



**fcfm**

Ingeniería Industrial  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

**DESARROLLO DE UN SIMULADOR DE LAS OPERACIONES DE LA AEROLÍNEA  
LAN PARA EL ENTRENAMIENTO DE LA GERENCIA COMERCIAL DE PASAJEROS  
EN REVENUE MANAGEMENT**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

**DANIEL VERGARA DEL PINO**

PROFESOR GUÍA:  
OMAR CERDA INOSTROZA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
JUAN MIGUEL DYVINETZ PINTO  
PATRICIO CONCA KEHL

SANTIAGO DE CHILE  
OCTUBRE 2008

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL  
POR : DANIEL VERGARA DEL PINO  
FECHA : 6 DE OCTUBRE, 2008  
PROF. GUÍA: SR. OMAR CERDA I.

**DESARROLLO DE UN SIMULADOR DE LAS OPERACIONES DE LA AEROLÍNEA LAN PARA  
EL ENTRENAMIENTO DE LA GERENCIA COMERCIAL DE PASAJEROS EN REVENUE  
MANAGEMENT**

LAN Airlines es una aerolínea basada en Santiago de Chile con 79 años de experiencia y más de 15.000 empleados alrededor del mundo. Sirve a más de 15 millones de pasajeros al año, tienen ingresos anuales de más de 3.500 millones USD, un valor en la bolsa de casi 4 mil millones de USD y rentabilidad neta cercana al 8%. Su estrategia comercial hace que el *revenue management* sea el núcleo de su negocio. Esta memoria tiene el objetivo crear un simulador de entrenamiento que permita brindar un entorno libre de riesgo y de costo cero para practicar RM. Esta disciplina agrega entre un 3% y 7% a los ingresos de una empresa y entre un 50% y 100% a las utilidades. Mucho de lo fundamental para el éxito en su aplicación viene de la técnica y la teoría. Sin embargo, su necesidad de entender el mercado y la demanda lo hace depender fuertemente del capital humano. Actualmente el proceso de entrenamiento se basa en la prueba y error en la realidad, con un tutor y marcha blanca que puede tener altos costos por errores con las tarifas reales de la empresa. Un simulador puede ayudar a reducir los costos y hacer más efectivo el aprendizaje. Además, permite que los tiempos de entrenamiento bajen al enseñar de manera práctica, lo que eleva la tasa de retención de los analistas de un 5% en clases típicas hasta un 80%.

Se propone una metodología enfocada hacia escenarios determinados del RM. LAN ha elegido algunas de sus buenas prácticas y se requiere que el simulador permita el entrenamiento en dichas situaciones. De esta manera, se entiende que el objetivo es que el simulador reacciones consecuentemente con el mundo real en estos escenarios, mas no modelar exactamente la demanda real de LAN.

Un prototipo del simulador fue sometido a pruebas bajo cada escenario de RM requerido. Sólo una de ellas falla y gatilla un rediseño específico. Una vez completado, el simulador cumple lo requerido y está listo como diseño. Es clave para el éxito de esta memoria la metodología en base a escenarios concretos de RM. Permitted tener condiciones claras de prueba y evaluación de la simulación. Resta su implementación productiva en la aerolínea y diseño de jornadas de entrenamiento para que se utilice. Se prueba que la simulación es una herramienta útil y rentable, al lograr reproducir las condiciones de trabajo necesarias para entrenar a los analistas de LAN en RM.

## **ÍNDICE DE CONTENIDOS**

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	CONTEXTO Y MARCO CONCEPTUAL .....	3
	A. OPERACIONES COMERCIALES DE LAN.....	3
	1. Conceptos básicos.....	3
	2. Tarifas y Regulaciones tarifarias .....	4
	3. Reservas y pasajes .....	6
	4. Sistemas de distribución .....	7
	5. Canales de venta .....	8
	6. Planes de fidelización de clientes .....	9
	7. Información de mercado y ventas .....	10
	B. REVENUE MANAGEMENT.....	12
	1. Objetivos y resultados esperados.....	12
	2. Segmentación de demanda y estructuras tarifarias.....	13
	3. Clases .....	15
	4. Inventario.....	16
	5. Revenue Integrity.....	16
	6. PROS O&D .....	17
	C. MARCO CONCEPTUAL .....	18
	D. METODOLOGÍA.....	23
	1. Determinación de objetivos y alcances .....	23
	2. Elección de tipo de juego de guerra .....	24
	3. Modelación de la situación .....	24
	4. Elección de modelos de generación y decisión .....	25
	5. Creación de prototipo .....	26
	6. Pruebas y revisión de cumplimiento de objetivos .....	26
	7. Evaluación de cambios necesarios e iteración de etapa de pruebas .....	26
III.	JUSTIFICACIÓN .....	26
IV.	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN .....	30
	A. DETERMINACIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCES.....	30
	1. Objetivo general.....	30
	2. Objetivos específicos .....	30
	3. Requisitos específicos .....	31
	4. Buenas prácticas de RM.....	31
	5. Resultados esperados .....	33
	6. Alcances .....	34
	B. ELECCIÓN DE TIPO DE JUEGO DE GUERRA.....	35

C.	MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN .....	35
1.	Supuestos.....	35
2.	Parámetros y referencias.....	43
3.	Inicio.....	45
4.	Entrada de decisiones .....	45
5.	Generación de datos.....	49
6.	Simulación .....	50
7.	Creación de reportes .....	53
8.	Análisis del período anterior.....	56
D.	ELECCIÓN DE MODELOS DE GENERACIÓN Y DECISIÓN .....	56
1.	Modelos de generación .....	56
2.	Modelos de decisión .....	60
E.	CREACIÓN DE PROTOTIPO.....	63
1.	Plataformas .....	63
2.	Desarrollo.....	63
F.	PRUEBAS Y REVISIÓN DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS.....	69
1.	Revenue integrity y tasas de NOSHOW .....	71
2.	Market share y viajes ida y vuelta .....	71
3.	Competitividad de tarifas .....	72
4.	Monitoreo de las tarifas de la competencia.....	72
5.	Errores de proyección y kilómetros premio .....	73
G.	EVALUACIÓN DE CAMBIOS NECESARIOS E ITERACIÓN DE ETAPA DE PRUEBAS	
	73	
V.	CONCLUSIONES .....	74
A.	POSIBLES MEJORAS .....	78
VI.	BIBLIOGRAFÍA.....	80
	Anexo A.....	A1

## I. INTRODUCCIÓN

La industria aérea es pionera en el área de *Revenue Management* (RM). Sin duda, ésta cumple con los requisitos mínimos para su aplicación: costos marginales muy bajos e inventario no acumulable, por nombrar algunos. Sin embargo, en la actualidad la industria aérea muestra dos grandes tendencias en estrategias comerciales. Por una parte está la que ha elegido LAN: elevar los márgenes de ingreso mediante políticas de precios y optimización de inventario muy avanzadas y efectivas, que buscan extraer la mayor cantidad de excedente económico del cliente mediante una segmentación efectiva. Por otra parte, existe la estrategia de reducción de costos. Las aerolíneas que la siguen son conocidas en la industria como líneas *low cost*. Estas tienen una estructura de tarifas y optimización simple, que privilegia la reducción de costos por sobre la segmentación de consumidores.

Dado que es ilegal discriminar en precio, es decir, vender el mismo producto a personas distintas con precios diferentes, las aerolíneas han creado las clases, tarifas y las regulaciones tarifarias. En un avión comercial usualmente se puede encontrar dos cabinas: una de espacios y asientos reducidos y otra de mayor comodidad. En la década de los '50, la aerolínea estadounidense Pan-Am comenzó a volar aviones con esta configuración, de manea de poder ofrecer dos productos diferentes. Así, se puede cobrar dos precios distintos por el mismo viaje y orientar cada producto a diferentes consumidores. Sin embargo, para poder maximizar ingresos, las aerolíneas deben segmentar lo máximo posible a sus clientes y ofrecer precios distintos a cada segmento. Esto permite extraer el máximo excedente de cada tipo de clientes. Las regulaciones tarifarias permiten crear más de dos productos distintos en el mismo avión del ejemplo comentado. Estas regulaciones norman las condiciones de venta en devolución del pasaje, multas por cambio de fecha de vuelo, estadía mínima, entre otras. De esta manera, dentro de la misma cabina, una persona puede viajar junto a otra pagando precios distintos, a pesar de estar recibiendo aparentemente el mismo servicio de transporte. Una determinada combinación de regulaciones tarifarias recibe el nombre de clase en LAN.

El sistema computacional de optimización de ingresos de LAN tiene como objetivo pronosticar la demanda de pasajeros para cada combinación de origen, destino y clase. Con esta información, se puede ajustar el precio de cada clase dependiendo de la demanda observada y la pronosticada. Esta información es analizada por un equipo de analistas de RM. Son ellos los encargados de ajustar los pronósticos de los sistemas de optimización y agregar la componente real; un fin de semana largo o un evento deportivo afecta la demanda de pasajes aéreos de una manera que difícilmente el sistema puede predecir.

Los analistas de RM cumplen la función de realizar ajustes contingentes, de estimar mediante juicios fundados alteraciones a la demanda esperada. En la práctica, esto se refleja en ajustes de tarifas, modificaciones de disponibilidad de clases o cancelaciones de vuelos. LAN quiere dar el mejor entrenamiento posible a estos cargos, dado el gran impacto que tiene su gestión sobre los ingresos de la empresa. En la actualidad se les inscribe en programas de *trainee*, que involucran visitas e inducciones a todas las áreas de la empresa. Así, se pretende mostrarles cómo sus decisiones afectan a las distintas unidades de la empresa y el efecto global de su gestión. Sin embargo, la empresa está decidida a no limitarse sólo a esto. Se busca crear e implementar todas las herramientas posibles para entrenar de la mejor manera a este personal a un costo razonable. El objetivo siempre será que tomen decisiones más efectivas y eficientes para aumentar los márgenes de la aerolínea.

Al comenzar a trabajar, existe un período de 6 meses en donde son guiados por analistas de mayor experiencia. Se espera que en este período aprendan las buenas prácticas necesarias para cumplir su misión. Sin embargo, esto acarrea una costosa consecuencia: cualquier error de juicio en un novato analista tendrá una consecuencia real en las tarifas de la empresa y sus ingresos. Como solución a este problema, la Gerencia de Sistemas Comerciales e Investigación Operacional propone la creación de un simulador de las operaciones de la aerolínea. Este debe entregar información similar a la que en la actualidad se cuenta en la práctica y permitir que el usuario tome decisiones del mismo alcance a las que toma en la vida real. Es decir, el simulador recibirá como entrada las decisiones de tarifas, regulaciones y disponibilidad de clases, entre otras, para luego entregar resultados consecuentes con los que tales decisiones habrían ocasionado en el mundo real.

Se debe resaltar el carácter de entrenamiento que tendrá el uso del simulador: No se espera de él que reaccione frente a las decisiones de entrada exactamente como lo haría el mundo real. Lo que se espera es que responda de manera consecuente con la realidad. Los resultados deben sortear un análisis cualitativo, mas no se espera que cuantitativamente reflejen la realidad.

La puesta en marcha de este proyecto dentro de LAN sin duda abarca más que el desarrollo del simulador. Se debe implementar técnicamente la modelación como aplicación de software y crear un marco de actividades de capacitación y aprendizaje. El alumno que desarrolla esta memoria está involucrado en todos estos aspectos en su condición de Ingeniero de Investigación y Desarrollo de LAN. Sin embargo, la Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial, se enfoca sólo en el desarrollo y diseño del simulador. Es decir, al término de la memoria el proyecto está listo para entrar a la etapa de elección de plataforma informática de implementación.

Esta Memoria explica en primer lugar algunos de los conceptos básicos del *revenue management* junto con particularidades acerca del negocio aéreo: la forma en que LAN lleva control de su inventario, reservas, tarifas y ventas. Luego se muestra la manera en que actualmente se hace RM en la aerolínea. Una vez explicado esto, se abordan los objetivos, alcances y resultados esperados de la memoria. Luego se explican la metodología usada y los problemas encontrados. Finalmente se muestran las conclusiones obtenidas del desarrollo del tema de memoria.

## II. CONTEXTO Y MARCO CONCEPTUAL

Primero se explicarán una serie de conceptos y procesos que se dan en la industria aérea en general y/o particularmente en la aerolínea LAN. Esto permite que el lector se familiarice con algunos términos que serán usados intensivamente en esta memoria. Luego se discutirán algunos aspectos que provee un marco conceptual al desarrollo del tema.

### A. OPERACIONES COMERCIALES DE LAN

Existen muchas particularidades en el negocio del transporte aéreo de pasajeros. Para poder entender el problema y la solución propuestos en esta memoria, se hace necesario crear algunas distinciones que se explican a continuación.

#### 1. CONCEPTOS BÁSICOS

Una aerolínea o *carrier* cuenta con una flota de aviones, los que también reciben el nombre de material. Cada modelo de avión tiene una capacidad de pasajeros determinada, que puede separarse en cabinas. Cada cabina cuenta con una determinada configuración (número de asientos y pasillos por filas) y tipo de asiento, lo que finalmente determina la comodidad de dicha cabina.

Cada *carrier* recibe una serie de códigos únicos a nivel mundial para identificación, generalmente uno de dos letras, uno de tres letras y otro de tres dígitos. Uno de los aviones de la flota se debe comprometer por una determinada cantidad de tiempo a realizar un *vuelo*, que es la combinación de un origen (O, aeropuerto o ciudad de salida) y un destino (D, aeropuerto o ciudad de llegada), en un determinado día y hora. Este tiempo dependerá del tiempo de viaje y el tiempo de *turn around*, que es lo que demora bajar a los pasajeros en el destino, el equipaje, hacer una limpieza y aprovisionar el avión para el próximo vuelo.

Un vuelo se identifica con número de máximo cuatro dígitos, que junto con el *carrier* que opera el vuelo forman un identificador único dentro del día. Los vuelos

generalmente no varían su O-D entre distintos días, por lo que se les asignan días de funcionamiento dentro de la semana. Por ejemplo, el vuelo LA 841 vuela de Santiago de Chile (SCL) a Isla de Pascua (IPC) los días martes, sábado y domingo. Sumado al *período de vigencia* del vuelo, se puede determinar todas las veces que el vuelo opera.

En un vuelo pueden llegar a intervenir hasta tres *carriers*. El caso más simple es un vuelo operado y vendido por el mismo *carrier*. El vuelo IB6832 vuela desde Santiago de Chile a Madrid. El avión que opera el viaje, es decir, quien suministra el servicio de viaje (el avión, personal de cabina y atención en aeropuerto) es Iberia. Si el pasajero compra el pasaje a Iberia, esta aerolínea también es el *carrier* de venta o *marketing carrier*. Sin embargo, se puede dar el caso en que este mismo vuelo sea comprado a LAN, quien tiene acuerdo de código compartido con Iberia y le permite vender sus vuelos. En este caso, el pasajero tendrá un pasaje de LAN con el vuelo LA5704, duplicado comercial del mismo vuelo. El caso más complejo se da cuando el vuelo no es operado por la aerolínea misma, si no que por una de sus subsidiarias. Este es el caso de los vuelos domésticos Chile de LAN, que son operados por LAN EXPRESS. Sin embargo, siempre son vendidos por LAN o por algún *carrier* que tenga el acuerdo apropiado. Por ejemplo, *American Airlines* puede vender los vuelos domésticos en Chile de LAN como vuelos AA. Para hacer posibles estos viajes interlineales, las compañías deben firmar acuerdos en donde se establecen claramente las reglas y cómo se distribuirán los ingresos y costos.

## 2. TARIFAS Y REGULACIONES TARIFARIAS

Una tarifa es la unión de un precio más determinadas condiciones que deben cumplirse para que dicho precio sea válido. Las aerolíneas las usan para publicar sus precios y poder vender. No basta con que una aerolínea vuele hasta una cierta ciudad. Si no hay tarifas publicadas a ese destino, no se puede vender. Generalmente existen de dos tipos: las “punto a punto” y las combinables. Las del primer tipo son válidas para un determinado origen y destino, sin importar la ruta que se use para llegar. Son utilizadas generalmente para tarificar los viajes más vendidos. Sin embargo, para aquellos destinos con poco tráfico existen las tarifas combinables, que son tarifas que se anexan a una punto a punto para completar el viaje hasta el destino final. Por ejemplo, puede existir una tarifa punto a punto desde Santiago de Chile (SCL) a Buenos Aires (BUE), dado el alto tráfico que tiene esta ruta. Sin embargo, puede que no existan tarifas publicadas para SCL-Ushuaia (USH), pero si tarifas combinables BUE-USH. Entonces, los sistemas tarifican usando la tarifa punto a punto SCL-BUE y le agregan la tarifa combinable BUE-USH.

Las regulaciones tarifarias son condiciones asociadas a una tarifa que se deben cumplir para que un pasajero pueda optar a comprarla. También pueden referirse a condiciones que se deben cumplir para que una tarifa pueda ser adicionada a otra, en el

caso de tarifas combinables. En la actualidad, LAN utiliza 28 categorías de restricciones tarifarias que separa en cuatro grandes grupos (MENDOZA, S. 2007).

El grupo “administrativas transversales” no se altera mucho y más bien se usa para ordenar las distintas tarifas y agruparlas en familias tarifarias. Por ejemplo, las tarifas orientadas a turistas tienen penalidades por cambios de fecha, las orientadas a gente de negocios no (*penalties*).

Administrativas transversales	Administrativas específicas por mercado	Relevantes para la segmentación	Tarifas privadas
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Eligibility</li> <li>•Maximum stay</li> <li>•Stopovers</li> <li>•Transfers</li> <li>•Cobinability</li> <li>•Accompanying traveller</li> <li>•Penalties</li> <li>•Ticket endorsement</li> <li>•Child discount</li> <li>•Tour conductor discount</li> <li>•Agent discount</li> <li>•Miscellaneous tags</li> <li>•Tours</li> <li>•General rule</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Travel restriction</li> <li>•Sales restriction</li> <li>•HIP</li> <li>•Other discounts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Day/time</li> <li>•Seasonal application</li> <li>•Flight application</li> <li>•Advanced purchase/ticketing</li> <li>•Min/max stay</li> <li>•Blackouts</li> <li>•Surcharges</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Sales restrictions</li> <li>•Fare by rule</li> <li>•Nego fares</li> </ul>

Fuente: MENDOZA, S. 2007

Figura II-1 Regulaciones tarifarias utilizadas en LAN

Las regulaciones agrupadas en “administrativas específicas por mercado” tampoco se alteran mucho, pero se usan para adaptar las tarifas a mercados específicos.

Las “relevantes para la segmentación” son las que más se cambian y adaptan a momentos específicos, de manera de hacer las tarifas orientadas a las condiciones de la demanda en un momento determinado. Son las que permiten ser cambiadas con mayor facilidad por la aerolínea.

Finalmente, las “tarifas privadas” se utilizan para hacer que algunas tarifas sean válidas sólo para grupos específicos de demanda. Por ejemplo, empresas negocian con LAN descuentos en algunas tarifas que sólo son válidos si dicha institución compra el pasaje (*fare by rule*).

De todas las regulaciones tarifarias anteriormente mencionadas, las cinco más usadas son<sup>1</sup>:

Min/max stay

Especifica un mínimo y/o máximo de estadía para poder optar a la tarifa. Un caso especial es la “noche de sábado”, que exige que el pasajero pase por lo menos una noche de sábado en el destino.

Advanced purchase/ticketing

Lista un número de días mínimo de anticipación de emisión del boleto antes de la fecha de salida del primer vuelo.

Seasonal application

Establece en qué temporada es válida la tarifa

Blackouts

Períodos dentro de la vigencia de la tarifa en donde no se permite comprar la tarifa.

Flight application

La tarifa es válida sólo si se usa para viajar con uno de los vuelos especificados.

