no tiene un patrón fijo y es optimizado en un proceso llamado Symphony, diseñado por la consultora internacional Mckinsey, que se realiza desde los 2 años hasta los 6 meses antes de la operación. Por lo que los aviones pueden siempre servir los mismos mercados O&D, como también, ser destinados a múltiples aeropuertos, según sea la optimización planificada previamente.

Desde que el ruteo de aeronaves es realizado, no se generan mayores cambios durante el proceso de gestión de reservas hasta la salida del vuelo, por lo que es habitual encontrar diferencias en las demandas esperadas, las que son gestionadas por el departamento de Revenue Management a través de estrategias de curvas óptimas para cumplir los Factores de ocupación deseados, manteniendo las metas de tarifa media por cada vuelo.

Identificación de pares de tramos intercambiables

Las restricciones que determinan el conjunto de vuelos o tramos intercambiables no solo estipulan que la mitad del conjunto total de vuelos son intercambiables, sino también estipulan que todos los vuelos o tramos deben intercambiarse en pares: el tramo desde el Hub y el tramo de vuelta al Hub. De aquí en adelante, estos conjuntos intercambiables se denominan "pares de tramos" intercambiables.

Para identificar los pares de tramos que se pueden intercambiar, debemos fijarnos en que el posible cambio no afecte la operación previa o posterior planificada para ese avión por lo que se debe analizar dicha situación. Como podemos observar en la figura, hemos puesto un ejemplo de 8 pares de tramos intercambiables para aviones que van al mismo destino 2 veces al día, generando 4 tramos diarios o 2 pares de tramos por avión. Podemos observar esta situación en el caso del avión A321 que en el realiza el tramo SCI-IQQ y

posterior IQQ-SCL, generando así el par de tramos SCL-IQQ-SCL, que se repite durante la tarde, completando 4 tramos diarios o 2 pares de tramos con base en SCL. En la Figura también se ilustra, como los pares de tramos coinciden en el Hub SCL, primero en la mañana después del proceso de pernocte, a continuación, los vuelos coinciden en su estadía en SCL desde las 12:20 hasta las 13:00 Hrs, y finalmente todos llegan de regreso al Hub para su posterior pernocte, no teniendo otros vuelos que operar después de esa hora. En el ejemplo podemos ver identificados 4 cambios posibles, que se pueden analizar con sus respectivos datos de Revenue Management

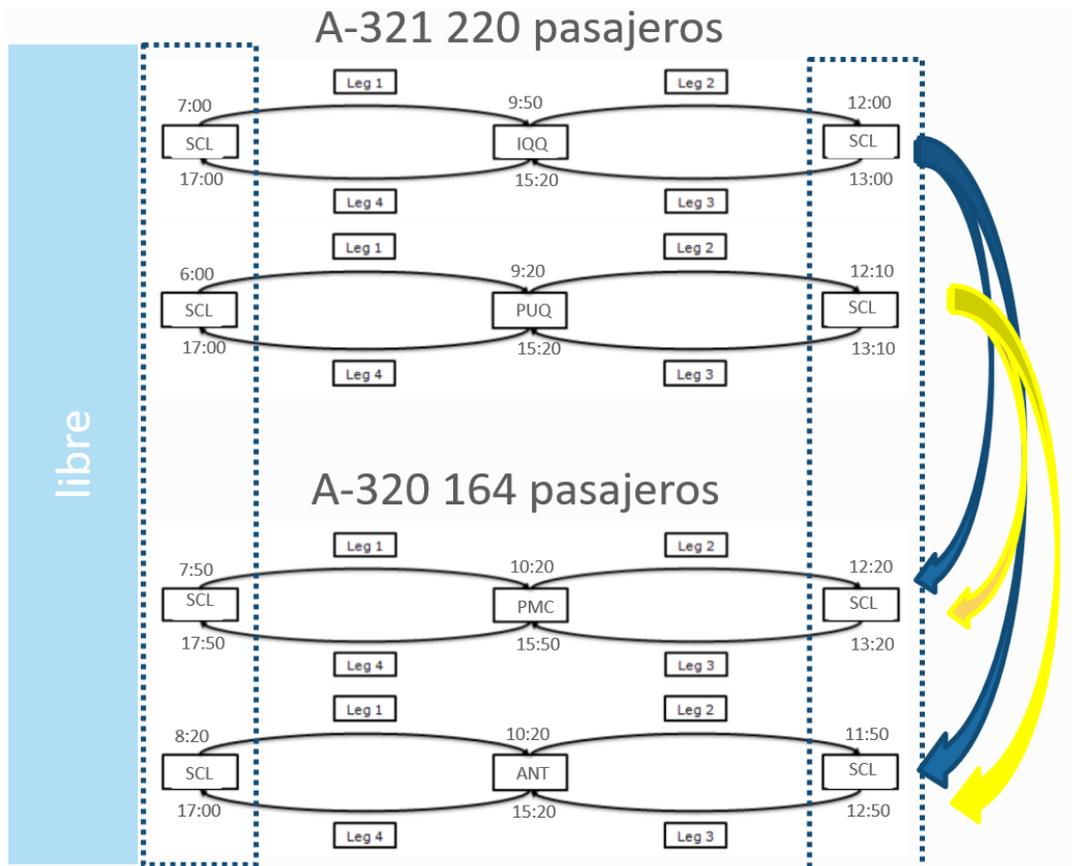


Figura II- 5 Diagrama ejemplo de identificación de pares de tramos intercambiables (elaboración propia)

Uno de los segmentos horarios donde se generan mayores oportunidades de cambio es antes de las 7:00 Hrs. (Ver Tabla I). En la operación de la mañana, se generan los primeros tramos de cada avión, dado que previamente se encontraban en pernocte en la base de mantenimiento, por lo que el cambio de aviones en su primer tramo no afecta ninguna operación anterior. La segunda ventana de más oportunidades se genera en los tramos horarios desde las 12:00 Hrs. hasta las 16:00 Hrs (Ver Tabla I). La tercera ventana de oportunidades se genera cuando los aviones regresan a pernoctar, ya que el margen de llegada no interfiere con otra operación, a menos que este programado un mantenimiento. De esta manera, cada avión tiene operaciones durante la mañana regresando a SCL, para continuar con las operaciones de la tarde y noche para finalmente regresar a SCL para las tareas de mantenimiento y pernocte, según corresponda para cada avión.