### 3. RESERVAS Y PASAJES

En la industria aérea, el concepto de reserva se refiere al compromiso de la aerolínea con un pasajero de no vender un determinado número de asientos en algún vuelo a otro cliente. La aerolínea no requiere compra para este compromiso, pues la reserva es un hecho separado a la emisión del pasaje. La reserva puede tener asociadas ciertas reglas, que de no ser cumplidas, autorizan a la aerolínea a anularla.

Cuando el cliente paga a la aerolínea, se emite un pasaje o ticket. Este representa el contrato de transporte entre el *carrier* y el pasajero, bajo condiciones de acuerdo internacional dictadas por IATA<sup>2</sup>. Para que ocurra una emisión, el pasajero debe tener reservas que cubran toda la ruta a viajar.

---

<sup>1</sup> MENDOZA, S. Fundamentos de Revenue Management en el negocio aéreo de pasajeros, 2007.

<sup>2</sup> International Air Transport Association, ente regulador mundial del transporte aéreo de pasajeros.

Un ticket de una aerolínea puede ser válido para viajar en otros *carriers*, de existir acuerdo entre ellos. Esto es lo que se llama un viaje interlineal y necesita que en la reserva existan los segmentos de todas las compañías involucradas en el viaje. En este caso, la aerolínea que emitió el pasaje recibe el dinero del cliente y se encarga de pagar los vuelos operados por otras líneas. El dinero que finalmente queda para el emisor del ticket es la tarifa prorrateada.

Un pasaje válidamente emitido obliga a la aerolínea a prestar el servicio de transporte. Si por algún problema de responsabilidad del *carrier* el viaje no se puede realizar, el *carrier* que opera el vuelo debe ofrecer un servicio de características similares y/o una compensación.

#### 4. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Para permitir que clientes hagan reservas desde cualquier lugar del mundo, la industria de las aerolíneas cuenta con Sistemas de Distribución Global (GDS, por su sigla en inglés). Son redes informáticas que pueden ser consultadas desde terminales conectados. A través de ellos se pueden crear, ver, modificar o borrar reservas. Para crear una reserva, el sistema pide por obligación datos de contacto y nombre del pasajero, además de algún itinerario de vuelo con por lo menos un vuelo.

Los GDS nacieron en la década de 1950. El primero de ellos fue SABRE, desarrollado por *American Airlines* (AA). Antes de los GDS, las ventas se concentraban en centrales telefónicas. No había control de inventario automático y no existían modelos de multitarifa. AA desarrolló el primer modelo de segmentación y múltiples tarifas en las aerolíneas<sup>3</sup>, como respuesta a una agresiva competencia en el mercado de EUA. Para poder soportar esta estrategia de precios, debió desarrollar un sistema de inventario con apoyo informático. Este sistema, además ofreció la capacidad de operar con reservas a las agencias y eliminar la necesidad de reservas telefónicas.

Con el pasar del tiempo, SABRE se encontró con competencia por parte de otros GDS. En la actualidad los principales son Amadeus, Gallileo/Apollo y Worldspan. Además, los GDS comenzaron a manejar reservas de la industria de arriendo de automóviles y hoteles. Así, un cliente puede centralizar todos sus requerimientos de reservas de un viaje (LAN AIRLINES, 2007).

---

<sup>3</sup> MENDOZA, S. Fundamentos de Revenue Management en el negocio aéreo de pasajeros, 2007.

A partir de la década de 1990, se desarrolla el boleto electrónico para viajes en aerolíneas. Los GDS ya manejaban el sistema de emisión e impresión de boletos. Con este desarrollo, los GDS ya no sólo manejan bases de datos de reservas, sino que también de tickets electrónicos.

El modelo de negocios de los GDS es cobrar cargos fijos independientes por contratar el servicio de administración de reservas, de emisión de ticket, transacciones y desarrollos particulares. Cada reserva activa en un servidor de GDS tiene un costo por cada segmento-pasajero; cada emisión de un ticket tiene un costo aparte. Eventualmente, una aerolínea puede pedir alguna funcionalidad particular que el GDS desarrolla por un precio pagado una sola vez. Finalmente, todas las operaciones en un GDS tradicional se desarrollan generalmente mediante transacciones (similar a trabajar en MS-DOS o SQL). Cada reserva da derecho a un cierto número de transacciones gratis y se cobra por cada una en caso de exceso.

Con el desarrollo y casi ubicuidad de internet, algunas aerolíneas decidieron funcionar sin GDS para ahorrar costos. Ellas manejan internamente sus bases de datos y globalizan la venta mediante internet. Sin embargo, limitan fuertemente su capacidad de ofrecer reservas y viajes en conjunto con otras compañías. Los GDS se comunican entre ellos para permitir interoperabilidad, por lo que no es necesario usar el GDS de LAN para crear una reserva con ellos.

LAN usa el GDS Amadeus sólo para manejar sus reservas y emisión de tickets electrónicos. Habitualmente compra desarrollos para optimizar su gestión en el sistema.

## *5. CANALES DE VENTA*

Gracias a los sistemas de reservas, las ventas de pasajes pueden realizarse en cualquier lugar del mundo y no necesariamente a través la aerolínea. Según (LAN AIRLINES, 2007) se diferencian dos grandes canales de venta.

La venta directa es toda aquella hecha directamente por la aerolínea. Esto incluye ventas en oficinas de aerolínea en aeropuertos y ciudades, ventas telefónicas y ventas por internet en algún sitio de la aerolínea.

La venta indirecta es toda aquella realizada por entidades fuera de la propiedad de la línea, como por ejemplo grandes tiendas o agencias de turismo. Cabe destacar que comúnmente las agencias de venta indirecta reciben una comisión por cada venta hecha. De esta manera cada aerolínea trata de entregar más incentivos para que en esa agencia se vendan sus vuelos. Cuando una agencia emite, recolecta el dinero. Para hacer llegar los pagos correspondientes a cada aerolínea se utilizan mesas centralizadas. Ellas

se encargan de recibir los pagos de las agencias, aplicar las reglas de prorrateo de los acuerdos interlineales y hacer llegar los montos correspondientes a cada aerolínea.

Existen dos grandes prestadores de este servicio: ARC<sup>4</sup>, con dominio casi absoluto en las agencias de EE.UU. y BSP<sup>5</sup> de la IATA, con predominio en el resto del mundo (MENDOZA, S.2007).

Se puede dar la situación en que para una aerolínea sea muy costoso tener una oficina propia en algún lugar alejado del mundo. En estos casos, las aerolíneas pueden asociarse a un distribuidor externo y darle la categoría de *General Sales Office* (GSA). Esto es, una oficina fuera de la propiedad de la aerolínea que, sin embargo, vende como si fuese parte de la empresa. El grado de asociación puede variar, desde un GSA que visiblemente es indistinguible de una oficina de venta directa, a una agencia que es GSA para más de una línea aérea a la vez.

Dentro de la venta directa, cada vez más el canal de ventas directo vía web toma mayor fuerza. El ahorro de costos asociado a él lo ha hecho el preferido por las aerolíneas. En el caso de LAN, su estrategia comercial privilegia la venta web en LAN.com, cobrando un cargo de emisión en todas las ventas hechas de manera presencial.

## 6. PLANES DE FIDELIZACIÓN DE CLIENTES

Comúnmente las líneas aéreas ofrecen planes de fidelización de clientes. Estos consisten en acumular kilómetros premio según la cantidad de viajes que hagan con la aerolínea. Luego, estos km. acumulados permiten ser canjeados por descuentos o por viajes gratis. Además, es muy común que las aerolíneas segmenten a sus clientes en categorías según los km. acumulados. En LAN, según (LAN AIRLINES, 2007), aquellos clientes con mayores saldos obtienen beneficios adicionales de comodidad y servicio (descuentos, salones de espera VIP, *check in* preferente, etc.). Este plan de beneficios en LAN recibe el nombre de LANPASS.

Debido a la gran competencia de la industria, han nacido las alianzas globales. Estos son grupos de aerolíneas que deciden unirse y ofrecer beneficios conjuntos. En el caso de LAN, su alianza es *oneworld*. Cualquier viaje realizado dentro de las líneas de la

---

<sup>4</sup> Airline Reporting Corporation (corporación de reporte de aerolíneas)

<sup>5</sup> Billing and Settlement Plan (plan de cobros y conciliaciones)

alianza acumula puntos en cualquier empresa miembro, según la preferencia del pasajero.

Adicionalmente en el caso de LAN, existen otras maneras de acumular kilómetros premio. Por ejemplo, existe la tarjeta de crédito Santander LANPASS, que permite acumular km. al comprar con dicho medio de pago.

Para poder viajar con los km. premio, los clientes deben revisar que existan cupos especiales para clientes LANPASS. Es decir, ellos no pueden viajar como beneficio en los asientos designados para la venta regular. Generalmente, se asignan espacios para este tipo de clientes cuando las proyecciones de demanda son bajas.

## *7. INFORMACIÓN DE MERCADO Y VENTAS*

Actualmente, RM de LAN cuenta con 5 grandes fuentes de información sobre el mercado y las ventas:

### *PaxIS*

Reporta todas las emisiones hechas por la venta indirecta que rinda por BSP de un país determinado. Se publica mensualmente, con un mes de retraso. Incluye información a nivel de segmento emitido, fecha de vuelo y fecha de emisión. Asigna un número de ticket de referencia (no el real) a cada pasaje reportado, para facilitar la comprensión de la información sin permitir identificar el ticket real reportado. Se compra por país de emisión y cada uno de ellos tiene el mismo valor, independiente del número de emisiones.

Si LAN vende alguno de los vuelos en el ticket, se reporta el monto prorrateado por cupón de vuelo y la tarifa pagada en el ticket. Si no se cumple la condición, se reporta sólo el origen y destino del pasaje

Si el mercado reportado tiene más de tres aerolíneas operando y ninguna de ellas posee más del 80% de participación de mercado, se entrega también la tarifa promedio. De lo contrario, se entrega una estimación de la tarifa media que busca enmascarar la información real.

### *Cupón volado*

Es una base de datos que genera LAN en función de todos los cupones que se han usado en algún aeropuerto para volar en un avión LAN. Incluye información completa de todos los datos del cupón. Se entrega mensualmente con un mes de atraso.

### *Gestión PNR*

Es una imagen de todas las reservas en el sistema de inventario. Se actualiza todos los días a las 5pm. Contiene sólo información acerca de los segmentos reservados y de la

reserva en general (fecha de creación, país de creación, canal de venta donde fue creada, etc.). No contiene información alguna sobre los pasajeros más que el número total. Tampoco incluye si la reserva está emitida o no.

### MIDT

Los reportes MIDT (*Market Information Data Transfer*, transferencia de datos de información de mercado) contienen datos de las transacciones hechas sobre las reservas. Abarca todo aquello que las agencias de venta indirecta hagan sobre los GDS participantes. Los principales datos que contiene son el punto de venta (POS), origen destino, clase tarifaria, fechas de creación y viaje, entre otros. Adicionalmente, identifica las agencias que generan los datos.

Los datos se compran por mercado-GDS. LAN posee los datos de los dos principales GDS en todos los países y el doméstico de EE.UU. En otros dos GDS cuenta sólo con los mercados en donde posee vuelos.

Posee una frecuencia de actualización semanal con una semana de desfase en los datos entregados.

### TCN/Juro

La base de datos TCN (*Ticket Exchange Service*) posee casi la totalidad de la información contenida en un ticket y todos sus cupones. Es vendida y administrada por ATPCO, un consolidador de datos de la industria. Contiene información de una gran lista de aerolíneas, GDS y otros actores relevantes del mercado. Se actualiza diariamente con un desfase promedio de 3 días. Por regla de distribución, a LAN le llegan los datos de todos los tickets emitidos que le involucren en cualquiera de los vuelos (operando o vendiendo el vuelo) o como emisor del ticket. Esta información tiene un costo fijo anual, pero depende de la aerolínea cliente tener acuerdos con los proveedores de datos. Es decir, LAN debe conversar directamente con cada uno de los proveedores de información que tiene ATPCO<sup>6</sup> y acordar compartir información. Por ejemplo, para obtener la información de las emisiones de venta directa de AA, LAN debe previamente acordar con ellos compartir su venta directa. El sistema en general está basado en acuerdos de cooperación mutua, siempre respetando la regla de distribución.

Recientemente se ha instalado una nueva herramienta de consultas llamada Juro. Esta permite obtener información de ingresos usando los datos de TCN. Es decir, logra entregar al usuario la oportunidad de hacer consultas de información que antes era casi imposible obtener, debido a la complejidad de la estructura de TCN.

---

<sup>6</sup> Airline Tariff Publishing Company

## B. REVENUE MANAGEMENT

El problema que busca solucionar el trabajo de esta memoria, tiene directa relación con el desarrollo y aplicación de *Revenue Management* en LAN. Por lo tanto, se entrega al lector una serie de conceptos generales de RM y otros sobre su aplicación particular en la aerolínea.

### 1. OBJETIVOS Y RESULTADOS ESPERADOS

La Gerencia de Distribución y *Revenue Management* de LAN define el RM como “el arte y la ciencia de predecir la demanda de los clientes en tiempo real a nivel de micromercado y optimizar los precios y disponibilidad de productos”<sup>7</sup>. No se busca llenar aviones a cualquier precio para no perder espacios en los vuelos. Ni tampoco cobrar tarifas altas para extraer el máximo a los clientes que vuelen. El RM busca aviones con altos ingresos, es decir, encontrar la combinación óptima de producto, cliente y precio que logre maximizar los ingresos netos de la compañía.

El RM se usa en diversas industrias, destacándose las de televisión, ferrocarriles, telecomunicaciones, entre otras. Las empresas que han utilizado técnicas de RM han visto crecer típicamente sus ingresos entre un 3% y 7% y sus utilidades entre un 50% y 100%<sup>8</sup>. En el caso de LAN, se estima que el negocio de pasajeros consigue incrementar sus ingresos en un 10% gracias a la gestión actual de RM.

En el negocio aéreo, el RM se puede separar en cuatro etapas:

- El modelamiento y segmentación de la demanda esperada.
- La definición de estructuras tarifarias competitivas asociadas a la segmentación
- El pronóstico de la demanda futura
- La asignación óptima de oferta a cada segmento de demanda esperada.

Estudios internos de LAN, muestran que el 50% del beneficio de RM y *pricing* vienen dados por una buena segmentación de demanda vía restricciones tarifarias (MENDOZA, S. 2007). Es decir, el estudio de la demanda en busca de comportamientos comunes que delaten la intención de compra es fundamental para obtener mayores

---

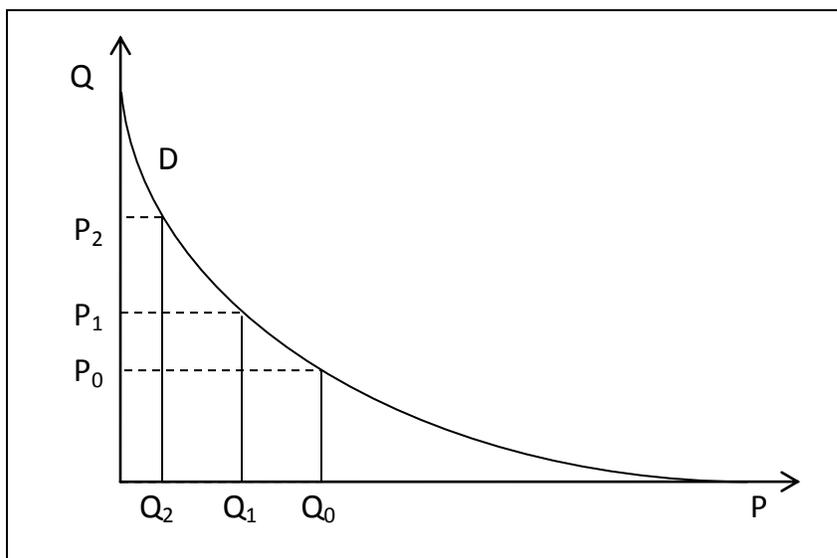
<sup>7</sup> MENDOZA, S. Fundamentos de Revenue Management en el negocio aéreo de pasajeros, 2007.

<sup>8</sup> CROSS, R. Revenue Management, 1996.

ingresos con RM. Luego, se deben crear tarifas que respondan a dichos grupos y logren extraer el excedente.

## 2. SEGMENTACIÓN DE DEMANDA Y ESTRUCTURAS TARIFARIAS

La segmentación de demanda que se aplica en la industria aérea tiene los mismos objetivos generales que comúnmente se asocian a esta técnica de estudio de mercado: se busca encontrar clústeres de clientes que se parezcan lo mayor posible dentro del grupo, maximizando las diferencias entre grupos. La particularidad que tiene su uso en esta industria son las variables con las cuales se busca hacer la segmentación. Para que sea útil al RM, los clústeres deben tener similar disposición a pagar. Sin embargo, para poder efectivamente extraer el excedente del consumidor, se deben encontrar comportamientos comunes capaces de capturar con regulaciones tarifarias. Una segmentación es útil para LAN si y sólo es si se es capaz de identificarla mediante alguna combinación de restricciones tarifarias.



Fuente: Elab. propia.

Figura II-2 Segmentación en curva de demanda

Tómese como referencia la figura. Si se asume que al no haber segmentación a todos los clientes se les cobra  $P_1$ , se tiene que: (i) la cantidad vendida será  $Q_1 \cdot P_1$ , (ii) todos aquellos que pueden pagar más de  $P_1$ , compran y retienen un excedente, y (iii) todos aquellos que no pueden pagar  $P_1$  son demanda frustrada.

Ahora bien, asúmase que se logra determinar que existen grupos de clientes, con disposición a pagar  $P_0$ ,  $P_1$  y  $P_2$ . La aerolínea logrará aumentar sus ingresos si publica tres tarifas distintas  $P_0$ ,  $P_1$  y  $P_2$  y a la vez logra evitar la dilución. Es decir, impide que aquellos

con disposición a pagar  $P_1$  o  $P_2$  compren una tarifa menor. Así, además que existen dos combinaciones de restricciones tarifarias  $R_0$  y  $R_1$ , tales que los clientes tipo 1 no pueden cumplir  $R_0$  y los clientes tipo 2 no satisfacen  $R_1$ . Si se define una tarifa como un par de un precio  $P$  y una combinación de regulaciones tarifarias  $R$ , entonces al publicar las tarifas  $(P_0, R_0)$ ,  $(P_1, R_1)$  y  $(P_2, R^*)$  se logra optimizar el ingreso, donde  $R^*$  puede ser cumplida por cualquier tipo de cliente. En la figura, esto se puede ver al comprar las áreas

$$P_1 * Q_1 < P_2 * Q_2 + P_1 * (Q_2 - Q_1) + P_0 * (Q_1 - Q_0)$$

Este resultado se puede explicar por dos factores principales:

- Captura del excedente del consumidor
- Captura de la demanda frustrada e incremento del *market share*

Estos beneficios se logran solamente si las barreras entre tipos de clientes instauradas en las tarifas con las regulaciones tarifarias, logran segmentar efectivamente a los clientes.

Para lograr el efecto beneficioso de la segmentación, LAN trabaja con tarifas definidas por un precio y un conjunto de regulaciones tarifarias. La clave, por lo tanto, está en imponer precios óptimos y regulaciones efectivas.

Si tener tarifas bien diseñadas acordes al estado de la demanda es fundamental para el éxito del RM, entonces también es muy importante la velocidad de reacción que se tiene para ajustar las tarifas a los cambios de demanda. Actualmente, la alta interconexión y dependencia de los sistemas globales de venta e internet, posibilitan tiempos bajísimos de respuesta. Por ejemplo, si se anuncia un nuevo feriado o evento deportivo que cambie el comportamiento esperado de la demanda, se puede crear o modificar una tarifa y en pocas horas tenerla a la venta en todo el mundo. Asimismo, LAN tiene libertad para alterar sus tarifas en todos aquellos mercados donde no tiene una posición dominante o regulaciones legales que lo impidan. En la práctica, esto significa que en los tres mercados de vuelos nacionales que LAN opera (Chile, Perú y Argentina), la empresa debe notificar y someter a aprobación de los reguladores los cambios de tarifas. Sin embargo, en casi la totalidad de rutas internacionales hay libertad absoluta tarifaria.

### 3. CLASES

Para simplificar internamente el trabajo con tarifas y otras cosas relativas a la segmentación, se crean clases tarifarias. Generalmente todas las tarifas de una clase son muy similares en términos de regulaciones, por lo que idealmente las clases representan segmentos de la demanda. Cada clase se asocia a una cabina y recibe una letra identificadora. Por ejemplo, las clases de la cabina *business* son J, D, I, U y R, ordenadas desde la más permisiva (y por ende cara) a la más restrictiva. Es importante no confundir la clase con la cabina. Es habitual que se hable de la “clase turista” o “primera clase”. Sin embargo, estos términos hacen referencia a las cabinas y por lo tanto, tienen diferencias en comodidad y asientos. Sin embargo, las clases de una misma cabina no tienen diferencia alguna con respecto a la calidad del servicio en el avión. Es muy probable que una persona de una clase vaya sentada junto a otra de clase distinta, recibiendo exactamente el mismo servicio. Se debe mencionar que las clases también se utilizan para ordenar internamente tarifas relativas a beneficios. Por ejemplo, de las clases mencionadas anteriormente U corresponde exclusivamente a tarifas de premios LANPASS (sistema de beneficios para pasajeros frecuentes) y la R a tarifas válidas para viajes de funcionarios de la aerolínea.

Las clases otorgan otro beneficio a la aerolínea. Permiten ajustar disponibilidad de asientos a los segmentos de demanda. Una clase cualquiera debiera tener ciertas regulaciones comunes. Es decir, tiene tarifas diseñadas para captar a un cierto tipo de clientes. Ahora bien, la aerolínea se enfrenta al siguiente problema de optimización de demanda: se tiene una cierta cantidad de asientos disponibles en una cabina, que son demandados por distintos tipos de clientes (diferentes disposiciones de pago y comportamientos). La línea debe determinar cuántos asientos asignar a cada clase, de manera de maximizar el ingreso. Claramente no se puede esperar vender todos los asientos a la tarifa más cara, pues lo más probable es que no se vendan todos a ese precio. Asimismo, es posible asegurar un lleno total en la cabina al vender todo a la tarifa más barata, pero se generaría dilución. Hay pasajeros dispuestos a pagar más de la tarifa base y es precisamente tarea del RM lograr que paguen lo que efectivamente estaban dispuestos a pagar y no menos. Cómo ya se mencionó anteriormente, es fundamental una proyección de la demanda por segmentos para poder determinar cuántos asientos se deben asignar por nivel de precio, de manera de maximizar el ingreso.

El resultado esperado de una buena aplicación de RM es una configuración de disponibilidades y tarifas para todas las clases disponibles que logre maximizar el ingreso. Nótese que si se tienen dos clases, A y B, donde A es más permisiva y cara que B, siempre es mejor vender un asiento con una tarifa A que B. Es por esto que las disponibilidades de una clase superior incluyen las de las clases inferiores. Es decir, la

suma de las disponibilidades no es igual a la cantidad real de asientos. Un ejemplo. Téngase una cabina con 20 asientos y las mismas clases A y B ya mencionadas. Si mediante proyecciones y optimizaciones se determina que lo óptimo es ofrecer 8 espacios para la clase B, lo lógico es ofrecer 20 para la A y no sólo 12.

#### 4. *INVENTARIO*

La aerolínea necesita saber en tiempo real la cantidad de asientos con la que cuenta, pues es el indicador de inventario con el que cuenta. Es el reflejo de lo que la aerolínea tiene disponible o comprometido a algún cliente mediante una reserva. Para que esto ocurra, el sistema debe comunicarse con el de reservas y de tickets. Así, el inventario funciona como un reflejo de las reservas en un sistema paralelo.

Un GDS puede ofrecer el manejo de inventario como uno más de sus servicios. Sin embargo, LAN no usa la alternativa de Amadeus para este fin. Cuenta con el sistema de control de inventario RESIBER, desarrollado por la aerolínea española Iberia. Este sistema también se hace cargo del sistema de chequeo de pasajero en aeropuerto. Es decir, el personal de atención en aeropuerto mediante este sistema es capaz de saber si el pasajero que se presenta tiene el derecho o no de abordar el avión.

El inventario considera todos los asientos disponibles en cada vuelo, cada día que opera, por cada clase y cabina.

#### 5. *REVENUE INTEGRITY*

El negocio aéreo cuenta con la particularidad de que el derecho a tener un asiento en un vuelo, una reserva, no va necesariamente junto con una compra de pasaje. Es decir, existe una cantidad de reservas que es posible no se vuelen, pero que la aerolínea tiene la obligación de respetar. Por lo tanto, la línea se ve obligada a desarrollar reglas que permitan diferenciar reservas que efectivamente se volarán de aquellas que sólo están bloqueando espacios. Hay regulaciones tarifarias con este objetivo. El objetivo principal de *Revenue Integrity* (RI) (o Limpieza de Inventario) es que el pasajero viaje bajo las condiciones que aplican en su ticket, es decir, hacer cumplir las regulaciones.

El caso más común es aquel de una reserva debidamente hecha pero que no cumplió la restricción de tiempo límite de emisión: para que la reserva sea válida debe estar emitida, a más tardar, en una cierta cantidad de días. Si no se cumple, el derecho de reserva se anula y el espacio en el vuelo se libera. Este proceso de revisión y anulación de reserva no es automático. Ni Amadeus ni RESIBER cuentan con funcionalidades que permitan este tipo de limpieza de inventario. Por esto, la aerolínea cuenta con un área dedicada a la implementación de ésta y otro tipo de reglas y

regulaciones. LAN continuamente se encuentra desarrollando nuevas reglas que permitan tener un inventario limpio.

## 6. PROS O&D

PROS O&D es un software de optimización de *revenue* creado por la empresa PROS (*Pricing Revenue Optimization Systems*), en Texas, EUA. Genera proyecciones de demanda en base a los cambios en la información de inventario de la aerolínea y permite determinar la asignación óptima de espacios por clase para maximizar el ingreso neto.

Las versiones anteriores de este software entregaban directamente las asignaciones de espacio por clase y tramo (*availability units, AU*), que posteriormente se cargaban en el sistema de inventario. Luego, cuando el sistema de reservas intentaba tomar un espacio en una clase de un vuelo, consultaba con el inventario para determinar si permitía o no la reserva. Para optimizar, se usa reglas de EMSR (*Expected Marginal Seat Revenue*), es decir, asigna uno por uno cada asiento a aquella clase que pague el valor esperado más alto. Esta regla puede incluso permitir sobre reservas en un vuelo, en el caso de que el costo esperado de un pasajero que no pueda abordar el avión sea menor que la tarifa que paga (considerando además las probabilidades de que un pasajero con boleto no se presente a abordar el avión).

La versión actual de PROS gana el nombre de O&D, debido a que optimiza considerando el origen y destino de un viaje (con todos los vuelos involucrados) y no sólo la optimización de un vuelo; implementa una visión más global para optimizar. Por ejemplo, sean los vuelos Santiago-Madrid (SCL-MAD) y otro Buenos Aires-Santiago (EZE-SCL); y los pasajeros A que vuela SCL-MAD y B que vuela EZE-SCL-MAD usando los dos vuelos en conexión. Antes de O&D, se optimizaría el vuelo SCL-MAD considerando los dos pasajeros como la misma demanda (asumiendo que ambos son del mismo tipo de demanda) y el vuelo EZE-BUE considerando sólo la demanda en Buenos Aires y sin considerar el estado del vuelo SCL-MAD. En cambio, con O&D, se optimiza el vuelo SCL-LIM sabiendo que parte de la demanda viene desde EZE. Por lo que es posible sugerir fomentar el uso del vuelo EZE-SCL con una configuración más abierta que su óptimo individual para subir más gente al vuelo SCL-MAD, que tiene márgenes más altos por ser una ruta más larga. Es decir, este tipo de optimización por origen destino considera que la demanda en cada segmento puede estar determinada por la demanda de vuelos que llegan a la ciudad de origen del segmento a optimizar.

El factor que permite realizar la optimización de manera más global es el cambio del algoritmo EMSR por la utilización de *bidprices*. Estos últimos son los precios sombra de cada asiento en cada avión, similar al costo de oportunidad. Es decir, si hay 200

asientos disponibles, se tiene un vector de largo 200 que en el elemento  $i$  dice cuánto se debe pagar por lo menos por el asiento  $200-i$ . Obviamente, a medida que quedan menos asientos, el precio incrementa. Así, en vez de tener unidades de disponibilidad fijas para cada clase y vuelo, con *bidprices*, caso a caso, se otorga el espacio sólo si la tarifa a pagar es mayor que el costo de ese asiento.

Ya se mencionó anteriormente que crear una reserva implica tomar un espacio, pero no necesariamente hacer una venta (emisión). Si para que el sistema autorice dar un espacio es necesario que la tarifa sea mayor al *bidprice*, ¿cómo determinar la tarifa, si aún no hay venta? PROS O&D no sólo calcula los vectores *bidprice*, sino que también los vectores *farevalue*. El sistema determina un valor de tarifa representativa para cada clase, vuelo, fecha y POS (*Point of Sale*, a nivel país). Es determinado en base a las proyecciones, información de reservas pasadas e información contable de pasajes de la aerolínea. Busca representar el ingreso promedio neto que recibe LAN por una venta de esas características. Por lo tanto, cuando una reserva solicita un espacio en una cierta clase, fecha y vuelo, se busca el *farevalue* que corresponda (según el POS desde donde se crea la reserva) y determina si dar un espacio o no.

Sin embargo, optimizar vuelos por O&D es caro, dado que cada vez que se crea una reserva, se genera una consulta para comparar *bidprice* contra *farevalue*. Esto genera grandes costos para LAN en términos de transacciones en GDS. Por lo tanto, sólo en algunos vuelos se aplica este nivel de optimización, cuando el aumento en márgenes por justifique los gastos de implementación. En el resto, se opera con la modalidad antigua de AU, que es más barato al no ser dinámico.

### C. MARCO CONCEPTUAL

El problema planteado muestra la necesidad de crear instancias de entrenamiento controlado de la aplicación de RM. Es por esto que se plantea un simulador como solución: permite observar y experimentar las consecuencias de las decisiones ingresadas a la simulación. Para lograr esto, se debe basar la simulación sobre una modelación de la situación de la aerolínea, que permita generar situaciones con un cierto grado de aleatoriedad y consecuencia con la realidad.

La solución propuesta se basa parcialmente en las soluciones de juegos de guerra de negocios. Si bien no corresponde a uno de ellos en su expresión más pura, ciertamente está inspirado en ellos.

La consultora KappaWest, uno de los líderes en juegos de guerra de negocios, los define como un “proceso estructurado, disciplinado y facilitado para que el desarrollo y la ejecución de un plan sea más efectiva ayudando a la organización a comprender una

situación mucho mejor de lo que podría hacerlo mediante medios convencionales”<sup>9</sup>. Generalmente involucran jugadores en equipos que, dependiendo de los objetivos del juego, pueden tomar el rol de la compañía que juega, las empresas competidoras, el gobierno o algún ente regulador. Al final del juego, se hacen conversaciones guiadas con el objetivo de capturar los aprendizajes entrenados en el proceso. Dependiendo de los objetivos e implementación del juego, se pueden tener aprendizajes blandos y/ duros.

Más específicamente, Jay Kurtz, consultor de KappaWest, define un juego de guerra como una simulación de una situación de negocios jugada por roles. Usualmente involucrando un mercado o cliente, un grupo de competidores y una serie de otros factores o actores no controlados. Se desarrolla como una serie de rondas de juego que representan un periodo específico de tiempo o una fase en un plan. Reflejando la realidad, todos los equipos actúan al mismo tiempo, cada uno de ellos sin tener toda la información que le gustaría tener idealmente acerca de lo que sus competidores están haciendo o planeando en ese período, o sobre lo que está sucediendo exactamente con los factores no controlados. Sólo después de una ronda completa cada equipo se entera de las consecuencias de sus decisiones y acciones, una vez que se han computado junto con las de los otros elementos representados en el juego<sup>10</sup>. A pesar de que hay equipos tratando de ganar en un ambiente competitivo donde no hay consecuencias reales, “un juego de guerra no es un juego ni una guerra”, tal y como plantea el Dr. Ben Gilad, fundador de la Academia de Inteligencia Competitiva. Un juego de guerra es un juego de roles total y rigurosamente estructurado y, a la vez, altamente analítico de los actores de una industria, enfocado a crear una estrategia en base al comportamiento esperado de los competidores<sup>11</sup>.

Existen distintas visiones sobre lo que un juego de guerra para negocios debe representar. Se pueden diferenciar tres. La primera puede ser llamada como *Business is war* (BIW, los negocios son guerra). Ella se basa completamente en los ejercicios militares de juegos de guerra. Según esta visión, los jugadores deben enfrentarse a sus enemigos, las empresas de la competencia. El objetivo es ganar a toda costa la batalla del mercado. Usualmente estos juegos funcionan en base a modelamiento de las situaciones de mercado, teoría de caos y simulaciones de Montecarlo. En su mejor

---

<sup>9</sup> Kappawest Management consultants. Sitio web corporativo.

<sup>10</sup> BUSHELL, S. 2008.

<sup>11</sup> BUSHELL, S. 2008

expresión, se caracterizan por ser altamente detallados y por ende caros. Por esto, están enfocados a grandes empresas que deseen modelar decisiones de negocio importantes.

Otro enfoque sobre los juegos de guerra es el *Business is a game* (BIG, los negocios son un juego). A diferencia de BIW, en este caso se modelan los negocios no como un conflicto entre empresas, sino que como un juego entre participantes que tienen objetivos potencialmente contrapuestos. Es decir, la victoria no pasa necesariamente por la derrota del enemigo. El objetivo es llegar a un resultado donde ninguno de los actores puede obtener un beneficio mayor, por lo que este enfoque es intenso en el uso de teoría de juegos. Por lo general estos juegos requieren que los jugadores tomen decisiones simples y un poco alejadas de la realidad. Los modelos luego toman estos valores y entregan el resultado final de la empresa. Un ejemplo sería “Bancos en Acción”, un juego desarrollado por *Harvard Associates* para la ONG *Junior Achievement* que realiza en Chile la Fundación Educación Empresa. En este caso, los equipos participantes están al mando de un banco. Las decisiones que deben tomar cada período son las tasas de corto y largo plazo para los préstamos y depósitos, además de un monto de inversión en marketing y en I&D<sup>12</sup>. Es decir, con 6 decisiones se modela todas las actividades de un banco. Si bien el objetivo en esta actividad es tener más utilidades que los competidores, el enfoque con que se creó el juego corresponde a BIG.

Finalmente, el enfoque *Business is business* (BIB, los negocios son negocios) sostiene que los negocios no son una guerra ni un juego. Los negocios son negocios. Por lo tanto, el ganador es aquel que logra satisfacer las necesidades del cliente. No hay lugar para tácticas bélicas de aniquilación del enemigo. También sostiene que los negocios no son un juego y que, por lo tanto, las simplificaciones típicas de un juego tipo BIG son demasiado fuertes y convierten la experiencia en un ejercicio inútil. El objetivo principal de los juegos BIB está enfocado en un 100% a la estrategia. La meta es ser capaz de analizar el perfil estratégico del competidor y poder entender su comportamiento. Ejercitar esta habilidad es clave para poder definir estrategias exitosas que respondan al comportamiento de la competencia. En línea con las palabras del Dr. Gilad, uno de los principales defensores de BIB, esta visión sobre los juegos de guerra de negocios asume que el único objetivo de éstos es probar y desarrollar estrategias. Las metodologías más recurrentes en este tipo de juegos están relacionadas al análisis de la competencia y a las respuestas competitivas. Es decir, se construyen como un escenario para ejercitar la aplicación de técnicas de estudio a los competidores.

---

<sup>12</sup> FUNDACION EDUCACIÓN EMPRESA. 2006.

Es del interés de este tema de memoria, ahondar en algunos aspectos del marco conceptual que rodea la visión BIW de los juegos de negocios, por motivos que más adelante se fundamentan. Por lo tanto, a continuación se habla sobre la modelación la situación de mercado, la teoría de caos y las simulaciones de Montecarlo

La principal parte de este trabajo está basado en el modelamiento de las decisiones que un pasajero toma y las alternativas que se le presentan al momento de elegir un producto de transporte aéreo. Para esto, se asume que un pasajero ya ha decidido que desea viajar y que cuenta con un presupuesto para ello. El propósito es modelar efectivamente las decisiones frente al producto de viaje en avión y no los destinos turísticos, por lo que el estudio que se le da a este último tema será el mínimo necesario para ser funcional al objetivo primero.

El enfoque de la modelación a nivel de pasajero permite distinguir los factores que inciden sobre la compra y el comportamiento frente a opciones de viajes aéreos. Se espera que un modelo bien hecho a nivel de pasajero se comporte bien a nivel agregado de demanda. Para verificar esto, se espera que la demanda reaccione consecuentemente a como lo hace en la vida real bajo escenarios determinados por buenas prácticas del RM (definidas explícitamente). Este enfoque conceptual ha sido utilizado exitosamente en varios *papers* (PROUSSALOGLOU, K., 1999).

Para evitar complejidad en el modelamiento, se asume que los pasajeros buscan información a través de los principales canales de venta de pasajes aéreos y que evalúan las opciones disponibles con el objetivo de maximizar su beneficio.

Para la elección de decisiones secundarias a los objetivos principales de este tema de memoria, se decide utilizar modelos multinomiales. Esto es análogo al uso que se le da como herramienta de análisis discriminante, con la diferencia que no hay un proceso de regresión en base a datos históricos. En su reemplazo, los multiplicadores son elegidos como parámetros y representan una manera de crear escenarios según lo requerido por el administrador de la simulación. Por ejemplo, al aumentar un determinado parámetro en la elección de ciudad, se puede generar una sobredemanda en vuelos a ese destino.

Para tomar en cuenta el efecto de la estructura de itinerarios, en la literatura sobre la industria aérea se ha definido el atraso en hora de viaje como una medida de la conveniencia relacionada con la diferencia que se puede dar entre la hora y fecha deseada de salida y la que realmente se toma. Más aún, en (PROUSSALOGLOU, K., 1999) se muestra como incluso esta diferencia puede ser convertida en un índice que resuma todos los costos asociados al tiempo. Por ejemplo, si por salir un día antes se gasta más en hotel o por un día menos se pierde tiempo de vacación, todo esto puede ser

resumido por un costo por hora de diferencia. Asimismo, si puede tenerse que este costo sea mucho mayor en pasajeros de negocios para modelar el efecto de que un día más o menos puede significar perder una reunión, y por ende, el objetivo del viaje.

Las tarifas se modelan como un precio más un grupo de restricciones tarifarias en base a las características de los clientes. Por lo tanto, este enfoque de modelación considera totalmente las diferencias en servicio. De esta manera se consideran los *tradeoff* inherentes a la elección de producto aéreo.

Por otra parte, mucho de la riqueza de una experiencia de entrenamiento viene de la capacidad de ejercitar prácticas en ambientes variables. Es decir, que cada instancia de entrenamiento entregue escenarios distintos, que a su vez guarden cierta regularidad. Por ejemplo, los clientes siempre debieran comportarse de una manera consecuente, buscando viajar con la aerolínea que entregue menores tarifas, pero sin resultar siempre en el mismo *market share* exacto. Pues bien, la teoría de caos puede entregar estos beneficios. Ésta teoría dice que en los sistemas dinámicos pueden presentarse resultados variables, altamente dependientes de las condiciones iniciales. Por ejemplo, el modelamiento de un juego de la moneda, donde si sale cara se gana \$100 y si sale sello se pierde \$100 corresponde a un caso común de estudio. La situación se puede modelar como

$$X_n = X_{n-1} + G_n$$

Donde  $X_n$  representa el capital que se tiene en el periodo  $n$  y  $G_n$  la ganancia del periodo  $n$ , que puede ser +100 o -100, con un 50% de probabilidad en cada caso. Tanto en esta versión de este juego, como en otras variantes (COOPER, C. 2007) se ve que los resultados son altamente impredecibles para el capital final. Si bien después de un alto número de repeticiones, algunas de las variables pueden comportarse según distribuciones de probabilidades específicas, la alta dependencia del comportamiento a las condiciones iniciales, como el monto inicial  $X_0$ , son un buen ejemplo de la teoría del caos. Aplicaciones más complejas son comunes en la economía, donde por ejemplo se ha aplicado modelación con de las tasas de cambio del dólar (CRUZ, J. 2007) o a los precios de los combustibles gas en Norteamérica (APOSTOLOS, S. y PERIKLIS, G. 1997). En estos casos, se aplica un modelo similar al presentado en el ejemplo, donde el término  $G_n$  sigue alguna distribución determinada. Finalmente, al haber una sucesión de decisiones, a pesar de que cada una siga una estricta lógica, el resultado de ésta depende altamente de las condiciones iniciales y sigue una trayectoria caótica hacia un resultado muy variable.