0 a 1 Hrs	1 a 2 Hrs	2 a 3 Hrs	3 a 4 Hrs	5 a 6 Hrs
24	24	22	22	22
5 a 6 Hrs	6 a 7 Hrs	7 a 8 Hrs	8 a 9 Hrs	9 a 10 Hrs
21	17	12	6	3
10 a 11 Hrs	11 a 12 Hrs	12 a 13 Hrs	13 a 14 Hrs	14 a 15 Hrs
5	5	8	8	7
15 a 16 Hrs	16 17 Hrs	17 a 18 Hrs	18 a 19 Hrs	19 a 20 Hrs
7	6	6	5	4
20 a 21 Hrs	21 a 22 Hrs	22 a 23 Hrs	23 a 24 Hrs	
7	7	13	19	

Tabla II- 1 Promedio de aviones simultáneos en SCL en un día tipo por franja horaria, datos reales de la operación Latam del 01/07/2013 (elaboración propia)

En la aproximación de D^3 de búsqueda local asumiendo que el ruteo ya está hecho, la identificación de pares de tramos intercambiables es un proceso que tiene en consideración tanto la simultaneidad en que los aviones van y vuelven al aeropuerto donde se hace cambio, como también, los márgenes de tiempo antes y después del par de tramos a intercambiar. Cuando los tramos de ida y vuelta de 2 aviones de distinta capacidad son

simultáneos, es decir, que salen y llegan a la misma hora del aeropuerto donde se evaluará el cambio, no existe problema en realizar el cambio, ya que pueden volver a la línea original de vuelos planificados para hacer sus siguientes rutas en lo que queda del día. Sin embargo, también se pueden encontrar oportunidades si los aviones tienen un margen mayor al tiempo de “turn around”⁷ mínimo ya que le puede permitir al otro vuelo salir o llegar más tarde, sin afectar las rutas previas o posteriores que realiza respectivamente cada avión.

Si revisamos un día de la operación del negocio doméstico de Latam podemos dibujar la línea de cada avión disponible según el horario planificado, pudiendo tener una idea de donde está cada uno y determinando visualmente las oportunidades de cambio visualmente. Como se puede ver en la ilustración, están dibujados los tramos de cada avión separados por flota y su respectiva capacidad, los tramos de vuelo están representados por bloques de color verde y el tiempo en que los aviones permanecen en el Hub de SCL están representados por los bloques amarillos. El caso de la ilustración muestra la identificación visual de pares de tramos intercambiables, en particular, la posibilidad de cambiar dos vuelos planificados en Airbus A320 de 174 pasajeros por un avión A321 de 220 pasajeros, sin alterar la operación previa ni posterior a ninguno de los vuelos.

⁷ TAT: Turn Around Time. Proceso o el tiempo necesario para la carga, descarga y servicio de una aeronave

mantenimiento y de turn around mínimo, es posible calcularlo a través de sistemas simples como Excel u otro similar como se muestra en la tabla II-2 donde se encuentran 28 posibilidades de pares de tramos intercambiables para tener una reducción de las posibilidades a analizar después en la gestión de reservas.

Avión	Capacidad	par tramos	Margen Previo	STD1	ETA1	STD2	ATA2	Margen posterior	N° de Cambios
14	220	SCL-CJC-SCL	PNCTE	5:00	7:20	7:50	10:00	1:20	3
11	174	SCL-PUQ-SCL	PNCTE	2:10	5:40	6:20	9:50	0:30	
7	174	SCL-ANF-SCL	PNCTE	5:30	7:40	8:10	10:10	0:30	
9	174	SCL-CCP-SCL	PNCTE	7:10	8:30	9:00	10:10	1:00	
5	174	SCL-IQQ-SCL	PNCTE	5:20	7:50	8:30	10:50	0:50	1
26	220	SCL-CCP-SCL	PNCTE	7:50	9:10	9:40	10:50	0:30	
10	174	SCL-CPO-SCL	PNCTE	7:20	9:00	10:20	11:50	0:30	1
17	220	SCL-ANF-SCL	PNCTE	7:00	9:10	9:50	11:50	1:00	
6	174	SCL-CCP-SCL	PNCTE	8:50	9:50	10:40	11:50	2:30	4
17	220	SCL-ANF-SCL	PNCTE	7:00	9:10	9:50	11:50	1:00	
18	220	SCL-MDZ-SCL	1:00	8:20	10:30	11:00	12:00	1:20	
21	220	SCL-IQQ-SCL	PNCTE	6:50	9:20	9:50	12:10	1:00	
28	220	SCL-CJC-SCL	PNCTE	7:10	9:30	10:00	12:10	0:50	1
12	174	SCL-CJC-SCL	PNCTE	7:50	10:10	10:40	12:50	1:50	
20	220	SCL-ANF-SCL	1:00	8:20	10:20	11:00	13:00	5:10	1
12	174	SCL-CJC-SCL	PNCTE	7:50	10:10	10:40	12:50	1:50	
27	220	SCL-AEP-SCL	PNCTE	7:10	11:00	11:00	14:20	2:00	1
7	174	SCL-CJC-SCL	0:30	10:40	13:00	13:30	15:40	0:30	
14	220	SCP-PMC-SCL	1:00	11:20	13:10	13:40	15:30	1:10	1
6	174	SCL-MDZ-SCL	1:00	14:20	16:30	17:10	18:00	1:00	
23	220	SCL-ANF-SCL	1:00	13:50	15:50	16:20	18:30	0:30	2
8	174	SCL-ZCO-SCL	1:30	16:20	17:40	18:10	19:40	PNCTE	
27	220	SCL-CPO-SCL	1:30	16:20	17:40	18:10	19:40	PNCTE	1
26	220	SCL-CJC-SCL	0:50	15:00	17:00	17:30	19:40	0:40	
3	168	SCL-ZAL-SCL	0:50	15:10	17:00	18:30	20:00	0:50	3
8	174	SCL-ZCO-SCL	2:00	16:20	17:40	18:10	19:40	PNCTE	
27	220	SCL-CPO-SCL	2:00	16:20	17:40	18:10	19:40	1:00	
8	174	SCL-ZCO-SCL	2:00	16:20	17:40	18:10	19:40	PNCTE	1
25	220	SCL-ANF-SCL	0:50	15:50	17:50	18:20	20:20	0:40	
12	174	SCL-CPO-SCL	0:30	18:00	19:30	20:00	21:30	PNCTE	1
20	220	SCL-CCP-SCL	2:00	18:10	19:20	19:50	21:00	PNCTE	
9	174	SCL-ANF-SCL	1:10	17:50	19:50	20:20	22:20	PNCTE	1
20	220	SCL-CCP-SCL	2:00	18:10	19:20	19:50	21:00	PNCTE	
2	168	SCL-ZCO-SCL	1:00	18:30	20:00	20:30	22:00	PNCTE	1
20	220	SCL-CCP-SCL	2:00	18:10	19:20	19:50	21:00	PNCTE	
10	174	SCL-CJC-SCL	0:40	17:50	20:00	20:30	22:40	PNCTE	1
20	220	SCL-CCP-SCL	2:00	18:10	19:20	19:50	21:00	PNCTE	
2	168	SCL-ZCO-SCL	1:00	18:30	20:00	20:30	22:00	PNCTE	1
12	174	SCL-CPO-SCL	0:30	18:00	19:30	20:00	21:30	PNCTE	
9	174	SCL-ANF-SCL	1:10	17:50	19:50	20:20	22:20	PNCTE	1
24	220	SCL-LSC-SCL	0:30	17:10	18:20	18:50	20:00	PNCTE	
7	174	SCL-MVD-SCL	2:00	17:40	21:00	21:30	23:20	PNCTE	3
14	220	SCL-ARI-SCL	1:10	16:40	19:10	20:50	23:30	PNCTE	
20	220	SCL-CCP-SCL	2:00	18:10	19:20	19:50	21:00	PNCTE	
27	220	SCL-CPO-SCL	2:00	16:10	17:40	18:10	19:40	PNCTE	

Tabla II- 2 Identificación de pares de tramos intercambiables en un día de operación de Latam Airlines (elaboración propia)

Cambios de material basados en reservas

El método más simple para asignar capacidades a los tramos en una red es mediante la clasificación estimada reservas al despegue (Fry, 2015). Es intuitivo reconocer que los vuelos con la más alta demanda estimada se le asignará el avión más grande, de ésta manera permitiendo explorar diferentes dimensiones de la implementación del D³ y su competitividad en el contexto del departamento de Revenue Management. El D³ con cambios basados en reservas también proporciona un punto de referencia útil para estimar los beneficios de los cambios basados en rentabilidad.

La metodología es simple e intuitiva, aunque no óptima. Cada par de tramos tiene una capacidad establecida por la asignación de flota original. Cada par de tramos también tiene reservas estimadas asociadas al despegue (RAD⁸) y reservas confirmadas (RC⁹). Estos atributos son los únicos criterios utilizados en la metodología de intercambio basada en reservas. Las estimaciones de RAD se utilizan para clasificar pares de tramos, donde los pares de tramos con las estimaciones de RAD más grandes reciben aviones más grandes. Mientras tanto, es importante tener en cuenta las RC para evitar el rechazo de embarque ó Denied Boarding.

RAD estimado para cada tramo es la combinación de las RC y las reservas previstas para el futuro (RPV¹⁰). Como la simulación no tiene cancelaciones o denied boardings, las RC son una restricción determinante para los cambios. Las RPV no son determinantes, pero se basan en pronósticos generados por revenue management. En la simulación como en la realidad, los pronósticos de las aerolíneas se basan en los datos históricos de reserva de las aerolíneas, por lo tanto, la demanda real puede variar mucho de los pronósticos. Como

⁸ “Reservas Al Despegue”

⁹ “Reservas Confirmadas”

¹⁰ “Reservas Por Venir”

resultado directo, existe una gran incertidumbre en la demanda, pero esa incertidumbre de las RAD total disminuye a medida que se acerca la fecha de salida. Esto se debe a que las RC comprenden una mayor proporción de las RAS pronosticado y las RPV comprenden una proporción menor. Las RAD estimadas para cada par de tramos es la suma de las RAD estimadas para los dos tramos que lo componen. Las RC para cada tramo es el número de reservas que se han realizado hasta ahora en el proceso de reserva. Las RC atribuidas a un par de tramos es el máximo de las dos RC de los dos tramos.

Avión	Capacidad		par tramos	Suma RAD	Max. RC
14	220	←	SCL-CJC-SCL	460	210
20	220	←	SCL-CCP-SCL	450	190
11	174	←	SCL-PUQ-SCL	352	165
7	174	↔	SCL-ANF-SCL	328	140
3	164	↔	SCL-ZAL-SCL	320	165
2	164	←	SCL-LSC-SCL	250	140

Tabla II- 3 Ejemplo de optimización basado en orden de sumatoria de Reservas antes del Despegue

La Figura II-3 ilustra el algoritmo de asignación de pares de cambios posibles, identificados previamente. El par de tramos SCL-LSC-SCL, con la suma estimada más baja de RAD, se le asigna la Aeronave 2, con la menor capacidad. Al par de piernas SCL-ZAL-SCL se le asignaría la Aeronave 3, excepto que su RC máximo excede 165, por lo que en su lugar se le asigna el Avión 7. El par de piernas SCL-ANF-SCL luego obtiene el Avión 3, ya que es el avión más pequeño disponible, y así hasta que todas se emparejan con sus respectivos aviones.