Por último, las simulaciones de Montecarlo son métodos computacionales para calcular resultados en base a muestreo repetido. Se compone principalmente de tres

etapas. Primero se tiene una muestra aleatoria o semi aleatoria. Luego se aplica un cierto algoritmo sobre la muestra. En base a los dos pasos anteriores, se puede obtener un resultado útil. Un uso muy común es la obtención de números aleatorios según distribuciones determinadas. Por ejemplo, la mayoría de los computadores pueden generar números aleatorios de una distribución uniforme. Por el contrario, no siempre es fácil obtener números aleatorios de una distribución normal. Así, una manera simple de obtenerlos es aplicar la función inversa de la función de distribución acumulada y con ella obtener la pre imagen. Este número corresponde a un número generado aleatoriamente siguiendo una distribución normal<sup>13</sup>. Es esta capacidad de generar resultados a problemas determinísticos de manera muestral la que hace a las simulaciones de Montecarlo útiles en los juegos de guerra BIW.

Para finalizar, debe mencionarse que es complicado encontrar un modelo de referencia conceptual para este tema de memoria. Principalmente porque la literatura sobre temas similares goza de una complejidad y detalle que escapan al alcance de esta memoria. Por lo tanto, se ha tomado conceptualizaciones y justificaciones de ellas que ayudan a entender el enfoque de la modelación más que seguir su pauta al pie de la letra. Es más, muchos de los modelos y técnicas usadas son validados mediante trabajo estadístico con muestras y encuestas reales. Sin embargo, la naturaleza de entrenamiento que se busca tenga la simulación no justifica ajustar los parámetros según muestras reales, sino que sólo entregar modelos que tengan coherencia en sus resultados.

#### D. METODOLOGÍA

Se describe la siguiente metodología para el desarrollo del simulador. Es de elaboración propia, basada en recomendaciones del Gerente de Investigación Operacional de LAN, quien tiene experiencia en la creación de Juegos de Guerra para el Ejército de Chile. Además, se hacen algunas recomendaciones respecto de los requerimientos académicos, en base al criterio del alumno y recomendaciones de los profesores.

##### *1. DETERMINACIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCES*

El diseño del simulador parte por explicitar el objetivo general de su uso y los objetivos específicos que debe cumplir. Esta etapa es fundamental, pues permite establecer los requerimientos que el modelo propuesto debe satisfacer. Debe también

---

<sup>13</sup> ESPINOZA, D. 2007

definirse el alcance, estableciendo los límites a la cobertura del simulador que permitan cumplir los objetivos propuestos. Aquí es útil además listar interacciones con otros sistemas, pues permite explicitar los objetivos de interconectividad a cumplir. Por ejemplo, si el simulador debe enviar información a un sistema comercial ya existente, se deben simular por lo menos las variables que dicho sistema exige en la entrada de información. Es decir, impone requisitos del nivel de detalle que debe tener el modelo de simulación.

Esta etapa define inevitablemente todo el resto del trabajo de memoria, pues determina totalmente el tipo de modelación que se usará y, por ende, toda la metodología siguiente.

## *2. ELECCIÓN DE TIPO DE JUEGO DE GUERRA*

En base a los objetivos propuestos anteriormente, se debe elegir el tipo de modelación de juegos de guerra que más se acomode a los requerimientos.

Se debe tener en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de las visiones de modelación. En el caso de BIW, se destaca su realismo y detalle en la modelación de las variables de entrada, permitiendo que los jugadores emulen muy precisamente las decisiones reales. Sin embargo, este tipo de modelación tiene el costo de una alta complejidad en la modelación de datos y procesos. La alternativa BIG permite alejarse un poco de la complejidad de los detalles y enfocarse en las principales ideas detrás de las acciones de negocios. La desventaja es a veces la pérdida del detalle convierte estos modelos en algo más lúdico y pedagógico, dada las simplificaciones que se usan. Finalmente, el enfoque BIB ofrece la oportunidad de entrenar la creación de estrategias y análisis de competencia. Sin embargo, provoca que el foco del modelo sea la competencia en vez del negocio mismo.

## *3. MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN*

En esta etapa debe estar claro el esquema de juego a utilizar, el número de jugadores, las interacciones entre ellos y otros actores involucrados.

Para comenzar la creación de la simulación, se debe modelar el proceso a emular. Se tienen que separar las etapas del juego (entrada de decisiones, generación de datos, procesamiento y entrega de resultados) y mostrar el proceso global de juego. Además, se deben especificar todos los supuestos usados en la modelación.

Deben especificarse claramente las variables de entrada, detallando la cantidad de ellas, los tipos (texto, numéricas, etc.) de variable y valores permitidos para cada uno de ellos. Asimismo, deben especificarse las relaciones que deben tener entre ellas.

El modelamiento del proceso debe dejar especificado qué tipo de variables deberán ser generadas por procesos estocásticos. Al igual que las de entrada, se debe dar detalle de su naturaleza y relaciones entre ellas. No es necesario especificar qué distribución de probabilidades se usarán para su generación, sino más bien identificarlas y posicionarlas dentro del modelo general de la simulación.

La etapa de procesamiento debe especificar qué se hará con los valores de las variables de entrada y las generadas para producir los resultados de la simulación. Debe mostrar las funciones y algoritmos que se usarán explicitando los cálculos y reglas a utilizar.

Finalmente, se debe detallar cómo se crean reportes para los jugadores y cómo se guardará internamente resultados, de manera de documentar los logros y resultados de los jugadores. Además, al finalizar esta etapa, el sistema debe quedar en condiciones de iniciar un nuevo ciclo de simulación.

Cada una de las etapas mencionadas debe estar claramente detallada e identificada en el esquema general de la simulación.

#### 4. ELECCIÓN DE MODELOS DE GENERACIÓN Y DECISIÓN

Se deben elegir los modelos matemáticos que permitirán generar los datos necesarios para realizar la simulación y que ya han sido detallados en la etapa anterior. Los modelos a utilizar pueden provenir de *papers* sobre la materia o pueden ser creados totalmente, siempre y cuando generen datos consistentes con los escenarios requeridos en los objetivos específicos. Debe recordarse que el objetivo último de este simulador es el entrenamiento y no la modelación acabada de las conductas de los pasajeros.

Los modelos de decisión deben permitir a la simulación optar entre alternativas de una manera consecuente con lo que ocurre en la vida real. De manera similar a la generación de datos, se puede obtener estos procesos desde literatura afín o pueden ser creados desde cero, siempre y cuando entreguen resultados coherentes con la realidad. Es decir, en la medida que sus resultados permitan cumplir los objetivos del simulador, los modelos serán considerados idóneos.

### *5. CREACIÓN DE PROTOTIPO*

Una vez completadas las etapas anteriores, se cuenta con lo necesario para crear un prototipo. El objetivo principal de esta etapa es poner a prueba los supuestos teóricos, por lo que no es necesario que el prototipo sea de fácil interacción con el usuario. Debe reflejar fielmente el modelo propuesto en términos de variables de entrada, proceso intermedio y variables de salida. Además, debe generar la información que servirá de reporte. Asimismo, el prototipo debe permitir jugar por lo menos dos periodos de juego seguidos para la totalidad de los jugadores propuestos.

### *6. PRUEBAS Y REVISIÓN DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS*

El objetivo de las pruebas es permitir comprobar si el simulador responde consecuentemente con la realidad, según escenarios específicos.

Se deberá hacer por lo menos una prueba por escenario. Antes de ejecutarlas, se deben establecer variables a medir y un rango de aceptación. Si la variable está dentro de dicho rango, se considerará la prueba como exitosa y el objetivo como satisfecho. Antes de la ejecución de la prueba se deben explicitar los parámetros usados, explicando cómo cada uno de ellos se ajusta al escenario propuesto por el objetivo a probar.

### *7. EVALUACIÓN DE CAMBIOS NECESARIOS E ITERACIÓN DE ETAPA DE PRUEBAS*

En caso de haber pruebas fracasadas en la etapa anterior, se debe analizar cada una de ellas. El objetivo es estudiar las razones de cada fracaso y proponer medidas para solucionar este problema.

Una vez implementadas dichas modificaciones, se debe correr la prueba nuevamente. Si los resultados muestran un nuevo fracaso, se debe iterar el proceso. En caso de que la prueba sea exitosa, se concluye esta etapa para aquella prueba.

Una vez que todas las pruebas resulten exitosas, se dará por finalizada la creación del simulador y se considera el prototipo como exitoso.

## **III. JUSTIFICACIÓN**

El sistema PROS O&D es la base de la aplicación de RM en LAN. Sin embargo, mucho de lo que este sistema entrega se basa en las proyecciones de demanda. Son los Analistas de vuelo los encargados de influenciar los pronósticos, de manera de corregir errores que el sistema pudiese cometer. Por ejemplo, los modelos matemáticos no pueden predecir el efecto de eventos deportivos, feriados especiales o cambios

económicos sobre la demanda de pasajes aéreos. Por otra parte, las acciones de la competencia (apertura de nuevos vuelos, nuevas tarifas, nuevas frecuencias, entre otros) afectan indudablemente la demanda. Las estimaciones de estos efectos deben ser hechas manualmente y posteriormente ingresadas al sistema PROS. Dado que el RM aumenta aproximadamente un 10% las utilidades de la compañía, es fundamental que las labores manuales de RM sean eficientes y eficaces.

Cada analista nuevo que ingresa al área de RM de LAN asiste a una serie de visitas e inducciones sobre las distintas áreas de la empresa. Éstas tienen por objetivo mostrar y enseñar al nuevo analista el funcionamiento de la aerolínea y la interconexión de procesos a lo largo de toda la organización. Se tiene especial atención en lograr ilustrar los efectos de las políticas de RM. Por ejemplo, uno de los objetivos de la visita a las operaciones del Aeropuerto Internacional de Santiago, es mostrar cómo errores en las estimaciones de tasas de presentación afectan el bordeo de pasajeros. Habitualmente se estiman estas tasas para poder determinar en qué porcentaje un vuelo se puede sobrevender. Si la estimación es correcta, los asientos libres de pasajeros que no se presentan permiten que los pasajeros extra viajen sin problemas. Sin embargo, si estas tasas se sobrestiman, por obligación deberá haber pasajeros que no puedan viajar. Es el personal de aeropuerto quien debe manejar y atender a pasajeros molestos, pues habiendo pagado y teniendo reservas no podrán ser embarcados en el vuelo.

Por otra parte, cada una de las personas que se integran al equipo de RM debe aprender en la práctica la gran mayoría de las buenas prácticas de RM. Por lo general, constan de un período no oficial de 6 meses en el cual son asistidos en sus decisiones por otros analistas de mayor experiencia. Se espera que en el transcurso de ese tiempo se den los distintos escenarios necesarios para entrenar cada una de las prácticas del RM. Es decir, se confía en que estos 6 meses son representativos del universo de escenarios que se dan comúnmente al hacer RM en LAN. Finalmente, estos meses constituyen una especie de “marcha blanca”, en la cual el analista puede cometer errores que, a pesar de afectar negativamente el desempeño de la empresa, son aceptados como costos asociados a la incorporación de nuevas personas al área. Solo como ejemplo, se puede estudiar el caso de un analista nuevo en la ruta a Sydney, Australia. Este es uno de los destinos más caros que tiene LAN, debido a la alta demanda y gran lejanía del destino. Uno de los errores más comunes cometidos por los analistas nuevos<sup>14</sup> es no validar las proyecciones sugeridas por el sistema PROS y no verificar que la demanda pronosticada sea consecuente con las ventas históricas, la actualidad

---

<sup>14</sup> Estos errores son explicados con más detalles en el Capítulo IV, sección C.

noticiosa de esa ruta (algún evento deportivo en ese país, por ejemplo) y la información comercial que la oficina regional de LAN en Australia entrega. Lo normal que se hace normalmente cuando se proyecta baja demanda en un vuelo es abrir cupos para viajes de pasajeros LANPASS pagados con kilómetros premio. Esto significa que la empresa deja reserva y vende un espacio sin recibir ingreso alguno. La tarifa más barata con una estadía de una semana en esa ruta es de 3.400 USD<sup>15</sup>. Por lo tanto, basta con que este error de proyección sea de tan sólo un pasajero, se cometa una sola vez y en un solo mercado para que la empresa deje de percibir más de 1,5 millones de pesos. Por una parte, LAN ha invertido en tecnología para tener mayor precisión en sus sistemas de pronóstico de demanda, pero siempre será necesaria la verificación humana para validarlos y tomar decisiones en base a ellos. Por lo que reforzar y entrenar buenas prácticas que ayuden a evitar episodios como estos, si bien no eliminan por completo la probabilidad de que ocurran, sí logran hacerlos menos comunes.

Sin embargo, no siempre se cuenta con las oportunidades necesarias para aprender en la práctica. Es responsabilidad de los analistas definir las tarifas con que la empresa vende. Su principal tarea es el trabajo de *pricing* proactivo, es decir, crear e implementar acciones de tarifas que permitan captar demanda y aumentar el ingreso de la empresa. También existe el *pricing* reactivo, es decir, responder frente a acciones de precio de la competencia. Idealmente, debieran enfocarse sólo en el primero, dado que esta es la manera principal de aportar valor en su posición. Para hacer *pricing* proactivo, se necesita tener un conocimiento acabado de la situación de la empresa, la competencia, proyecciones de demanda e inteligencia para contribuir a las estrategias comerciales. Es decir, es una tarea altamente no automatizable, principalmente debido a su complejidad y relevancia. Al contrario, el *pricing* reactivo consiste en monitorear eficazmente las tarifas de la competencia y publicar tarifas nuevas que conserven la estrategia de la empresa frente a este nuevo escenario. Es por esto que los analistas deben tener alta habilidad para interpretar el estado de la competencia y del mercado con las limitadas herramientas de información con las que cuentan. Ahora bien, la alta venta por internet y la alta interconexión de los sistemas de tarifas y venta a nivel mundial permite que se publiquen nuevas tarifas casi instantáneamente y muy seguido. Por lo tanto, el analista se ve obligado a gastar más tiempo monitoreando a la competencia y respondiendo a sus acciones en vez de analizar y crear nuevas acciones. Esto crea una falta de oportunidades para que los analistas puedan entrenar todo aquello que aporta más valor a la empresa: el *pricing* proactivo.

---

<sup>15</sup> Tarifa correspondiente a una salida el 30/ENE/2009 y regreso el 7/FEB/2009 con la máximo anticipación de compra, válida al 6/JUL/2008

También debe ser mencionado que es fundamental que los analistas se familiaricen y aprendan a usar el sistema PROS de *revenue management*. Existe un software de capacitación que explica los conceptos generales que guían al sistema de optimización, así como también muestra las distintas vistas y pantallas de uso del software PROS. Sin embargo, los analistas sólo pueden entrar a la versión productiva de PROS. Es decir, todo cambio o influencia que quieran ingresar al sistema afectará los pronósticos y resultados reales. Por lo tanto, sólo pueden aprender en la práctica cuando se enfrenten por primera vez a un caso real de ajustes de pronósticos. Sólo en este momento es cuando podrán aplicar lo que han visto a los analistas más experimentados hacer.

Por último, debe mencionarse la alta demanda que existe por los profesionales con el perfil requerido para ser analista en LAN, tanto dentro como fuera de la empresa. Hace algunos años, la aerolínea definió como prioritaria la incorporación de profesionales jóvenes de primer nivel a esta labor. El perfil requerido es el de un Ingeniero Civil de la Universidad de Chile o la Pontificia Universidad Católica de Chile, que haya tenido un excelente rendimiento académico y con habilidades de trabajo en equipo. Se da preferencia a los profesionales jóvenes y no se exige experiencia laboral. Los últimos años han mostrado una alta demanda por este tipo de profesionales, lo que ha obligado a la empresa incluso a contratar estudiantes de esas carreras en su último año de estudios. Esta alta demanda ha provocado que muchos de los analistas no alcancen a completar un año trabajando en RM. Ejecutivos de RR.HH de LAN han estimado que el tiempo promedio de permanencia como analista no supera los dos años. Además, este problema se ve agravado por la decisión de la empresa de enfocar el área de RM como semillero de ejecutivos de la aerolínea. Debido a que el éxito de la labor de un analista de RM depende de su acabado conocimiento del negocio de la aerolínea y del escenario comercial, se estimó que es un área idónea para la creación de nuevos ejecutivos. Esto implica que existe una alta demanda de otros sectores de la empresa por analistas de RM para llenar puestos que debe ser satisfecha. Ahora bien, para poder tener un área de *revenue management* bien capacitada y asegurar que aporten valor a la aerolínea debe haber un equipo altamente competente, con experiencia y estable. Hacer más efectivo el proceso de capacitación y proveer un ambiente de entrenamiento cercano a la realidad de su labor diaria está alineado con la solución a este desafío.

De acuerdo a lo explicado, el principal riesgo que tiene LAN es que el proceso de incorporación de un nuevo analista sea demasiado caro y poco efectivo. Al no haber planes detallados de entrenamiento, los riesgos económicos de un analista nuevo haciendo *revenue management* no están acotados. Los únicos factores de control que existen son el propio criterio del nuevo analista y la supervisión que analistas con más experiencia puedan tener sobre él. Por otra parte, la falta de instancias de

entrenamiento libres de consecuencias económicas es una limitante a la capacitación de los nuevos analistas. Existen muchas buenas prácticas de RM que LAN ha desarrollado; la mayoría de éstas son enseñadas teóricamente. Sin embargo, la única instancia para aplicarlas y aprender en la práctica sus efectos es el mundo real. Por lo tanto, el problema que se observa actualmente en el proceso de incorporación de nuevos analistas a las áreas de RM es la falta de un ambiente libre de riesgo económico para el entrenamiento práctico de las tareas de optimización de ingresos en LAN.

## IV. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

Se propone el diseño y desarrollo de un simulador de las operaciones de LAN para el entrenamiento de la Gerencia Comercial de Pasajeros. En particular, se postula que este simulador es la solución a los problemas que aquejan la incorporación de nuevos analistas de RM.

Según StratX, una consultora global y grupo de educación para ejecutivos, la tasa de retención de nuevos conocimientos en una clase típica de una empresa para profesionales es de 5%. Sin embargo, la tasa aumenta a un 75%-80% si se les da la oportunidad a los ejecutivos de aplicar su conocimiento en actividades prácticas. Es decir, un simulador aumentaría dramáticamente la eficacia al enseñar las buenas prácticas de RM que LAN desea que sus analistas apliquen.

### A. DETERMINACIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCES

#### 1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un simulador con fines de entrenamiento que, con limitadas variables de entrada análogas a las decisiones reales que se toman en LAN RM, logre reflejar su impacto en el desempeño e ingresos de una aerolínea ficticia, de manera consecuente con la realidad.

#### 2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Detallar las buenas prácticas de RM de LAN que deben ser soportadas por el simulador.
- Crear un prototipo que contenga todo el modelo de simulación propuesto.
- El simulador debe responder de manera consecuente con la realidad bajo escenarios específicos frente a buenas prácticas de *revenue management* definidas.
- Describir una serie de condiciones específicas que el simulador debe incluir que resuman los requisitos sobre el modelo.

- Definir un modelo de simulación que responda a todos los requerimientos.
- Utilizar el prototipo para correr pruebas que demuestren la validez del modelo frente a los requerimientos propuestos.
- Indicar líneas generales para la implementación del modelo.

### 3. REQUISITOS ESPECÍFICOS

- El simulador debe lograr conectarse a una instancia del software PROS O&D. Es decir, el simulador debe producir todos los datos necesarios para que el software PROS ejecute optimizaciones y lograr leer los resultados de éste para incorporarlos en la simulación.
- El diseño del simulador debe permitir generar demanda de por lo menos dos tipos distintos. Las simulaciones de demanda deben tener variables que permitan la aplicación de regulaciones tarifarias.
- Dos instancias del simulador corriendo en paralelo deben ser capaces de compartir información. Es decir, el mercado aéreo a simular está poblado por dos aerolíneas ficticias que compiten por los mismos clientes.
- La simulación debe funcionar por ciclos. El usuario ingresa las decisiones como variables de entrada, el simulador las procesa y entrega resultados. Con esos resultados, el usuario toma nuevas decisiones y reinicia el ciclo.
- Los resultados de cada ciclo de simulación deben entregarse con un grado de detalle similar a la información real de mercado y desempeño de la aerolínea.
- Se debe simular el efecto del *revenue integrity* sobre el inventario.
- El simulador debe considerar los canales de venta directa, indirecta y directa vía internet.
- Se debe soportar la posibilidad de que existan tarifas que permitan que el pasajero haga viajes interlineales.
- Deben haber clientes que no hagan reserva, que sólo reserven, que sólo compren (lo que requiere reserva), que no se presenten al vuelo (lo que requiere reserva y compra) y que viajen (que requiere reserva, compra y presentarse en el aeropuerto).
- El simulador debe considerar los clientes que acumulan kilómetros premio para después cobrarlos por pasajes gratis.

### 4. BUENAS PRÁCTICAS DE RM

Junto con la Gerencia de Distribución y *Revenue Management* se han definido una serie de buenas prácticas de RM que se desea sean soportadas por el simulador. De ninguna manera estas abarcan todo el conocimiento del área de RM de LAN, sino que son las que la aerolínea definió como prioritarias para entrenamiento a través del simulador. Todas permiten evaluar su cumplimiento o no en base a métricas concretas

en un escenario específico. Todas ellas debieran ser conocidas, entendidas y aplicadas por los analistas que usen el simulador. Por lo tanto, el simulador debe responder en consecuencia con el mundo real en los escenarios que ellas detallan.

#### Revenue Integrity y tasas de NOSHOW

Las tarifas deben tener buenas regulaciones tarifarias que permitan hacer un *revenue integrity* efectivo. De esta manera, el inventario refleja de mejor manera la demanda y posibilita mejores proyecciones. Se ha estimado que un descenso de 10% en los errores de pronóstico aporta 1% al ingreso neto<sup>16</sup>.

Si el usuario decide que su aerolínea no tenga *revenue integrity*, sus tasas de NOSHOW en el simulador deben aumentar, tanto en media como en volatilidad. Esto debería hacer que la información de inventario que llegue a PROS sea de menor calidad y por lo tanto haya peores pronósticos.

#### Market share y viajes ida y vuelta

Una aerolínea con un alto *market share* en un mercado determinado debiera privilegiar la publicación de tarifas que obliguen a viajar ida y vuelta. Así, la aerolínea impide que sus pasajeros usen pasajes de otras compañías en uno de los trayectos. Asimismo, si una aerolínea posee baja participación de mercado, se debe preferir publicar tarifas *one way*. De esta manera, la aerolínea puede optar a vender más dejando en libertad a sus clientes de combinar con las aerolíneas dominantes.

Por lo tanto, en un escenario donde una aerolínea publique bajas tarifas sólo ida y la competencia tiene tarifas más bajas para la vuelta, los pasajeros deberían comprar un pasaje interlineal que haga uso de ambas tarifas. Esto asegura que las estrategias expuestas se puedan poner en práctica.

#### Competitividad de tarifas

Muy comúnmente se comete el error de pensar que la tarifa base es competitiva si tiene un bajo precio, sin prestar atención en las regulaciones de esa tarifa. Es necesario prestar atención a ambas cosas para determinar la competitividad de una tarifa. Por ejemplo, una tarifa de 100 USD contra una del mismo valor de la competencia. La aerolínea de la primera tarifa puede pensar que su tarifa es competitiva. Sin embargo, si sus restricciones tarifarias son muy exigentes, la demanda favorecerá la segunda tarifa.

Los clientes simulados deben responder tanto al precio como a las restricciones al momento de decidir que tarifa comprarán.

---

<sup>16</sup> MENDOZA, S. 2007.

### Monitoreo de las tarifas de la competencia

En reportes MIDT no se entrega información sobre tarifas de la venta directa de las otras aerolíneas por internet. Los analistas nunca deben olvidar esta particularidad. Un error muy común es deducir que hay una reducción en la demanda por una ruta al ver que las ventas de todas las líneas disminuyen. Se olvida considerar que es posible que haya una tarifa muy conveniente publicada en internet por otra compañía en su sitio web. Esto haría que la demanda compre dicha opción y sus viajes no se reflejen en MIDT.

La información que entregue el simulador debe permitir que ocurra esta situación.

### Errores de proyección y kilómetros premio

Cuando las proyecciones indican que un vuelo tendrá bajo factor de ocupación, se asignan espacios para que los clientes usen sus kilómetros premio para comprar dichos espacios. Sin embargo, si la baja demanda proyectada fue un error, es muy probable que sea muy tarde para corregirlo, pues los espacios ya habrán sido reservados por los clientes como premios.

Los clientes simulados siempre deben usar sus kilómetros premio en los espacios disponibles.

## *5. RESULTADOS ESPERADOS*

El resultado de esta memoria debe ser un diseño completo de una solución de simulación para el entrenamiento de los analistas de RM. Esta solución debe recibir parámetros de entrada que representarán las decisiones que usualmente toman desempeñando su trabajo.

El sistema tendrá precargado una historia pasada, que permita a los jugadores tener una idea de la situación actual al empezar el juego.

El simulador debe ser capaz de correr simultáneamente para dos jugadores. Se estima que de esta manera se simulará el carácter competitivo de las decisiones que están en juego.

Una vez ingresada toda la información necesaria, el simulador deberá correr los modelos y algoritmos programados. Este proceso debe obtener como resultado la generación de demanda, reservas, emisiones y presentaciones en aeropuerto. Se utilizarán modelos estocásticos para determinar qué unidades de demanda específicas derivan en cada uno de los comportamientos ya descritos. Además, el simulador debe tomar estos datos y ejecutar el itinerario cargado. De esta manera, el simulador puede determinar los ingresos y costos de cada aerolínea.

Al final de la simulación, el sistema deberá entregar datos a PROS O&D para que éste genere proyecciones y optimizaciones análogas a las que haría si el escenario simulado fuera realidad.

Una vez obtenidos los resultados de haber simulado las operaciones de vuelo, se deben generar los reportes que expliquen el estado final de la simulación de ese período. Éstos no deberán mostrar el 100% de los datos calculados, sino que sólo con el grado de detalle que existe en la realidad.

Con los resultados publicados, los usuarios cuentan con información suficiente para comenzar nuevamente un ciclo de simulación

El sistema de simulación terminado e implementado debe ser una herramienta efectiva para el entrenamiento de prácticas de RM.

## 6. *ALCANCES*

Para que el simulador sea centro de un plan de entrenamiento, es necesario diseñar actividades académicas alrededor de éste. Es decir, se necesita un desarrollo de materiales de apoyo, diseño logístico y coordinación de participantes. Además, debe ser insertado dentro de un plan estratégico de capacitación para nuevos analistas. Todas las actividades recién descritas no corresponden al alcance de esta memoria. Este trabajo se limita a diseñar las simulaciones y sistemas que conformarán la herramienta.

Asimismo, es objetivo de esta memoria lograr un diseño final de la solución, mas no su implementación. Es decir, esta fase (elección de plataforma informática, programación, etc.) es inmediatamente posterior a esta memoria.

Una definición importante es que el fin último de este diseño es el entrenamiento, no la descripción o predicción de escenarios reales. Dicho de otra forma, no se busca que este sistema pueda predecir el comportamiento de algún mercado real. Sólo se espera que el simulador responda de manera coherente a la realidad. En particular, que permita el entrenamiento de prácticas definidas de RM, listadas en esta memoria. Esto se refleja en el hecho de que muchas de las técnicas y modelos usadas en el desarrollo de este tema, comúnmente estiman parámetros en base a datos históricos. Debido a que se busca sólo coherencia y no exactitud, esta etapa es obviada en todos los modelos. Sólo se justifica la idoneidad de dichos modelos en base a la literatura, conceptualizaciones y pruebas reales.

## B. ELECCIÓN DE TIPO DE JUEGO DE GUERRA

Los objetivos propuestos para este simulador están enfocados al entrenamiento. Es decir, se requiere que los analistas recreen las decisiones de la vida real en el mayor grado posible.

Los juegos BIG se basan en una idealización de la realidad. Es decir, el desarrollo usando esta metodología entregará un simulador que resume las decisiones de una tarifa en dos o tres variables. Esto es contrario a los objetivos propuestos de entrenamiento. Un juego de este tipo sería análogo al desarrollo de un simulador de vuelo, enfocado al entrenamiento de pilotos, que resuma la cabina del avión en un mínimo de instrumentos. La idea de entrenar, es enfrentar a los jugadores a un nivel de complejidad similar a las decisiones reales, no protegerlos de ello. Por lo tanto, se descarta este tipo de simuladores.

Por otra parte, los juegos de tipo BIB se conciben como una herramienta de ejercicio de estrategia. Su enfoque es en el análisis de los competidores y la elección de pasos a seguir. Si bien este es un producto deseado del simulador de entrenamiento propuesto, no es su objetivo principal: la simulación del impacto de las decisiones de RM en el desempeño de la aerolínea.

Los juegos tipo BIW sí permite enfocarse en esto. Dado que éstos idealmente simulan en detalle las decisiones relevantes, permiten entregar al jugador un ambiente muy similar al real. Más aún, dado que se desea conectar la simulación al software de RM PROS, se debe privilegiar una metodología de simulación que no se incline por la idealización de las variables. BIW sigue la metodología usada por los juegos de guerra militares, por lo que en su expresión máxima, correspondería a una simulación de todas las variables que afectan la realidad. Sin duda, este es un nivel inalcanzable de detalle, pero es consecuente con la intención de este simulador: entregar un ambiente que emule lo máximo posible la realidad en la que se desarrolla RM. Esto es consecuente con el objetivo general de crear un ambiente seguro donde se pueda hacer RM sin sufrir las consecuencias monetarias. Por lo tanto, se decide seguir esta modalidad de simulación.

## C. MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN

### 1. SUPUESTOS

#### Fechas de cotización, reserva y emisión de ticket.

Se pueden diferenciar por lo menos tres fechas relevantes en el proceso de compra de un pasaje aéreo. La fecha de cotización, es decir, cuando el cliente accede a un canal de venta y cotiza las opciones de viaje a su disposición. Se aplican las tarifas válidas ese

día para fines informativos. Eventualmente, se podría tener una fecha de creación de reserva, en caso de que la persona cree una. El sistema revisa el estado del inventario en esa fecha para saber si hay espacios libres para reservar. Finalmente, en caso de haber compra, existe una fecha de emisión de ticket. Esta fecha es la que importa para saber si una tarifa se puede vender o no, pues las tarifas cotizadas no necesariamente siguen siendo válidas en esta fecha.

El simulador supondrá que todas las personas cotizan, reservan y emiten el mismo día. Esto no quiere decir que todo cliente comprará, sino que, en caso de que reserve y eventualmente emita, se asumirá que ocurre todo el mismo día. Llevado a la realidad, esto significaría que la gente accede al canal de venta sólo una vez y realiza todas las actividades inmediatamente.

### Canales de venta

Se asume que existen sólo tres tipos de canales de venta: la venta directa presencial, las agencias de viajes y la página web de la aerolínea. Este supuesto deja fuera las ventas de agencias de internet (páginas como expedia.com). Estos tres canales de venta conforman más del 95% de la venta de LAN, por lo tanto no provoca una distorsión del escenario real en el simulador.

Asimismo, se asume que no existe ARC y todas las agencias usan un mismo sistema de cobranza BSP. Esto afecta la calidad de la información que entregan ciertos reportes. Usualmente una de las restricciones es que la información de venta indirecta sólo incluye un tipo de servicio de rendición y cobranza (BSP, ARC u otro). Lo que hace este supuesto es consolidar la información en un solo reporte, algo que de todas maneras se hace en LAN con todas las fuentes de información disponibles. Por lo tanto, este supuesto no afecta fuertemente la simulación.

### Tipo de tarifas

Para mantener la simpleza del simulador, se ha optado por trabajar solamente con tarifas punto a punto. Es decir, no existirá la posibilidad de publicar tarifas que puedan combinar con otras. Sólo se podrá vender aquellos pasajes que tenga una tarifa punto a punto, según su origen y destino. También se admiten viajes ida y vuelta. Es decir, sólo podrán venderse aquellos viajes que se inician y terminan en las ciudades origen y destino de la tarifa, o bien, que empieza y termina en la ciudad origen de la tarifa y hace una estadía en la ciudad destino.

Como consecuencia de este supuesto, no podrán tarifarse itinerarios que mezclen clases de servicio. La tarifa punto a punto exige que todo el itinerario sea hecho en la clase que aplica de la tarifa. Una alternativa para combinar clases es que la tarifa *add on* admite otra clase para el segmento que se le agrega al segmento punto a punto, pero este supuesto no permite este caso.

El impacto de este supuesto depende de la malla de ciudades a utilizar. Al no haber tarifas *add on*, no se podrá simular mercados del tipo Santiago de Chile (SCL) – Boston (BOS) vía NYC. En este caso, la importancia de la ruta SCL-NYC es tal que se le publica una tarifa punto a punto, y existe un *add on* NYC-BOS. Por lo tanto, mercados donde hay involucradas ciudades secundarias no estarán dentro del alcance del simulador. Esto no debiese afectar la utilidad del simulador, dado que se pueden entrenar todas las buenas prácticas del RM en mercados primarios.

### Tipo de aviones

En la actualidad, LAN cuenta con tres grandes grupos de aviones. Sin entrar en detalles técnicos, se pueden describir como los de uso para viajes corto alcance (A318, A319 y A320), los de alcance regional (B767) y los de largo alcance (A340). Sin embargo, a la luz de los objetivos de este simulador (y más explícitamente, las buenas prácticas del *revenue management*), el entrenamiento no varía mucho dependiendo el tipo de avión. Es más, rara vez un analista debe manejar vuelos con distintos tipos de aviones, ya que ellos son asignados a rutas y a su vez, los aviones son elegidos en base a la distancia-demanda, condiciones que rara vez cambian en una ruta.

Si se asume que un avión es capaz de llegar a cualquier destino, las principales diferencias son de capacidad (cabinas y asientos disponibles) y técnicas (mantenimiento, rendimiento, etc.). Estas últimas son secundarias a los objetivos del simulador. Ahora bien, el simulador asume comportamientos distintos para pasajeros para emular las diferencias que principalmente se dan entre pasajeros de negocios y de turismo. Por lo tanto, enriquece claramente la experiencia de entrenamiento tener dos cabinas y poder vender vuelos a ambos segmentos. La capacidad es consecuencia directa de la cantidad de cabinas que un avión tenga. Por lo tanto, si se asume que hay disponible sólo un tipo de avión con dos cabinas de capacidades a determinar por cada jugador, los objetivos de la simulación no sufren. Más aun, la posibilidad de poner en acción las buenas prácticas del RM no se ven afectadas por este supuesto.

Por otra parte, se considera que un avión tiene una velocidad promedio representativa. Esta considera ya los tiempos de despegue, aterrizaje, limpieza, carga de combustible, etc. De esta manera, se simplifica la modelación de los tiempos de viaje sin afectar los objetivos de la simulación.

### Publicación de vuelos

El simulador no permitirá la creación de vuelos de código compartido. Por lo tanto, todos los vuelos serán operados y vendidos por el mismo *carrier*. Esto limita la posibilidad de vuelos que pueden crearse y simplifica la modelación, pero no impide que se puedan entrenar las prácticas de RM citadas.

### Recorrido de vuelos

Los vuelos que admite el simulador tendrán sólo un segmento. Es decir, todos los vuelos serán directos y sin escalas. Dado que se admiten conexiones de hasta tres vuelos, no se pierde generalidad en los itinerarios posibles. Esta medida simplifica la modelación a un costo que no afecta la funcionalidad del simulador.

### Periodicidad y detalle de las decisiones

El simulador considera periodos de una semana. Es decir, cada 7 días simulados se presentan resultados y se piden nuevas decisiones. En la vida real, las decisiones de tarifa no son tomadas con una periodicidad regular. Es posible alterar y publicar nuevas tarifas en cualquier minuto. Luego, éstas son actualizadas en los GDS con una periodicidad de horas. Más aun, en el caso de ventas por internet en los sitios web de aerolíneas, el proceso es casi instantáneo. Sin embargo, pedir que estas decisiones se tomen en toda la industria al mismo tiempo no altera la naturaleza de las decisiones ni la factibilidad de poner en práctica buenas prácticas de RM. Corresponde por sobre todo a una discretización de la realidad, algo común en modelación. Finalmente, dado que los parámetros no se ajustan necesariamente a la realidad (por ejemplo, tasa de llegada de clientes) 7 días simulados es sólo un número arbitrario. El peso real del tiempo en la simulación es directamente proporcional al número de vuelos que despeguen en ese tiempo, que es decisión estricta de los jugadores.

Por otra parte, existe libertad de precios en todos los mercados internacionales donde LAN opera. Por lo tanto, es consecuente que en el simulador se permita alterar tarifas libremente. No hay techos ni pisos de precios y el cambio mínimo es una unidad monetaria.

### Zona horaria y distancia geográfica

Para simplicidad, se asumirá que todas las ciudades y zonas involucradas en el juego tienen la misma zona horaria. Esto no afecta la generalidad de la situación.

Asimismo, se asume que todas las ciudades se encuentran sobre un plano geográfico. Las distancias que los aviones deben viajar es equivalente a la distancia pitagórica ente los puntos del plano.

### Poder de atracción de las ciudades

Se necesita modelar de alguna manera la predilección por destinos de viaje. Debe destacarse que el objetivo de este tema de memoria no es modelar en detalle las decisiones de viaje de las personas. Por lo tanto, se asume que las ciudades tienen tres factores de atracción independientes: los negocios, el turismo y las migraciones. El primero hace referencia al interés que tienen los pasajeros de ir a alguna ciudad por motivos comerciales o de negocios. El segundo factor contempla las razones de turismo o vacaciones que la gente tiene para viajar. Finalmente, el tercer factor trata de

simbolizar los flujos de pasajeros creados por razones de migración. Este factor es relativamente menos importante con respecto a los otros dos en general, pero en algunas rutas es muy importante. Por ejemplo, en la ruta Guayaquil-Madrid es uno de los factores más importantes debido a la gran cantidad de inmigración ecuatoriana en España.

En general, estos supuestos no debieran afectar la capacidad de entrenamiento de RM. Sin embargo, tienen un efecto directo sobre el control que se tendrá sobre los escenarios de simulación. Por ejemplo, el número de factores limita las dimensiones en que las ciudades pueden ser sustitutas como destinos turísticos. Sin embargo, esto también es importante en la medida de que hayan distintos tipos de clientes con valoraciones diferentes para cada categoría. En general se habla de dos tipos de pasajeros: los de negocios y los de turismo. Por lo tanto, tres dimensiones para modelar las ciudades permitirían perfectamente modelar tres tipos de pasajeros. Este número fue aceptado y considerado suficiente en reuniones con las gerencias involucradas en RM y desarrollo de este simulador.