Esta metodología basada en reservas tiene varios méritos que lo convierten en un buen lugar para comenzar las pruebas de demand driven dispatch, así como también tiene varios inconvenientes. Primero, la metodología es simple e intuitiva. Asigna el avión más grande a pares de tramos con las RAD estimadas más grandes. En términos más simples, da a los

aviones más grandes a los vuelos con los mejores y mayores pronosticos de reservas. Mientras tanto, evita el rechazo de embarque debido a los intercambios de aeronaves. Esta metodología proporciona decisiones de intercambio intuitivas para la asignación de aeronaves y abre la puerta a una amplia variedad de pruebas para el D³. No requiere entradas de costos y permite su aplicación en cualquier momento del proceso de reserva y con cualquier sistema de RM.

El primer inconveniente es el resultado del proceso de sumar las RAD estimadas para clasificar los pares de tramos. La Tabla II-4 muestra un escenario en el que esta debilidad resulta en una asignación de aeronave subóptima.

par tramos	RAD Tramo A	RAD Tramo B	Suma RADs	Capacidad Asignada	Capacidad Optima
SCL-ZAL-SCL	50	170	220	164	174
SCL-ANF-SCL	130	140	270	174	164

Tabla II- 4 Segunda etapa de asignación de flota por reservas

Supongamos, en un ejemplo muy simple, que Latam tiene dos pares de tramos intercambiables y dos aviones, un avión de 164 asientos y un avión de 174 asientos. No se han realizado reservas hasta ahora. El par de tramos SCL-ZAL-SCL tiene la suma menor de RAD estimadas y, por lo tanto, se le asignaría un avión de 164 asientos. Al par de piernas SCL-ANF-SCL se le asignaría el avión de 174 asientos. Sin embargo, si las RAD estimadas son correctas para cada tramo, el par de piernas SCL-ANF-SCL nunca usaría los asientos adicionales proporcionados por el avión de 174 asientos, mientras que el par de piernas SCL-ZAL-SCL tendría que rechazar seis unidades de demanda sobre el tramo B. Esta solución subóptima es la resultado directo de un algoritmo de clasificación de la etapa previa. Para superar este problema, se necesita un método de clasificación en dos etapas.

Sin embargo, los inconvenientes más notables de la metodología son ignorar tanto los ingresos operativos como los costos. En términos de ingresos, los últimos cincuenta asientos de un vuelo cuya tarifa de venta promedio es de U\$ 300 no valen lo mismo para la red que aquellos en un vuelo cuya tarifa de venta promedio es de U\$ 100. En cuanto a los costos, cuanto más largo sea el vuelo, mayores serán los costos operativos incurridos, y cuanto mayor sea el avión, generalmente mayores serán los costos operativos por kilómetro. La metodología basada en reservas no considera estos factores.

Aún así, la metodología actúa como una prueba de concepto para probar el D^3 como un punto de referencia para metodologías de intercambio más avanzadas, proporcionando una línea de base contra la cual medir las ganancias de realizar el D^3 con ingresos y costos ocupando entradas y técnicas de optimización más sofisticadas (FRY, 2015)

El análisis se hace cada vez más complicado, cuando se van sumando un sin número de restricciones operaciones. Las restricciones de tripulaciones pueden llegar a ser una de las restricciones más complejas de este modelo, sin dejar de mencionar otras de mantenimiento, cambio de planificaciones con las autoridades aeronáuticas de los países donde se opera, u otras de servicios de tierra, entre otros.

Implementación del D^3 en aerolíneas que operan en Chile

El tráfico aéreo en Chile ha venido experimentando alzas de pasajeros en los últimos años. Los aumentos de capacidad y la acción de las líneas aéreas de bajo costo y tarifas bajas (LCC, por sus siglas en inglés) son los factores más relevantes. Este fenómeno que se da simultáneamente en todo el mundo hace relevante el conocer si las aerolíneas que operan en Chile están aplicando metodologías de optimización de flota como la estudiada en esta memoria. Los 3 operadores aéreos más grandes en Chile son Latam Airlines, seguido por

Sky Airlines y Jet Smart. Por participación de mercado, LATAM se ubica con el 59,9%, Sky con el 25%, Jet Smart con el 14,9%, y el resto de los operadores con el 1,0%¹¹

A continuación, veremos los antecedentes de los dos operadores más grandes de Chile, Latam Airlines y Sky Airlines que, por las características de sus flotas, tienen la capacidad de implementar el proceso de D³. JetSmart a la fecha posee una flota de Airbus A320-200 con una única configuración Y 186 por lo que no podría implementar estrategias de este tipo.

Sky Airlines¹²

La aerolínea de bajo costo chilena fundada en 2002 por Jürgen Paulmann actualmente no ha implementado una estrategia de demand driven dispatch, a pesar de que de todas maneras realiza cambios de material para optimizar su flota, principalmente para dar cabida a ventas de vuelos tipo chárter. Actualmente la aerolínea tiene una flota con base en SCL compuesta por 7 aviones Airbus A319-111 con configuración Y150, 2 aviones A319-112 con Y156, y por último los 10 A320-251 (Neo) de configuración Y186. Atiende principalmente en el mercado doméstico Chile y regional, operando a Brasil, Perú, Argentina y Uruguay.

¹¹ Participación de mercado, periodo acumula enero a agosto 2019. Fuente: Resumen estadístico transporte aéreo comercial en Chile, JAC Chile.

¹² Información obtenida de entrevista propia realizada al Jefe de Itinerarios de Sky Airlines, Alfonso Visscher.

Sky hace algunos cambios de material que son muy puntuales y que realmente no están asociados al proceso de DDD. El objetivo principal de los cambios es generar espacios de avión para otros proyectos, es decir, algún chárter o algún vuelo especial que ha sido solicitado por algún cliente. Esto por consecuencia, genera un cambio de material muy específico, por ejemplo, un vuelo que lo operan en A319 a Osorno, y existe la demanda de un grupo de 80 pasajeros que necesita volar, pero no existe dicha cantidad de asientos disponible, generan el cambio a un A320, de esa manera incluyendo todas estas reservas y no perder dicho negocio.