#### Alternativas de revenue management

Se modelan las distintas alternativas de RM disponibles en tres distintas alternativas.

- *Manual*

Se deben generar disponibilidades por clase-vuelo-tramo de manera manual. Es decir, cada jugador puede elegir la disponibilidad de asientos que desea vender para cada uno de sus vuelos.

- *PROS*

El sistema PROS sugiere los valores de disponibilidad para cada clase-vuelo-tramo. En la práctica, esto significa que se calculan las disponibilidades de manera análoga a la alternativa O&D, pero sin la dimensión POS. Por lo tanto, en vez de tener un vector de *farevalues* para cada POS, se utiliza el mismo para cada caso. Es decir, se pierde el beneficio de dar preferencia a ventas desde países que generan mayor ingreso a la compañía.

- *PROS O&D*

El sistema PROS optimiza la red de vuelos utilizando el concepto O&D. Entrega las configuraciones de disponibilidad óptimas a nivel de clase-vuelo-segmento-POS.

De esta manera, se pretende graficar el impacto de las distintas maneras y grados de sofisticación de hacer RM. La primera alternativa simula el escenario donde no existe un software especializado que optimice las disponibilidades. El segundo y tercero hacen uso del sistema PROS. Sin embargo, sólo la tercera alternativa hace uso de la última generación de RM por origen y destino. Si bien es cierto que actualmente LAN dispone de esta última tecnología, no todos sus vuelos son optimizados con esta metodología. Por lo tanto, tener las dos alternativas de PROS es más representativo. La alternativa

manual se agrega, dado que aporta valor académico (permite graficar el impacto de las herramientas de software de RM frente al escenario manual) y no aporta complejidad a la modelación.

### Revenue Integrity

Si bien es cierto que el *revenue integrity* consta de muchas técnicas y procesos para lograr tener un inventario limpio, la principal es el tiempo límite (MENDOZA, S. 2007). Por lo tanto, se asume que contar con RI en una aerolínea es tener restricciones de tiempo límite de emisión en cada clase del inventario. Es decir, si los jugadores desean tener RI, podrán optar a configurar el número de días antes de la salida del vuelo. El proceso de RI buscará en el inventario reservas que no cumplan dicha restricción y las anulará, limpiando así el inventario.

### Cabinas y clases de servicio

Se asume que todos los aviones tendrán dos cabinas de servicio. Esto es una simplificación del esquema actual donde LAN tiene aviones con una, dos o tres cabinas. Sin embargo, actualmente se está en un proceso de migración de todos los aviones de tres cabinas a dos. Los aviones que tienen sólo una cabina son típicos de rutas domésticas o regionales de corto alcance, donde se piensa que es poco probable que haya pasajeros que paguen una prima por comodidad en viajes cortos. Pero también se debe notar que hay proyectos actuales para crear una clase económica Premium en aviones monocabina. Por lo tanto, se estima que este supuesto no limita las posibilidades de hacer RM más allá de las limitaciones que los jugadores objetivos ya tienen en la realidad o que pronto tendrán.

Ahora bien, en principio cada aerolínea es independiente de crear tantas clases como desee. Sin embargo, en el contexto de alianzas y colaboraciones entre aerolíneas, esta independencia se pierde. Las alianzas piden que sus aerolíneas participantes homologuen su nivel de clases. Es decir, que tengan la misma cantidad de clases por cabina. Por otra parte, la creación de una nueva clase no es una decisión menor y se enmarca más bien dentro del nivel estratégico. Por lo tanto, se fija la estructura de clases para toda la simulación, sin posibilidad de alterarla. Se considera una estructura simplificada análoga a la que tiene LAN en este minuto. Es decir, clases por cada cabina para distintos segmentos de demanda más una por cabina para los clientes frecuentes de tarifas no pagas. Concretamente, en la etapa de desarrollo que comprende este Tema de Memoria se consideran 3 clases para cabina ejecutiva y 5 para la cabina turista. Además, se asume que todos los pasajes interlineales deben mantener la misma clase entre compañías. En la realidad, existen tablas de conversión para obtener equivalencias de clases entre aerolíneas. Dentro de una alianza esto es innecesario, debido a la homologación, pero permite sanar el problema entre dos compañías en el caso general. Dado que existe una estructura de clases fijas, una tabla es menos necesaria. Por lo

tanto, el supuesto de mantener clase en el itinerario y no simular la tabla no resta mucha generalidad a la simulación.

### Cobros interlineales

Existen muchos niveles de sociedad comercial entre aerolíneas para la venta de pasajes interlineales. El más básico es llamado MITA (*Multilateral Interline Traffic Agreement*) y no está abierto a modificaciones. Es decir, es un contrato ya aprobado por IATA a la que las aerolíneas son libres de incorporarse. Éste establece reglas predefinidas para compartir los ingresos. Para el simulador, antes de publicar una tarifa que permita tráfico interlineal, se pedirá que el otro *carrier* acepte antes de permitir ventas con ella. En este simulador, se soportará sólo este modo de venta de pasajes interlineales. No se permite que negocien libremente los porcentajes o modos de cobro. En la práctica, esto limita la libertad de las aerolíneas a sólo poder establecer alianzas simples. No se podrán ejecutar acciones de sociedad comercial estrecha con otra aerolínea como vuelos de código compartido. Esto es consecuente con otros supuestos que han limitado la libertad de juego en pos de la simpleza de la modelación, pero sin coartar la libertad de hacer RM. Más aun, todas las prácticas que se busca entrenar dentro del simulador son propias de una compañía y no de RM interlineal, por lo que este supuesto no debe afectar la calidad de las simulaciones.

### Frequent Flyer

Se asumirá que existen personas que desean pagar por su boleto y otras que desean canjearlo utilizando millas premio. Para poder hacerlo, deben optar a asientos especiales de una clase determinada que existe en cada cabina. Se asumirá que la disposición a pagar de la gente que desean canjear tickets no se ve alterada por su condición de *frequent flyer*. La diferencia será que estos tickets no generan ingreso a la aerolínea. También se asume que la gente ya ha acumulado sus millas y el simulador no hace un recuento de las compras de pasajeros para darles millas premio. De esta manera se preserva la simpleza de la modelación de demanda mediante unidades no individualizadas. Esto no afecta los objetivos propuestos, dado que se desea entrenar el RM alrededor de estos pasajeros no pagos y no hacer gestión sobre cómo acumula millas.

Por otra parte, se asume que los pasajeros que viajan con pasajes comprados con millas premio son de tipo turista. El conocimiento general sobre pasajeros de negocios indica que ellos necesitan fechas de viaje muy específicas con estadías cortas. Los pasajes premio no tienen libertad para elegir fechas de viaje, sino que deben esperar que hayan cupos en fechas y destinos determinados. Esto se contrapone totalmente con la esencia del viajero de negocios. Por lo tanto, este supuesto no parece ser exagerado.

### Tipos de pasajeros

En general en la industria se habla de tres tipos de pasajeros: los adultos, los niños y los infantes. Los adultos y niños sólo difieren en la tarifa que se les cobra. Generalmente hay un descuento para estos últimos. Sin embargo, los infantes tienen una gran diferencia: no utilizan un espacio en el avión. Se considera infante a un niño de hasta 3 años, por lo que se asume que un adulto lo puede llevar en el mismo asiento. Para evitar complicaciones en el manejo de inventario y tarifas, se asume que sólo adultos viajan. Es decir, todos pagan tarifa completa y utilizan un espacio en el avión. Esto no altera ninguno de los escenarios para los cuales se busca que este simulador permita entrenar las buenas prácticas del RM.

### Tiempo de conexión

Los sistemas de venta calculan itinerarios que conecten, revisando tablas de tiempos de conexión que varían según el aeropuerto, si hay o no cambio de terminal, si existe proceso de inmigración, entre otros factores. Para simplificar la modelación, se asume que el tiempo mínimo de conexión será de 30 min. y el máximo 4 horas. Esto es enmarca dentro de los tiempos usados en aeropuertos como el de Santiago de Chile. Dado que es irrelevante en la simulación contemplar el tamaño de los aeropuertos o procesos de inmigración, este supuesto no debiera afectar mayormente la calidad de la modelación.

### Monedas y ciudades

Para preservar el espíritu de entrenamiento y simulación del proyecto, las ciudades y monedas utilizadas son ficticias. El objetivo de esto es evitar que los usuarios usen conocimiento del mundo real y alteren su comportamiento en la simulación. Por ejemplo, si una de las ciudades se llamará Cancún, probablemente estarían inclinados a pensar a priori que la demanda de ese destino es eminentemente de turismo y habría un sesgo en la interpretación de los reportes. Peor aún, podrían decidir no guiarse por los reportes con información de la simulación dado que ya saben cómo se comporta ese destino. Similarmente, si la moneda fuera USD podrían también pre suponer niveles de precios adecuados. Finalmente, este supuesto no altera en lo absoluto las posibilidades de hacer RM. Es más, se cree que aumenta el valor de entrenamiento de la simulación.

### Costos de operación

Para simplificar el costeo de la simulación, se consideran dos tipos de costos para la operación de los vuelos. Uno fijo que se cobra por vuelo operado. Este busca representar los costos fijos que la operación de un vuelo tiene (sueldos de personal en tierra, licencias de vuelo, derechos de tráfico, operación de aeropuertos, etc.). Además, se considera un costo variable que represente los costos variables de la operación (combustible, reparaciones y mantenimiento, personal a bordo, etc.). En la práctica, este

último cobro pretende ser algo similar a un costo por kilometro volado. Se puede asumir que este valor es independiente de la ruta que se opere, si se obvia el efecto de cambio de monedas y diferencias de sueldos y precios entre países.

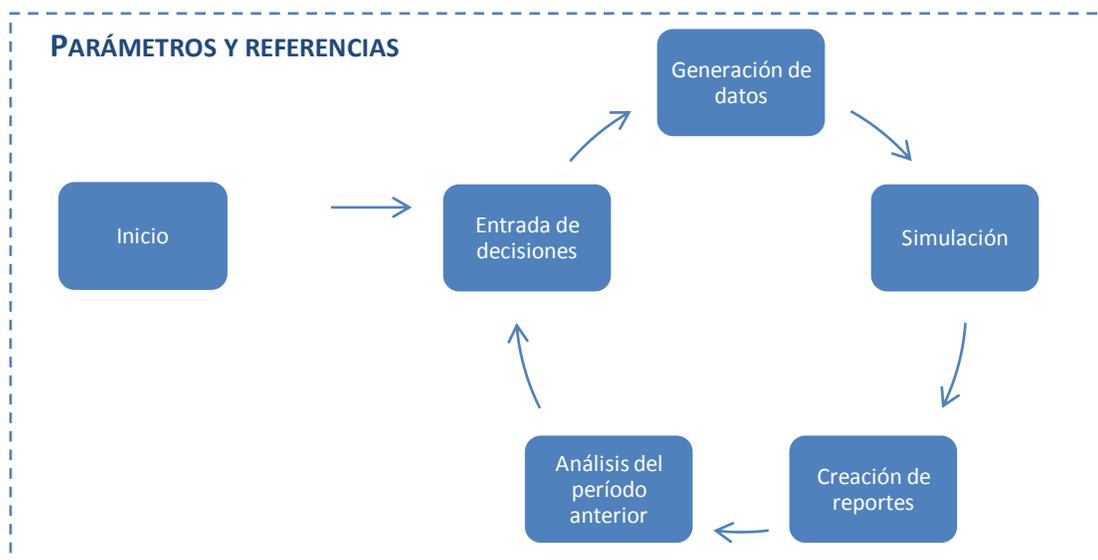
### POS y países

Se asume que el concepto de POS es a nivel de país. En la práctica un POS puede ser una agrupación cualquiera sea la partición del universo de ciudades. Sin embargo, sin perder generalidad se puede asumir que es equivalente a país.

Se ha decidió que este simulador soportará a dos jugadores simultáneamente. Uno de los objetivos es simular la industria, mediante competencia entre aerolíneas manejadas por distintos usuarios. Se ha optado por sólo dos para reducir complejidad.

Además de los jugadores, se considera la figura de un administrador. Este rol maneja una tercera aerolínea que debe promover la competencia y perseguir fines pedagógicos. Por ejemplo, el administrador puede querer poner a prueba a los jugadores y evaluar su respuesta frente a tarifas bajas. Para lograr esto, el administrador puede modificar las tarifas de la tercera aerolínea y crear el escenario deseado.

El siguiente esquema grafica el proceso de juego



Fuente: Elab. propia.

Figura IV-1 Esquema de juego

## 2. PARÁMETROS Y REFERENCIAS

Todo la modelación se realiza en base a ciertos parámetros e información de referencia que conforma el contexto del mundo en donde las aerolíneas funcionan. Se puede hablar del contexto geográfico, temporal, de tecnología y monetario.

El contexto geográfico está definido por las ciudades que existen dentro de la simulación. Cada una de ellas está definida por:

#### Código y nombre de ciudad

Una abreviación de tres letras del nombre de la ciudad. Es único por ciudad e irrepetible entre ellos. Además existe un nombre de fantasía de la ciudad.

#### País y código POS

Indica a qué país y, por tanto, POS pertenece la ciudad. Se indica tanto el nombre como el código de dos letras.

#### Proporción demográfica

Indica el porcentaje de la población universal que reside en dicha ciudad. En todas las ciudades vive el 100% de la población disponible para viajar.

#### Ubicación

Un par de coordenadas que ubica a la ciudad en el plano. Debe ser un par de números reales único e irrepetible entre ciudades.

#### Atributos

Tres valores entre 0 y 10 que representan el atractivo de la ciudad en cada una de las tres categorías.

El contexto temporal está dado por una variable interna: el reloj que marca la fecha actual de simulación. Es utilizada como referencia para todos los cálculos temporales.

El contexto tecnológico está definido por las variables que definen las características de los aviones simulados. Estas categorías son:

- Capacidad de estanque

Entero positivo que indica el número de litros de combustible de capacidad en el estanque de la nave.

- Rendimiento

Tasa de kilómetros viajados por litro de combustible consumido. Es un número real positivo.

- Precio

Valor a pagar por cada aeronave. Es un número entero positivo.

- Velocidad

Indica la velocidad promedio a la que viaje el avión. Es un número real positivo.

- Capacidad y cabinas

Se especifica cuántas cabinas tiene el avión y la capacidad de cada una de ellas. Ambos números son enteros positivos. También se debe especificar cuál de ellas corresponde a pasajeros frecuentes en cada cabina.

El contexto económico está dado por las listas de precios, costos y los canales de venta. Cada uno de los reportes tiene un precio que se cobra en cada periodo. Asimismo, existe un precio por litro de combustible. Hay costos por apertura de ruta, que depende de las ciudades de origen y destino. Dado que el objetivo de este tema de memoria es crear el sistema de simulación, se deja abierta la posibilidad de que con fines académicos se quieran crear otros cobros. Por lo que se deja la posibilidad de que todo tenga costo. Además, existe una variable por aerolínea que representa el saldo total de la cuenta de dinero de la aerolínea.

### *3. INICIO*

Como muestra el la figura IV-1, cada período de juego se inicia analizando el período anterior. En la primera etapa, se analizarán datos generados por una primera jugada ficticia. Es decir, antes de que los jugadores tomen decisiones, se hace un período de juego con tarifas y vuelos iguales para ambas aerolíneas y con tarifas distintas en la tercera aerolínea administradora. El resultado de este escenario permite entregar reportes que reflejan el estado inicial del juego.

### *4. ENTRADA DE DECISIONES*

Para comenzar un período de juego, se deben ingresar las decisiones de la etapa. Estas definen lo que la aerolínea hará en esa fase. Se deben ingresar las tarifas, las rutas que se vuelan y las inversiones dentro de la empresa.

Para ingresar una tarifa, se debe especificar:

#### *Código único identificador*

Es un número entero que identifica completamente a la tarifa en el sistema.

#### *Origen y destino*

Debe indicar el par de ciudades para el cual es válida la tarifa. Cada una debe ser una de las ciudades de la lista disponible, representada por su código de tres letras. Deben ser distintas entre sí.

#### *Inicio y fin de vuelo*

Estas fechas marcan el período en que son válidas las tarifas. Para que el itinerario pueda optar a usar esta tarifa, es necesario que todos ellos sean en fechas pertenecientes a este período. Ambas decisiones son fechas, donde el fin debe ser mayor o igual que el inicio.

### Inicio y fin de vigencia

Estos valores marcan el período de vigencia de la tarifa. Para que la tarifa aplique sobre el itinerario que se quiere comprar, la emisión debe ser hecha dentro de este período. Ambos valores son fechas, donde la del fin debe ser mayor a la de inicio.

### Cabina y clase

Se debe indicar para qué clase es válida esta tarifa e indicar la cabina de dicha clase. La clase debe ser una de las letras que la aerolínea ha fijado como posibles clases e indicar la letra de la cabina que le corresponde en dicho parámetro.

### POS

País en donde se puede comprar la tarifa.

### ADVP

Se debe especificar la cantidad de días que se exige se emita la reserva antes de la fecha de salida del primer vuelo. Debe ser un número entero mayor o igual que cero.

### Carrier

Se debe especificar la aerolínea dueña de la tarifa. Una aerolínea sólo puede publicar tarifas suyas. Esta variable se completa automáticamente dependiendo de quién está ingresando la tarifa con el código de 2 letras del *carrier*.

### Flight application: carrier

Indica el *carrier* donde es válida la tarifa para volar. Si se deja en blanco, significa que se puede volar en cualquier aerolínea (permite itinerarios interlineales). Si no, debe ser el *carrier* dueño de la tarifa. No se pueden publicar tarifas que permitan volar sólo en otra aerolínea distinta a la dueña de la tarifa.

### Flight application: vuelo

Si la tarifa aplica sólo para un vuelo determinado, en este campo debe ingresarse el número de vuelo. Esto sólo puede hacerse para un vuelo de la empresa que publica la tarifa (número entero de 4 dígitos), por lo que el *carrier* de este vuelo está determinado por la variable anterior (FA: *carrier*). Si no tiene valor, esta variable estará vacía.

### Estadía mínima y máxima

Son dos variables con valores numéricos enteros mayores o iguales que cero y menores que 1.000, que indican la cantidad de noches que un pasajero debe pasar en destino para que la tarifa aplique al itinerario. Por defecto, el valor es cero para la estadía mínima y 999 para la máxima.

### Noche de sábado

Es un valor booleano que indica si se exige o no que el pasajero pase una noche de sábado en su destino para que la tarifa aplique.

### One way

Es un valor booleano que especifica si la tarifa es *one way* o no. De no serlo, se le considera como *roundtrip* (ida y vuelta).

### Precio

El monto a cobrar por la tarifa. Debe ser un número entero mayor o igual que cero.

Para ingresar un nuevo vuelo se debe decidir:

### Carrier y número de vuelo

Se debe especificar el código de dos letras de la aerolínea que opera y vende el vuelo y el número entero positivo de 4 dígitos que identifica al vuelo.

### Material

Se le debe asignar un avión específico de la flota que debe operar el vuelo. Este avión debe estar disponible en el lugar de origen del vuelo 15 minutos antes de la hora programada de despegue. La asignación se hace indicando el número identificador de una de las aeronaves que dispone la empresa.

### Ciudad de origen y destino

Se debe indicar el código de tres letras de la ciudad de origen y la de destino del vuelo. Se deben elegir ciudades de las disponibles en el universo del simulador y no deben ser distintas entre ellas.

### Fecha de inicio y fin de vuelos

Estas fechas delimitan el período en el cual el vuelo opera. La fecha de fin debe ser mayor o igual a la de inicio.

### Hora de despegue

Indica el momento del día en el que despegue el avión desde la ciudad de origen. Debe ser un valor en formato HH:SS mayor a 00:00 y menor a 23:59

### Días de operación

Se debe indicar que días de la semana opera el vuelo. Junto con el período de vuelo, permite determinar cuántas instancias del vuelo existirán. Se indica un valor booleano por cada uno de los días de la semana para indicar si opera o no ese día.