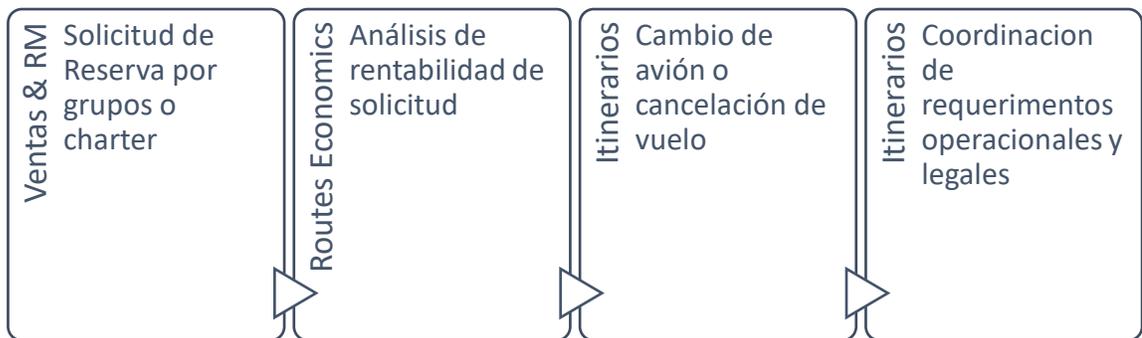


Figura II- 7 Proceso de cambio de material por cambios en la demanda en Sky Airlines (Elaboración propia)

Los cambios los realizan cuando el equipo de ventas genera una solicitud de negocio por reservas de grupo o clientes que solicitan chárter. En la figura II-8 se ilustra como el equipo de ventas llega con la solicitud de este tipo de negocios, que también puede venir desde el equipo de revenue management, y se lo entregan al equipo de Routes Economics para que hagan el análisis económico, ellos revisan la oferta, el itinerario programado, buscan dónde realizar el cambio, qué costo tendría el afectar al afectar otros mercados, en resumen, Routes Economics revisa toda la oferta y ventas con Revenue Management y toman la decisión. Posterior a eso, la solicitud llega al equipo de itinerarios que realiza los ajustes necesarios de tripulaciones y otros procesos de la operación para publicar el

cambio de material. La restricción más importante al realizar los cambios es asegurar a los tripulantes de cabina extra que son necesarios cuando un vuelo pasa a un avión de mayor capacidad.

La aerolínea tampoco tiene sistemas que puedan soportar módulos dedicados al D³. Para realizar todos estos procesos el departamento de Revenue Management ocupa su sistema que es Air RMS, un sistema dedicado solo a revenue management, por su parte el equipo de Routes Economics y el de itinerarios utiliza Flight Time de PDC Aviation, qué tampoco puede optimizar la flota en función de datos de reserva o de costo/ganancia. Las principales razones de deben a que el costo de softwares como Fleet Manager de Sabre u otros similares, son aún muy costosos para el número de operaciones que tiene la compañía, aunque se mantienen conversando con distintos proveedores para evaluar las acciones futuras. Es importante señalar que la compañía hoy está enfocada en una estrategia para mejorar la experiencia cliente, por ejemplo, mejorar la interfase que hoy tienen con los canales de venta directos que manejan los usuarios, a la hora de hablar de mejoramiento de sistemas.

Hoy Sky Airlines ha tenido un buen momento económico y ha venido mejorando sus costos operacionales a través de su cambio de flota que les irá permitiendo bajar en un 30% los costos variables¹³, que en algún momento será completamente compuesta por Airbus 320 Neo. Estos factores, entre otros, hacen que la compañía no esté pensando en implementar modelos de optimización como el D³ en un plazo cercano.

La realidad de Sky es que ha sido una aerolínea que se ha venido transformando paulatinamente. Hace 16 años comenzó operando B737 ya utilizados, realidad que no

¹³ Artículo de Economía y negocios, diario el Mercurio, “Sky avanza en su plan de expansión con inversión de US\$ 1.500 millones en aviones” 23/06/2018

cambio hasta hace poco tiempo, después pasó a una flota de A319 de 150 asientos, y hoy día desde octubre del año 2018 comenzó su transición a A320 Neo. Estas últimas transiciones no han durado más de 2 años, por lo tanto, el implementar sistemas o dedicar recursos humanos para estos procesos se hace innecesario para la compañía. Finalmente, la razón más grande es que a finales del 2020 solo tendrán una flota de la misma capacidad, haciendo cualquier esfuerzo de optimización en D³ infructuoso en el mediano y largo plazo.

Latam Airlines¹⁴

Latam Airlines es la aerolínea más grande que operan en Chile y la cual ha incorporado procesos de D³ como parte de su estrategia para maximizar sus ganancias. Es una aerolínea formada por las aerolíneas sudamericanas LAN, TAM y sus filiales. Con sede en Santiago (Chile), la aerolínea opera vuelos para pasajeros a países en América del Sur, Centroamérica, América del Norte, el Caribe, Europa, África, Asia, Medio Oriente y Oceanía, llegando a los 5 continentes con un total de 143 destinos en 26 países. En carga, la aerolínea sirve a más de 150 destinos en 29 países¹⁵. Utiliza 3 Hubs de Operaciones para sus distintos mercados en Santiago, Lima y Guarulhos. En términos de tráfico y cobertura, LATAM se constituye como la mayor y más importante línea aérea de América Latina tanto en rutas como en flota de aviones¹⁶. LATAM está conformada por aproximadamente 41 mil empleados y su flota consiste en 312 aviones, sin incluir algunas naves ya encargadas y aún no entregadas. Su multiflota para pasajeros mantiene distintos modelos de aeronaves con distintas capacidades. Latam tiene actualmente aviones Boeing

¹⁴ Realizado en base datos obtenidos de entrevista a Felipe Ramírez Milla 26/09/2019, del equipo de estrategia comercial Latam 2016.

¹⁵ Memoria Integrada Latam, 2018.

¹⁶ Guimaraes, Ligia (23 de junio de 2012). «LAN e TAM forma maior aérea da América do Sul, dizem empresas»

787-9, B787-8, B767-300, B777, A350, A321, A320 y A319 según se detalla a continuación en la Tabla II-5

Modelo	B787-9	B787-8	B777-300 ER	B767-300 ER	A350-900	A321-200	A320-NEO	A320-200	A319-100
Capacidad	313	379	247	221-238	339	220	174	168	144
Cantidad	14	10	10	35	4	49	4	126	49

Tabla II- 5 Flota Latam

Latam logró una implementación del proceso de D³ de forma semiautomática el año 2016¹⁷. Fue diseñada en base al uso de Fleet Manager, un módulo del proveedor Sabre¹⁸, que realiza optimización de itinerarios y de flota, en base a parámetros entregados por Revenue Management, proyectando, en un comienzo, una eficiencia en el 0,1% en las ventas netas de la compañía, solo aplicando el modelo al negocio doméstico en Chile. Los equipos a cargo del proceso recibieron capacitación de Sabre para el uso de su sistema en conjunto con el equipo de innovación de la vicepresidencia comercial, generando un entendimiento del sistema que después fue utilizado como parte fundamental del proceso de diseño e implementación del D³.

El diseño del proceso fue realizado para el negocio doméstico que opera en SCL, una vez que las áreas involucradas adquirieron un entendimiento teórico y práctico del potencial del sistema Fleet Manager. Se formaron mesas de trabajo con las áreas que intervenían en la validación de un itinerario en Latam Airlines, las cuales eran mantenimiento, roles, CCO/OTP¹⁹ y Revenue management, definiéndose plazos y un esquema final del proceso.

¹⁷ Datos obtenidos de entrevista a Felipe Ramírez Milla 26/09/2019, del equipo de estrategia comercial Latam.

¹⁸ Mayor información en

https://www.sabreairlinesolutions.com/images/uploads/Sabre_AirVision_Fleet_Manager_Profile.pdf

¹⁹ Acrónimo para Centro de Control de Operaciones / On Time Performance

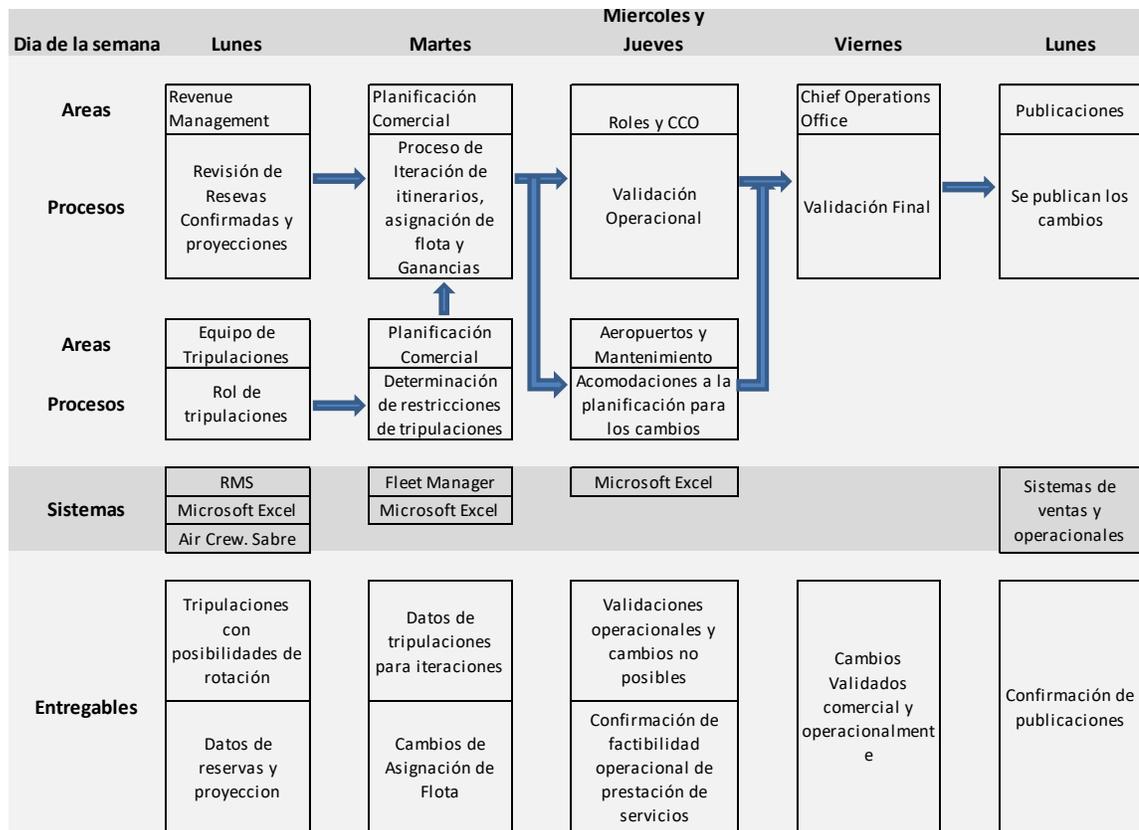


Figura II- 8 Mapa de procesos, áreas, sistemas y entregables del modelo D³ implementado en Latam. Elaboración propia.

En la Figura II-8 se puede observar el mapa del proceso D³ implementado en Latam el año 2016. El proceso completo dura una semana. Los días Lunes las áreas de la compañía preparan todos los inputs que necesita el software Fleet Manager; los días Martes el equipo de planificación comercial analiza todas las restricciones de las tripulaciones de cabina para después cargar toda la información en Fleet Manager, obteniendo los cambios sugeridos; Los días Miércoles y Jueves planificación comercial entrega los cambios sugeridos a las áreas de Mantenimiento, Control de Operaciones, Roles de tripulaciones y Aeropuerto para el proceso de validación, eso incluye negociaciones internas de recursos,

entre otras coordinaciones entre las áreas; el día Viernes, el área de COO consolida la información y toma la decisión de confirmar los cambios posibles, entregando la confirmación de cambios para ser publicado el día Lunes durante la mañana, para su posterior venta y difusión interna. Latam partió corriendo el proceso durante 2 meses sin realizar los cambios hasta lograr una baja tasa de errores, implementándolo oficialmente como un proceso semanal.