Las decisiones de inversión y administración de la aerolínea que se deben tomar son:

#### Nombre de aerolínea

Sólo se puede ingresar este nombre en el primer turno. Se asignará al azar uno de los códigos de dos letras de aerolínea disponibles.

#### Inversión en marketing

Se debe elegir un monto menor al saldo del período de la aerolínea para ser invertido en marketing. Se debe explicar cómo se reparte la inversión en cada uno de los tres posibles canales de marketing.

#### Tipo de revenue management

Se debe optar entre una de las tres alternativas de RM que se ofrecen para usar.

#### Revenue Integrity

Un valor booleano que indica si se tendrá RI corriendo sobre su sistema de reservas o no. En caso de ser positivo, deben ingresar además el valor de tiempo límite para cada clase. Esto es un número entero no negativo por cada una de las clases de servicio disponibles.

#### Aviones

Se debe decidir cuántos aviones se compran en este periodo.

#### Reportes

Se debe decidir si se compra TCN/Juro y/o cupón volado. Ambas decisiones son binarias (compra o no). En el caso de Pax IS y MIDT, se elige qué países de emisión se desea comprar. Por lo tanto, por cada país, se ingresa un binario que indica si se compra o no.

Se debe argumentar acerca de la incorporación de la compra de aviones a las decisiones del simulador. Los analistas no tienen el poder en la vida real para comprar aviones. Claramente la compra de aviones es una decisión estratégica para la aerolínea y se toma a los más altos niveles ejecutivos. Sin embargo, no permitir cambiar el número de aviones en la flota limita bastante los escenarios posibles para entrenar. El objetivo final del simulador es entrenar, no replicar el mundo real. Por lo tanto, se decide incorporar esta decisión con el fin de aumentar la libertad del jugador y permitir más variedad de posibles escenarios de juego. Más aún, si se fija el número de aviones se limita la capacidad de crecimiento de la aerolínea. En algún minuto no se puede crear vuelos nuevos con una flota limitada. Entonces, incluir la compra de aviones permite darle crecimiento a la aerolínea ficticia y fuerza al analista a valorizar bien el valor de nuevas rutas. Se acepta que no es una decisión de la vida real de un analista, pero

tampoco lo es la inversión en marketing, por ejemplo. Sin embargo, ambas se incluyen, entre otras más, con la finalidad de hacer más rico el entrenamiento y completar el modelamiento. Finalmente, al incluir la variable en el modelo, de todas maneras se puede fijar internamente el número de aviones. Es decir, queda abierta la puerta para fijar la flota y concentrarse en la optimización de la flota fija, en caso de ser requerido en el futuro.

## 5. GENERACIÓN DE DATOS

Una vez completado el ingreso de datos, la siguiente etapa del proceso es la generación de demanda. Esta etapa es la que entrega la aleatoriedad al simulador. En esta fase se deben usar distribuciones de probabilidad para generar cada uno de los clientes que conforman la demanda por pasajes aéreos. Cada uno de estas reservas potenciales son llamadas unidades de demanda. Las variables que conforman a una de ellas son:

### Número identificador

Un número entero positivo único que identifica esta unidad de demanda en el sistema.

### Origen y destino

Indica el origen y destino que la persona desea volar

### Tipo de demanda

Valor numérico positivo entero que representa el tipo de demanda que es.

### Fecha reserva

Indica la fecha en que desea hacer una reserva.

### Fecha de vuelo

Indica la fecha en que quiere comenzar a volar su itinerario.

### Disposición a pagar

Indica el monto de dinero que el cliente está dispuesto a gastar en su pasaje

### Hora de salida

Indica la hora preferida por el usuario para iniciar su viaje

### Indicador de one way y estadía

El indicador es un valor booleano que indica si el viaje es sólo de ida. De ser positivo este valor, la estadía tiene valor nulo. Si no es de sólo ida, la estadía es un número entero mayor o igual que cero que indica el número de noches de estadía que tiene el viaje deseado.

### Indicadores de reserva, emisión y show

Son tres indicadores booleanos que indican si el pasajero hará una reserva, emitirá un ticket y se presentará al vuelo el día del viaje, respectivamente. Si no habrá reserva, no puede haber emisión. Si no hay emisión, no puede presentarse al vuelo.

### POS

Indica el área desde dónde se genera la reserva. Es un valor de la lista de POS disponibles en la malla de ciudades.

### Carrier preferido

Indica cuál es la aerolínea de predilección del cliente.

### Canal preferido

Indica cuál de los tres canales disponibles de venta el consumidor prefiere para cotizar y comprar su itinerario.

### Frequent flyer

Un valor booleano que indica si el pasajero desea volar utilizando sus millas premio en vez de dinero.

Por cada día simulado, se generan un número aleatorio de unidades de demanda. La cantidad exacta depende de la distribución de probabilidades de la llegada de clientes.

## 6. SIMULACIÓN

Una vez que todas las variables ya descritas han sido ingresadas o generadas por el sistema, se tienen todos los valores necesarios para poder simular un período. Esta fase puede ser separada en dos grandes etapas: la venta y el proceso de volado.

El objetivo del proceso de venta es crear las reservas y tickets de los clientes. Utiliza toda la información aportada por los pasos anteriores y genera los datos requeridos para que los aviones puedan volar con pasajeros y obtener los resultados económicos. Cada una de las reservas utiliza espacios en el sistema de inventario.

Cada reserva consta de las siguientes variables:

*Ticket y tarifa de emisión*

Existe un indicador booleano de ticket que dice si la reserva fue emitida o no. En caso afirmativo, se indica el código de la tarifa usada. En caso contrario, este campo está vacío.

*Canal de venta*

Indica a través de cuál de los 3 canales de venta considerados se crea la reserva.

*Código identificador de demanda*

Indica el número de la unidad de demanda a la que corresponde la reserva.

*Espacios*

Es un número entero positivo que indica el número de espacios (asientos) en el segmento que esta reserva utiliza.

*Carrier y vuelo*

Indica el código de dos letras y el número de vuelo en el cual están reservados los asientos. Cabe destacar que por construcción un vuelo es equivalente a un segmento.

*Fecha de vuelo*

Indica la fecha del vuelo para la cual la reserva es válida.

Es importante señalar que se genera una reserva por cada segmento involucrado en el itinerario. De esta manera, al agrupar por código de demanda, se puede obtener todas las reservas relacionadas a un itinerario.

Las reservas creadas tienen directa relación con el sistema de inventario y disponibilidad de las aerolíneas. Cada una de las entradas en el modelo de datos del inventario consiste de las siguientes variables:

*Fecha de vuelo*

Indica la fecha del despegue del vuelo cuyo inventario se controla.

*Carrier y número de vuelo*

El código de dos letras de la aerolínea que opera el avión y el número de vuelo. Junto con la fecha de vuelo, estos datos permiten identificar inequívocamente el inventario que se está contabilizando.

### Clase o cabina

Una letra que representa la clase de servicio cuyo inventario se refleja en el sistema. Es importante señalar que la suma de todas las entradas del inventario del mismo *carrier*, vuelo y fecha no necesariamente suman el total de espacios de ese vuelo. Por lo general, sumarán muchísimo más, dada la estructura anidada de las clases de servicio.

Además de haber una entrada por cada clase, deberá haber una por cada cabina (también representada por una letra no usada por las clases).

### Espacios

Número actual de espacios disponibles en el vuelo del *carrier* para la fecha especificada, que aplica para dicha clase y, eventualmente, POS. Es un número entero no negativo. Este representa la disponibilidad de esa clase, es decir, los espacios que pueden reservarse. Este número es calculado mediante algún sistema o metodología de RM.

En el caso de que se refiera a una cabina y no a una clase, este valor indica el número de asientos disponibles reales. Este valor es fundamental para el cálculo de las disponibilidades, ya sea por AU o por *bidprice-farevalue*.

### POS

Bajo el nuevo paradigma de trabajo de PROS O&D, se debe pensar en disponibilidad de asientos diferenciados dependiendo del POS donde se quiere hacer la reserva. Esta variable que indica el código de dos letras del POS agrega dicha dimensión. En caso que la aerolínea no cuente con disponibilidad diferenciada por POS, este campo queda en blanco. Este campo no aplica en caso de que se hable de una cabina y no una clase.

Cabe hacer una aclaración. La suite de RM PROS O&D cuenta con un módulo para calcular las disponibilidades dinámicamente en base a comparación de *bidprices* y *farevalues* (llamado RTDP). Por lo tanto, este simulador en vez de contactar directamente el módulo RTDP, busca las disponibilidades en los campos ya descritos. De esta manera el simulador se integra sin problemas al sistema PROS. Se descarta modelar el proceso incluyendo conexión directa a PROS para disponibilidades por la dificultad de programar pruebas con el sistema. Por lo tanto, se opta por esta solución en la modelación. Para todos los efectos prácticos, se puede asumir que en las variables recién descritas se encuentran las disponibilidades.

Antes de iniciar el proceso de venta, corresponde limpiar el inventario. Si la aerolínea ha decidido tener *revenue integrity*, se debe revisar todas las reservas de la aerolínea y verificar que aquellas no emitidas y fuera de tiempo límite de emisión, sean anuladas. Para lograr esto, se revisa una a una las reservas de la aerolínea. En cada una

se compara la fecha de vuelo del primer segmento a volar con la fecha actual del sistema. Esta diferencia se compara con el parámetro de tiempo límite de emisión de dicha clase. Sólo si el parámetro es menor, todos los segmentos de la reserva se anulan. Se actualiza el inventario real de la cabina del vuelo afectado y se recalculan disponibilidades.

Si se genera una reserva, se debe crear una entrada más en el sistema de reservas completando todos los campos requeridos con la información de la unidad de demanda analizada y la tarifa encontrada. Luego se debe restar un espacio en la disponibilidad real de la cabina para cada combinación *carrier-vuelo-fecha-cabina* involucrada en el itinerario.

Cada vez que cambie el inventario real, se deben actualizar las disponibilidades. En el caso de las disponibilidades que no usan PROS (alternativa “manual” de RM), se debe hacer lo mismo.

En el caso de que utilicen PROS, se pueden dar dos casos. Si se utiliza disponibilidad calculada por O&D, entonces la suite de RM de PROS debe entregar los nuevos valores de disponibilidad para cada POS y clase en ese vuelo (alternativa “PROS O&D” de RM). De lo contrario, PROS entrega las disponibilidades nuevas calculadas sin la dimensión POS (alternativa “PROS” de RM).

Finalmente, a la reserva creada se le deben copiar los valores booleanos de emisión y presentación en aeropuerto. Estos valores servirán después para el proceso de vuelo y cálculo de utilidades.

Una vez procesada toda la demanda generada en un día específico, se aumenta en un día la variable de fecha interna del contexto temporal del simulador y se itera: se genera nueva demanda y se repite el proceso de venta. Se termina de iterar, cuando se haya simulado una semana.

## 7. CREACIÓN DE REPORTE

Una vez finalizada la venta, comienza el proceso de vuelo. Este tiene como objetivo convertir la información de reservas y emisiones en resultados económicos y crear la información base para reportes y consultas. Se realiza para cada vuelo que ya despegó dentro del período simulado y busca consolidar toda la información relativa a las ventas de ese vuelo.

### Cupón volado

En base a la información de reservas, se crea una base de datos análoga a Cupón volado. Los datos se almacenan a nivel de segmento, tal y como en la BD real. Su

propósito es entregar información de cada vuelo ya operado. Sin embargo, por conveniencia y eficiencia en almacenamiento de datos, se genera esta información inmediatamente para todos los vuelos, hayan despegado ya o no. Para obtener reportes, se consideran solamente aquellos ya volados. Esta base de datos contiene la siguiente información a nivel de pasajero:

- Id de demanda

Indica la unidad de demanda de la que proviene la emisión. Sirve para agrupar y reconstruir un ticket en base a los segmentos que estén en la tabla de datos.

- Fecha de reserva

Indica la fecha en que se creó la reserva. Se obtiene desde la información de reservas.

- Fecha de vuelo

Indica la fecha en que despegó el vuelo. Corresponde a una de las fechas de la semana que se está simulando.

- *Carrier* y número de vuelo

Junto con la fecha de vuelo, individualiza el vuelo en el cual se voló. Corresponde al código de dos letras de la aerolínea y el número de vuelo. Debe ser uno de los segmentos en la reserva.

- Origen y destino

Información de la ruta que opera el vuelo. Coincide con uno de los segmentos en la reserva.

- Clase y cabina

Indica la clase de servicio y la cabina en que se reservó y voló el segmento.

- Show

Valor booleano que indica si el pasajero se presentó o no al vuelo.

- Tarifa total

Indica la tarifa total pagada por el ticket

- Tarifa segmento

Indica la tarifa prorrateada a nivel de segmento por proporción de kilómetros. Este método es el prorrateo más usado en estadísticas internas.

- Dueño de la tarifa

Indica el código de dos letras de la compañía dueña de la tarifa, es decir, quién la publica.

### TCN/Juro

La base de datos TCN se ve emulada a la perfección por la información con que ya se cuenta en las reservas y tarifas. Sólo se debe filtrar de manera que cada aerolínea vea sólo la información que le corresponde, es decir, sólo los tickets emitidos y que involucren a la compañía en alguno de los vuelos o vendiendo la tarifa.

El cliente Juro de consulta sobre TCN no justifica su emulación. Este cliente aporta valor en la vida real, debido a la intrincada y compleja información que provee TCN. Debido a las grandes simplificaciones que se han hecho en este modelo, los jugadores pueden consultar directamente las tablas de información que emulan TCN. Por lo tanto, se entregan accesos directos a bases de datos previamente filtradas que entregan el nivel de detalle análogo a TCN. Es decir, se entrega información sólo de tarifas emitidas por la misma aerolínea o por otra, pero que la involucre en algún segmento.

No tiene desfase en la entrega de información.

### Pax IS

Para generar un reporte que emule a Pax IS, se crea una base de datos que contiene sólo la información de tarifas emitidas por el canal de ventas indirecto. Se almacenara la información por nivel de segmento, con un campo de tarifa prorrateada y tarifa total por cada aerolínea. Estos campos tienen la información que esa aerolínea está autorizada a ver. Es decir, si la aerolínea participa en algún segmento del ticket, sus dos campos contienen la tarifa prorrateada por kilómetros y la tarifa total del ticket. Si no, los campos están vacíos. Adicionalmente, si ninguna aerolínea tiene más del 80% de las emisiones, se entrega el valor de la tarifa total promedio vendida en ese país. Si no, se entrega el promedio de la mitad de las emisiones del país elegidas al azar<sup>17</sup>.

Se entrega la información con un desfase de cuatro periodos.

### Gestión PNR

Se modela como una base de datos que contiene toda la información de las reservas de la propia aerolínea, siguiendo el modelo del sistema de reserva ya expuesto, pero excluyendo algunos datos. No se incluye la tarifa, si está emitida o no ni el identificador de demanda.

### MIDT

Se representa como una base de datos que contiene información a nivel de reserva. Incluye el país de venta, origen y destino final de la reserva, clase de servicio, fecha de creación y fecha de despegue del primer vuelo de las reservas hechas por la venta indirecta. Tiene un desfase de un periodo.

---

<sup>17</sup> Si hay  $2n$  registros, el primero tiene una probabilidad de  $1/2n$  de ser elegida, el segundo  $1/(2n-1)$ , etc. Hasta llegar a elegir  $n$  elementos. De esta manera, cualquier grupo de  $n$  elementos tiene la misma probabilidad de ser elegido. Si hay  $2n+1$  registros, se crea un grupo de  $n$  casos.

### Indicador global

En base a la información calculada, se suman todas las tarifas segmento que le corresponden al operador, es decir, todas las tarifas segmentos de pasajeros que volaron en algún vuelo de su compañía. Este monto corresponde a los ingresos del período.

Similarmente, la suma de todas las tarifas vendidas en el periodo corresponden a la pre venta de la aerolínea. Contablemente, se le llama preventa a todo ingreso por venta de tickets que una aerolínea ha generado, pero aun no ha volado.

Se calculan los costos de operación de la aerolínea. Se cobra un monto fijo por cada ruta operada y uno variable por cada kilometro viajado en el periodo.

Finalmente, se calculan los costos totales de inversión: compra de aviones, reportes y marketing.

Al sumar los ingresos volados menos los costos del periodo, se obtienen las utilidades del periodo.

## *8. ANÁLISIS DEL PERÍODO ANTERIOR*

Con la información generada en los pasos anteriores, los jugadores deben analizar el impacto de sus decisiones anteriores y tomar otras nuevas.

Las actividades que se deben realizar para fomentar la discusión y análisis están fuera del alcance de este tema de memoria. Sin embargo, se consideran como parte del proceso y por ende se mencionan.

### D. ELECCIÓN DE MODELOS DE GENERACIÓN Y DECISIÓN

#### *1. MODELOS DE GENERACIÓN*

Por modelos de generación se entienden todos aquellos procesos que permiten crear datos útiles para la simulación. En particular, se debe explicar cómo se logra generar cada una de las variables que componen una unidad de demanda:

#### Número identificador

Es un número correlativo. Se genera consecutivamente en cada unidad de demanda.

#### Origen, tipo de cliente, one way, frequent flyer e indicadores de reserva, emisión y presentación en aeropuerto

Se calcula utilizando las probabilidades ingresadas como parámetro a cada ciudad. Se construye una distribución acumulada de probabilidades con los parámetros y se

utiliza un número aleatorio entre 0 y 1 para determinar a qué rango corresponde, y por ende, a qué ciudad de origen.

Más generalmente, si hay n ciudades y  $T_i$  el parámetro de la ciudad i, donde

$$0 < T_i < 1 \text{ y } \sum T_i = 1 \text{ y } X_i \sim U(0,1)$$

Entonces la ciudad de origen será la ciudad i si

$$T_{i-1} < x_i \leq T_i$$

En el caso de la variable *frequent flyer*, si el pasajero es de tipo negocios, entonces el valor es negativo.

### POS

El POS de la reserva se genera en base a la ciudad de origen. Cada una de ellas, tiene un POS específico asignado.

### Destino, carrier y canal preferido

Para la elección de estas variables, se usa un modelo multinomial. Éste genera puntuaciones para cada alternativa que luego son transformadas a probabilidades.

En general se tiene que si hay N alternativas, C tipos de clientes, y A número de atributos T, la puntuación  $R_{c,n}$  de la alternativa n para un cliente tipo c se calcula como

$$R_{c,n} = \sum_A \alpha_{c,a} \times T_{a,n}$$

Luego la probabilidad  $P_{c,n}$  de que el cliente tipo c opte por la alternativa n es

$$P_{c,n} = \frac{R_{c,n}}{\sum_N R_{c,n}}$$

Con estas probabilidades  $P_{c,n}$  se puede determinar qué alternativa elegir, mediante un proceso similar al usado para elegir origen.

### Fecha reserva

La fecha de reserva es aquella que el contexto temporal del proceso de simulación tiene en el momento que se genera la unidad de demanda.

### Fecha de vuelo (ADVP) y estadía

Modelar la fecha de vuelo es análogo a modelar el ADVP de una reserva. Dado que se define al ADVP como la diferencia en días desde el momento de emisión (igual al de *booking*, bajo los supuestos de este trabajo) a la primera fecha de vuelo.

Ahora bien, la Gerencia de RM (GRM) estima que, independiente de la ruta, el *peak* de reservas se da relativamente cerca al día de vuelo. Luego desciende rápidamente a medida que se acerca a la fecha de vuelo. Por otra parte, dependiendo de la ruta, se pueden encontrar reservas hechas con muchísima anticipación. Algunos mercados tienen tarifas con ADVP de 35 días y aún así logran segmentar un grupo de clientes no despreciable en ingresos. En general, sólo se podría acotar el máximo ADVP a 364 días (los vuelos se publican para reservar 364 días antes del despegue).