El proceso lo diseñaron para iniciar y terminar en una semana, analizando la operación de una semana completa a 14 días antes del despegue. El análisis lo realizaban tres semanas adelante en el tiempo, por ejemplo, en la semana 1 del mes, se analizaba la semana 3 del mes, permitiéndoles, al finalizar el proceso, un horizonte temporal de a 14 días antes del despegue para las ventas de los nuevos asientos disponibles.

El proceso cuenta con 3 principales KPI²⁰ orientados a calcular las ganancias producidas por los cambios realizados. El objetivo general del proceso es incrementar las ventas por concepto de asientos adicionales vendidos, para ello se definieron 3 indicadores. El primer KPI se refiere a la cantidad asientos vendidos sobre la capacidad máxima original planificada, por ejemplo, un avión que pasa de 144 asientos a una capacidad de 168 asientos tiene el potencial de generar ganancias imposibles de obtener sin el cambio de material, desde la venta del asiento 145 en adelante, por lo que se mide el precio real que pagaron esos asientos, determinando así el aumento real de ingresos por venta incremental de pasajes. El segundo, se refiere a los asientos vacíos que la compañía dejó de ofrecer, por ejemplo, un avión con capacidad de 168 planificado originalmente que se cambia a un avión con 144 asientos y el vuelo planificado cierra con 141 pasajeros, genera 3 asientos vacíos y no 27 con el avión original, aumentando así el factor de ocupación. Finalmente,

²⁰ Acrónimo en ingles para el término “Key Performance Indicator”

el último KPI mide los “Denied Boardings” en los vuelos que fueron cambiados a materiales más pequeños, midiendo los gastos en compensaciones perdidos por este concepto.

Como primer resultado del proceso, en términos comerciales, Latam estima ingresos en las ventas de US\$ 10 MM al año en el mercado doméstico que opera en SCL representando un aumento de 0,1% en las ventas netas. Considerando que este proceso ocupa eficientemente los costos, es importante señalar que esta venta no genera mayores costos asociados, por lo tanto pudiese impactar en un porcentaje mayor en las utilidades netas de la compañía, que el año 2018 fueron de US\$ 200MM.

La introducción práctica del modelo de D³ en Latam Airlines tuvo aspectos críticos tanto en la parte del diseño, como también, en su implementación. En el diseño del proceso, para quienes lo hicieron, lo más importante fue conocer el alcance del software de optimización de flota, así como también, el uso del sistema Fleet Manager de Sabre, los inputs, su calibración, y los aspectos que afectaban la estabilidad del programa, es decir que no se “cayera” el sistema, por esta razón, buscaron entrenamiento y capacitación por parte del proveedor del software. Posterior a ello, la aerolínea tomó una aproximación desacelerada y comenzó a poner en práctica los primeros diseños del proceso sin publicarlo durante un buen tiempo, en esa etapa, realizaron múltiples pruebas, haciendo D³ todas las semanas con datos reales de la operación. Una vez que el proceso estuvo un mes sin mayores complicaciones y cumpliendo todos los plazos y entregables se comenzaron a realizar los cambios oficialmente. Todo este proceso duró 8 meses.

Otro aspecto importante fue la asignación de recursos económicos y humanos para el diseño e implementación del proyecto. La aerolínea tuvo que disponer de recursos para el proyecto, principalmente para obtener el software y sus capacitaciones, sin embargo lo

principal fue, las horas de trabajo que los equipos involucrados tuvieron que disponer. Durante la etapa de diseño se dedicó a un analista senior aproximadamente un 40% de su tiempo para este proyecto durante 6 meses más el tiempo dedicado por las otras áreas que debían asistir a reuniones de validación todas las semanas. Ya durante la implementación se dedicó un analista tiempo completo para correr todo el modelo y además se le exigió a todas las áreas involucradas que bloquearan capacidad exclusiva para éste proceso en los días y horas que el proceso definió. Toda esta exigencia extra a los equipos de la operación diaria involucrados, aumento la carga de trabajo, ya que la compañía no contrato a más personal para estas tareas.

IV CONCLUSIONES

Demand Driven Dispatch

Demand Driven Dispatch es un intento de integrar la asignación de flota de aerolíneas y la gestión de ingresos. Su objetivo es mejorar la eficiencia operativa y la rentabilidad de la aerolínea mediante una mejor capacidad de igualación en una red de la aerolínea con la demanda mediante el uso de la información de la demanda del sistema de gestión de ingresos para realizar la asignación dinámica de la flota. Mientras que las asignaciones estáticas de la flota pueden realizarse meses antes de la fecha de salida de los vuelos asignados a la aeronave, D³ permite que estas asignaciones de aeronaves se ajusten solo días antes de la salida.

Los vuelos de alta demanda se pueden calibrar para capturar más ingresos. Los vuelos de baja demanda (específicamente en tramos más largos) pueden reducirse para reducir el consumo de combustible y ahorrar en costos operativos. El D³, aumenta la flexibilidad del proceso de planificación de la aerolínea para dar cuenta de la naturaleza estocástica de la demanda de transporte aéreo.

Hemos observado que D³ incorpora no solo los itinerarios, o más precisamente la asignación de flota y la administración de ingresos, sino que también afecta y depende de todas las etapas del proceso de planificación. La planificación de la flota es esencial para el D³, ya que tanto los acuerdos laborales como la regulación de la industria permiten que solo las aeronaves de la misma "familia" intercambien asignaciones de vuelo. Por lo tanto, es importante que la flota contenga múltiples tipos de aeronaves de diferentes tamaños dentro de la misma familia, de modo que los pilotos puedan explotar las características comunes de la cabina. La planificación de la red también es importante, ya que la

arquitectura de la red determina tanto la facilidad de realizar intercambios de aeronaves (alterando la asignación de la flota) como el número de intercambios factibles en cualquier aeropuerto dado en un momento dado. Los Hub ofrecen excelentes oportunidades para D³, mientras que las redes punto a punto no lo impiden realizar, pero ofrecen menos oportunidades de intercambio.

Probablemente este modelo sea incorporado en el futuro por el concepto de asignación dinámica de flota en el futuro, generando un estándar global en donde la asignación de flota deje para siempre de ser estática. Esperaríamos ver en el futuro planificaciones de adquisición y asignación de flota que sean cada vez más compatibles con el modelo D³, así como también, sistemas integrados que tomen datos desde la planificación estática de asignación de flota, 2 años antes del despegue, hasta el día mismo de la operación, considerando toda la estrategia comercial y el comportamiento en tiempo real de la gestión de Revenue Management.

Implementación del D³ en Chile

A pesar de las dificultades asociadas con la coordinación entre la planificación del itinerario, las operaciones y los cambios asociados a los procesos comerciales, el concepto D³ está ganando aceptación en la comunidad de operaciones de las aerolíneas. El hecho de que Latam Airlines lo esté utilizando en su operación observando beneficios significativos y, generando al mismo tiempo, una ventaja competitiva, muestra como este modelo va ganando aceptación como parte de un fenómeno mundial que toma en cuenta la tendencia general de generación de programaciones de flota más flexibles en las aerolíneas, que a la vez sea amigable con las operaciones diarias. es seguro asumir que D³ pronto se convertirá en una práctica estándar en el proceso de planificación, sobre todo

con las capacidades que están ofreciendo los softwares de optimización de flota que incorporan el D³.

Los resultados vistos en Latam deben verse como evidencia de los beneficios obtenidos de la integración de diferentes áreas en las operaciones de las aerolíneas. Otras áreas que podrían mejorarse significativamente a través de la integración de la programación y la gestión de ingresos incluyen las áreas de tarificación, pronósticos de demanda, evaluación de rentabilidad y planificación de alianzas. Este esfuerzo podría extenderse tanto en comunidades industriales como académicas en Chile para establecer vínculos entre las áreas operacionales y de gestión de negocios.

El D³ es un proceso que sirve a aerolíneas que tienen una complejidad alta en su flota, y que además valoran en su estrategia comercial hacer un esfuerzo por obtener ventas incrementales por 0,1% del total de sus ventas. Para aerolíneas grandes y consolidadas como Latam Airlines en que las ganancias son del 2,15% sobre sus ventas, este 0,1% de ventas incrementales es importante.

Para el caso de aerolíneas que compiten en Chile, este proceso aún no se ha hecho necesario de implementar, por varias razones. La primera y mas importante, es la composición de sus flotas, por una parte, Jetsmart tiene un solo un tipo de aeronave, lo que les permite facilidades operacionales, pero le impide implementar el D³ por razones evidentes, y Sky Airlines poseerá a finales del 2020 una flota única de A320 Neo al igual que Jetsmart. Otra razón importante es el tamaño de sus operaciones, por lo tanto, de las economías de escala que se necesita para implementar el D³

Sugerencias para futuras investigaciones

Existen muchas particularidades para continuar con más investigaciones sobre D³ y su impacto en la gestión de ingresos. Por supuesto, las investigaciones realizadas para esta

memoria no profundizaron sobre el impacto económico actual en Latam y como esto impacta en las ganancias de Latam, para ello haciendo un análisis de ingresos versus costos de estas ventas incrementales. Otra ventana que explorar es la evaluación de la mejora que se puede generar si el proceso se realiza múltiples veces durante el horizonte de reservas antes del vuelo. Finalmente es también importante saber cómo el proceso de implementación en las distintas áreas impacta, para bien o para mal, en los distintos KPI de las áreas operacionales.

Hasta ahora todas las investigaciones se han dedicado a optimizar el modelo, simular resultados, analizar su implementación, pero no existe aún una investigación respecto a los requerimientos necesarios para su implementación, analizando, por ejemplo, la factibilidad económica de su implementación en los distintos tipos y tamaños de aerolíneas existentes.

De este trabajo también se desprende la incorporación de modelos de optimización de flotas por parte de proveedores de sistemas de TI para las aerolíneas, los cuales, no solo realizan el proceso de D³, sino también, toman datos de la nube y utilizan “big data” para realizar mejores optimizaciones.

Tópicos de Carrera que se utilizaron

En esta memoria se utilizarán los conocimientos adquiridos en la Carrera de Ingeniería en Aviación Comercial, en especial en los siguientes Tópicos:

- Introducción de la Industria Aeronáutica
- Gestión de Flota
- Planificación y Diseño de Itinerarios
- Gestión y Operación de Aeropuertos
- Gestión Operacional de Emp. Aeronáuticas
- Gestión Estratégica

Bibliografía y Webgrafía

- Latam Airlines Group; Memoria Integrada, 2018.
- Junta Aeronáutica Civil, Gobierno de Chile; Resumen estadístico transporte aéreo comercial en Chile, agosto 2019
- Daniel G Fry; Demand Driven Dispatch and Revenue Management. Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 2015.
- Peter Belobaba, Amadeo Odoni y Cynthia Barnhart; The Global Airline Industry. Editorial Jon Wiley & Sons, Abril 2009.
- Matthias Viehmann; Demand-Driven Re-Fleeting in a Dynamic Pricing Environment. von der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften des Karlsruher Instituts für Technologie, 2012.
- Matthew E. Berge, Craig A. Hopperstad; Demand Driven Dispatch: A Method for Dynamic Aircraft Capacity Assignment, Models and Algorithms. The Boeing Company, Seattle, 1992.
- Sergey Shebalov; Practical overview of demand-driven dispatch. ARTICLE in JOURNAL OF REVENUE & PRICING MANAGEMENT · MARCH 2009
- Shebalov, S. and Smith, B; Local Improvements of Fleet Assignment Model Via Out-And-Back Cycles Swaps, Sabre Holdings Research Group Internal Report, 2008
- Valdemar Warburg, Troels Gotsæd Hansen, Allan Larsen, Hans Norman, Erik Andersson; Dynamic airline scheduling: An analysis of the potentials of re-fleeting and re-timing. Article in Journal of Air Transport Management · July 2008.
- IATA; Comunicado N5, 2018 <http://www.iata.org/pressroom/pr/Documents/2018-02-01-01-sp.pdf>
- Sabre; Optimize Existing Capacity To Reduce Costs Or Capture Additional Revenue http://www.sabreairlinesolutions.com/home/industry_challenges/matching_capacity_to_demand/