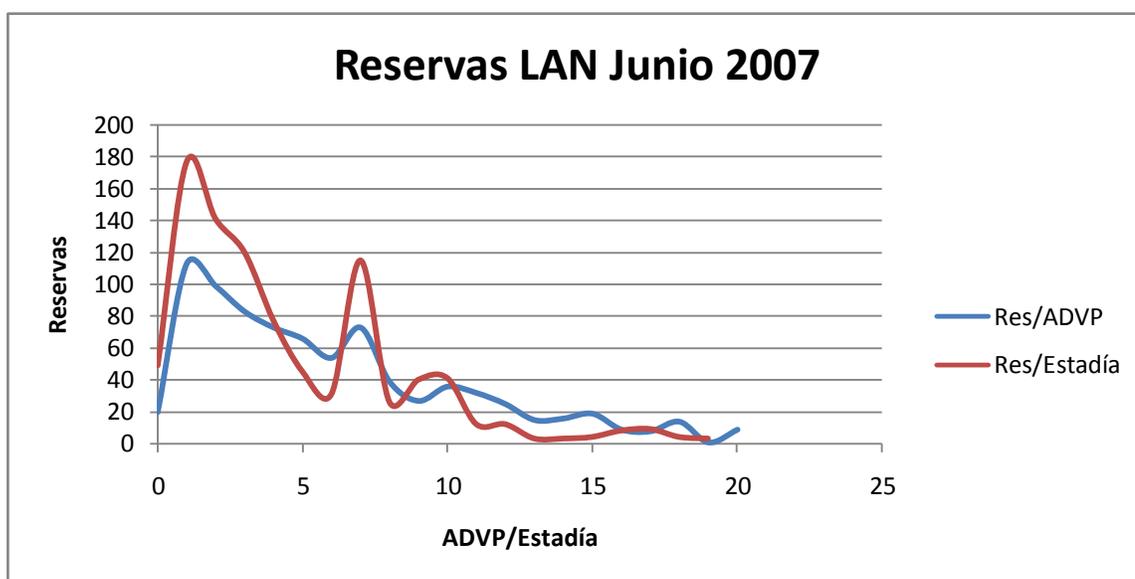


Gráfico IV-1. Reservas hechas en vuelos LAN Junio 2007

Al ver el gráfico IV-1, es necesario tener en cuenta que no sólo se está viendo la curva de comportamiento ADVP de un tipo de demanda, sino que son varias curvas pertenecientes a varios tipos de demanda.

Similarmente, GRM estima que la estadía de los pasajeros se comporta de manera similar al ADVP. Es decir, los turistas de negocios tienden a tener estadías más cortas. Por regla cultural, se asume que los ejecutivos viajan por lo general entre 0 y 5 días. Esto se explica porque los ejecutivos y sus empresas evitan viajar por negocios en un fin de semana. Dado que es una actividad de trabajo, se suele limitar a días hábiles. Sin ir más lejos, en rutas de negocios (como NYC) en temporada baja (pocos turistas), se suele ver que las estadías se concentran entre los 0 y 5 días. En el caso de Junio 2007 esta

proporción es alrededor del 66%. Por el contrario, los pasajeros de turismo no tienen un comportamiento tan claro. Aun así, el comportamiento de ellos está marcado por vacaciones y estadías más largas que las de negocios.

Con el beneplácito del grupo de RM de LAN, se utiliza una distribución log normal para modelar ADVP y la estadía de los pasajeros. Se propone tener un set de parámetros (media, DS) por tipo de pasajero para cada variable. De este modo, se puede reflejar de mejor manera que históricamente los pasajeros de negocios reservan mucho más cerca y concentrados cerca del día de despegue. Mientras que los turistas tienden a reservar con mayor antelación, de manera mucho menos concentrada. Asimismo, se puede concentrar las estadías de negocios entre los 0 y 5 días, mientras se puede dar una distribución más amplia a los turistas.

### Disposición a pagar (WTP)

Para modelar esta variable, se decide utilizar una función recomendada por PODS<sup>18</sup>. Es recurrentemente usada en demostraciones de escenarios de RM.

Según este modelo, la probabilidad P de que el WTP sea mayor a f está dada por

$$P(WTP > f) = \text{Min} \left\{ 1, \exp \left( \frac{-\log(2) \times (f - Q_{fare})}{(emult - 1) \times Q_{fare}} \right) \right\}$$

Donde  $Q_{fare}$  es el monto de la tarifa más baja de esa ruta y  $emult$  es un parámetro arbitrario. Se recomienda usar  $emult=2$  para modelar escenarios moderados.

El hecho de que se use el valor de la tarifa más baja de la ruta, permite que la función se adapte a las distancias. Por ejemplo, la misma función sirve para el caso SCL-BUE o SCL-NYC, a pesar de que el promedio de las tarifas en ambos casos es muy distinto, ya que el término  $Q_{fare}$  le permite adaptarse al nivel de precios.

Debe notarse que esta función asume que siempre el pasajero paga al menos  $Q_{fare}$ . Esto pone un problema, pues el simulador debe permitir que haya demanda insatisfecha. Pues bien, fijar artificialmente un  $Q'_{fare}$  a un nivel más bajo que la  $Q_{fare}$  real, permite regular el nivel de dinero de los pasajeros. En otras palabras, al fijar  $Q'_{fare}$  se regula el nivel de demanda que hay en el mercado.

---

<sup>18</sup> PODS es un consorcio de aerolíneas con RM de clase mundial, liderado por el Dr. Peter Belobaba, creador de algoritmo EMSRB de revenue management, y apoyado por el MIT. Se enfoca en la investigación de nuevas técnicas para hacer RM y modelación de los ingresos de aerolíneas. LAN es parte de este consorcio.

Por lo tanto, si se define

$$Q'_{fare} = \beta \times Q_{fare}$$

Con Beta entre 0 y 1, entonces Beta es un nuevo parámetro que regula el nivel de demanda. Puede ser usado con fines académicos, para modular el nivel de demanda deseado.

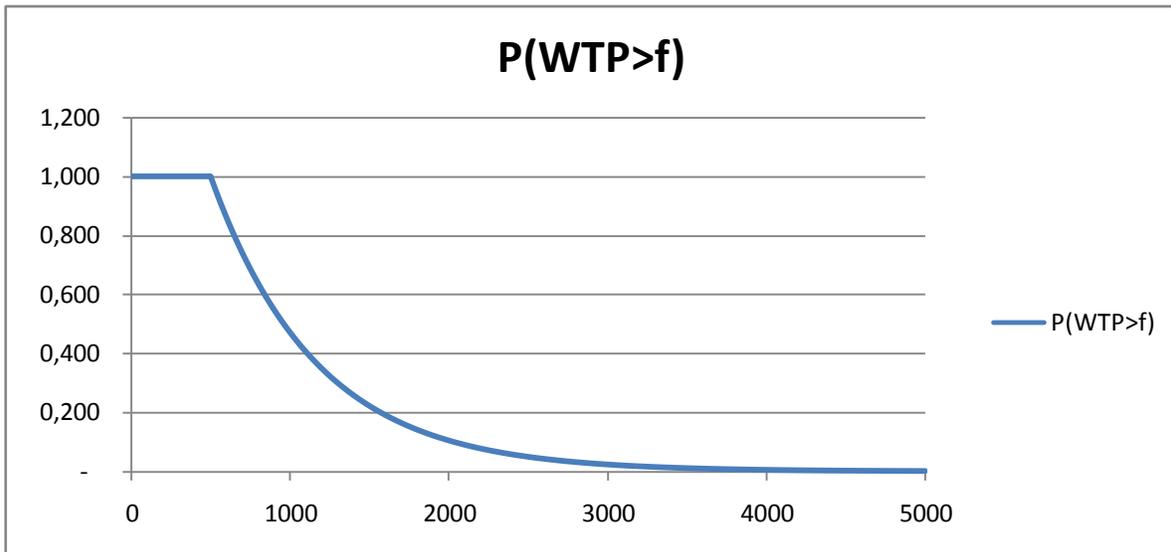


Gráfico IV-2. Función de WTP de PODS con emult=2 y Qfare=500

Para generar la variable WTP de cada unidad de demanda se utiliza una simulación de Montecarlo. Se genera un número aleatorio  $x$  entre 0 y 1 y se fija  $WTP=f$  tal que

$$x = P(WTP > f)$$

## 2. MODELOS DE DECISIÓN

El proceso de venta es el que permite que cada unidad de demanda, una potencial reserva, elija un vuelo, una tarifa y genere una venta para la aerolínea. Este algoritmo se lleva a cabo por cada unidad de demanda para cada día simulado. Se propone el siguiente modelo de decisión, basado en una maximización de utilidad

$$Max\{D - T - I \times M_C - M_F \times |F_D - F_T| - M_X \times N_X - M_T \times |T - T^*|\}$$

En este problema de maximización  $D$  es la disposición a pagar y  $T$  es el precio de la tarifa.  $I$  es un indicador de valor 1 en caso de que el tipo de demanda tenga algún tipo de castigo por comprar en una cabina que no sea la deseada y 0 si no, con  $M$  la multa en unidades monetarias.

Este indicador  $I$  es resultado de recoger las observaciones del área de RM de LAN. Originalmente se crea  $I$  y  $M$  para impedir que tarifas con restricciones similares en cabinas ejecutiva y turista, provoquen que ejecutivos no viajen en la cabina *business*. Sin embargo, dependiendo del valor de  $M$  se puede dar el caso que si la diferencia en precio es muy alta, ejecutivos sí viajen en cabina turista. Pues bien, investigaciones del área de RM de LAN indican que estas demandas se comportarían totalmente independientes de las tarifas de las otras cabinas. Por lo tanto,  $M$  debe ser muy alto, de manera que nunca haya una diferencia tarifaria que permita el cambio de cabina. Sin embargo, se decide dejar el parámetro  $M$  abierto para darle mayor flexibilidad al simulador.

De manera similar,  $M_F$  es la multa por cambio de día de vuelo,  $F_D$  la fecha de vuelo deseada por el pasajero y  $F_T$  la fecha de vuelo del itinerario disponible. Si el pasajero finalmente hace una reserva en una fecha de vuelo diferente a la que originalmente tenía planeada, se cobra una multa  $M_F$  por cada día de diferencia. Esta multa tiene valores diferenciados dependiendo del tipo de cliente. De esta manera se logra castigar a la demanda de negocios, que se caracteriza por tener fechas rígidas de viaje. Sin embargo, la demanda de turismo está más enfocada al precio y cambiaría sus fechas de salida por ahorrar dinero. Entonces, este parámetro  $M_F$  permite crear estos escenarios y modelar mejor la realidad.

$M_X$  representa el costo de cada conexión, donde  $N_X$  es el número de conexiones de dicho itinerario. Este término permite castigar aquellas rutas que tienen mayor número de conexiones. De no existir este término, un vuelo que dure 1 minuto menos que otro, pero con más conexiones tendría un menor costo. Esta situación podría ser rápidamente detectada por los jugadores y aprovechada, algo que es virtualmente imposible que ocurra en la realidad.

Finalmente,  $M_T$  es la penalidad que se cobra por el exceso de tiempo de viaje por sobre un viaje directo.  $T^*$  es el tiempo que toma el viaje directo entre el origen y destino requeridos a la velocidad del único avión disponible en el simulador.

Ahora bien, las restricciones a cumplir en el problema de maximización son:

### Canal de ventas

Las tarifas disponibles dependen del canal de ventas que la demanda elija. La venta directa online se modela como una oferta de tarifas que abarca sólo aquellas publicadas por la misma aerolínea dueña del sitio web. Además, se modela la comodidad de comprar en un sitio web al permitir que el problema de maximización se resuelva buscando un itinerario que comience en un período de tres días antes y tres días después de la fecha originalmente planeada. La venta directa presencial se modela análogamente, pero considera sólo itinerarios que empiecen el mismo día de viaje. Finalmente, la venta indirecta se comporta igual a la venta directa presencial, pero maximiza sobre el total de tarifas disponibles, sin importar la línea que las publica.

## Itinerario

Para que se pueda elegir una tarifa, debe haber un itinerario posible. Esto es, debe haber un vuelo con espacios disponibles mayor o igual a los espacios requeridos en todos los segmentos del itinerario. Para obtener la disponibilidad, se debe revisar que la clase tenga espacios disponibles -para el POS de venta también en caso de RM por O&D-.

A su vez, cada uno de los segmentos debe conectar con el otro. Es decir, el destino de uno debe ser igual al origen del segmento siguiente. Entre aterrizaje y despegue debe haber una diferencia temporal que califique como conexión.

Si la demanda es de tipo *frequent flyer*, entonces todo el itinerario debe ser en la clase que corresponde a los pasajeros que canjean pasajes como premios.

## Tarifa y regulaciones

La disponibilidad a pagar D debe ser mayor o igual al precio de la tarifa T.

El origen y destino del viaje deben coincidir con el destino y origen de la tarifa.

Si la tarifa es ida y vuelta, el itinerario debe coincidir en la vuelta también.

Si la tarifa es *one way*, debe comprar otra tarifa *one way* para la vuelta.

Las clases de servicio en todos los segmentos deben ser la clase especificada en la tarifa.

Pasajeros frecuentes pueden comprar sólo en la clase asignada a ellos. Está clase es exclusiva para ellos.

La fecha de reserva debe estar dentro del periodo de vigencia de la tarifa. Asimismo, la fecha de despegue del primer vuelo debe estar dentro del periodo de vuelo permitido por la tarifa.

El ADVP debe ser igual o inferior al número de días que hay entre la fecha de reserva y el primer despegue.

En caso de ser un viaje con retorno, el número de noches de estadía debe ser igual o mayor a la estadía mínima exigida por la tarifa; a la vez, debe ser menor o igual a la máxima estadía permitida. En caso de que la tarifa lo requiera, debe pasar una noche de sábado en el destino.

Dado que se exige que sólo el excedente monetario real (D-T) sea no negativo, no se altera el significado de D en la función objetivo. Dicho de otra forma, los costos M aplicados para premiar la calidad del itinerario encontrado no alteran el valor económico de D, sino que sólo permiten ordenar las distintas alternativas de viaje.

Finalmente, el modelo propuesto para elección de tarifas e itinerarios parece idóneo para este proyecto por la flexibilidad que entrega. Al variar los valores de las multas M, se pueden modelar distintas preferencias de clientes.

En caso de no existir una tarifa que satisfaga todas estas restricciones, ese pasajero no crea reserva. De la misma forma, si existe una tarifa que sí solucione el problema expuesto, reserva sólo en caso de que la variable de emisión sea verdadera.

## E. CREACIÓN DE PROTOTIPO

### 1. PLATAFORMAS

Para determinar el cumplimiento de los objetivos específicos de este simulador, es fundamental crear un prototipo que incluya toda la modelación. Para esto, se optó por tecnología web ASP.NET. Uno de los beneficios que entrega esta opción es la facilidad de programar en un lenguaje orientado a objeto. Dado que en la Escuela de Ingeniería se enseña a programar en Java, otro lenguaje orientado a objeto, la transición es fácil. Sin embargo, está la desventaja de que se debe crear la página web desde cero

Para la generación de los datos se optó por el software Extend. Este programa es reconocido por su versatilidad para la modelación de procesos estocásticos y numerosas interfaces para importar y exportar datos. Las licencias de este software y de Excel son proporcionadas por LAN Airlines.

Como motor de base de datos, se utiliza la plataforma MySQL 5.0. A lo largo de la carrera, en varios cursos de computación se enseña y practica el lenguaje de consultas SQL en base a este motor. Por lo que existe experiencia y familiaridad con esta alternativa. Este software es de distribución libre.

En general, el prototipo se plantea como una base de datos alimentada por las decisiones de los jugadores mediante Excel y de la generación de datos de demanda mediante Extend. Cada tabla de la base, representa alguno de los sistemas a emular (reservas, inventario, demanda, disponibilidades, etc.).

### 2. DESARROLLO

Primero se desarrolla la generación de datos de demanda en Extend. En este programa, se trabaja con bloques funcionales. Ellos se conectan entre sí creando circuitos. La unidad de trabajo son los objetos. Cada uno de ellos tiene atributos, que son variables asociadas a cada objeto. Los bloques tienen determinadas acciones sobre el recorrido del objeto sobre el circuito, o bien, sobre sus atributos. Para que un circuito este completo, debe empezar con un generador de objetos y finalizar con un bloque de muerte.

La idea general es que cada objeto represente una unidad de demanda, equivalente a una fila en la base de datos de demanda. Por lo tanto, cada objeto tiene un atributo por cada variable que una unidad de demanda debe tener, según la modelación presentada. Un generador crea objetos según una distribución de Poisson.

El circuito cuenta con bloques de lectura y escritura de atributos, de importación de datos desde Excel, de exportación de datos a MySQL, de generación de números aleatorios y de reglas (bifurcaciones según valor de un atributo, uniones de trayectorias, etc.).

Mediante los bloques de generación de números aleatorios, se pueden obtener valores para la gran mayoría de los atributos necesarios. Cada uno de estos bloques se alimenta de parámetros en la hoja de Excel. Por ejemplo, en la hoja de cálculo están las proporciones demográficas de cada ciudad. Extend lee y luego, respetando el algoritmo presentado en la modelación de este tema de memoria, asigna el valor de la ciudad apropiada a la variable “origen”.

El proceso de Extend corre hasta que el reloj interno corra la cantidad de tiempo especificada. Estas unidades de tiempo son consecuentes con las usadas como parámetros. Por lo tanto, si se pone una media de 5 min. en la distribución de Poisson de generación y se simulan 7 días de venta, los resultados respetan la escala de tiempo.

Una vez finalizada la generación de datos en Extend, se tiene una base de datos de demanda en My SQL lista para ser procesada.

Las hojas de Excel permiten crear tablas en donde se pueden ingresar las variables

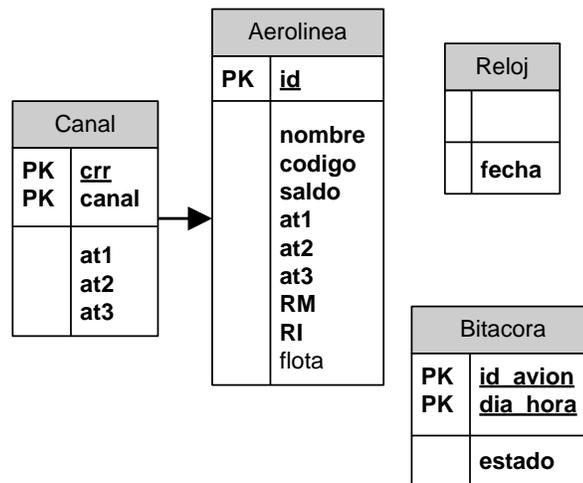


Figura IV-2. Estructura de datos: Parámetros y variables internas

de decisión. En particular, hay celdas que permiten el ingreso de las decisiones administrativas y tablas para ingresar vuelos y tarifas.

Para ingresar un vuelo, se ha programado un chequeo de consistencia con los aviones disponibles. Cada avión posee una línea de tiempo con una resolución de 15 min. por toda una semana, que en la práctica es una tabla de datos en MySQL donde cada fila representa 15 min. La idea es que cada fila muestre el uso que tiene el avión en ese periodo durante una semana. Al empezar el juego, la línea de tiempo de todos los

aviones está vacía. Pero cada vez que se agregue un vuelo, se empiezan a usar los espacios. Gracias a los parámetros, se puede calcular la distancia entre dos ciudades y el tiempo que demora el viaje. Con este dato, se puede marcar el uso del avión en la tabla más 30 min. por aterrizaje y por despegue. Luego, para crear un vuelo nuevo, es necesario que exista un avión que pueda ser usado por el tiempo requerido (vuelo más tiempo en aeropuerto).

Cada vuelo creado genera nuevas entradas en el inventario. En esta tabla de datos debe existir una fila por cada cabina y fecha de vuelo para controlar el inventario. Asimismo, debe haber una fila por cada clase, POS (si hay RM por O&D) y fecha de vuelo para gestionar la disponibilidad. Se generan tantas instancias del vuelo como la frecuencia y el periodo de vuelo indique. Para lograr esto, se utilizan algunas tablas de parámetros, como la estructura de clases.

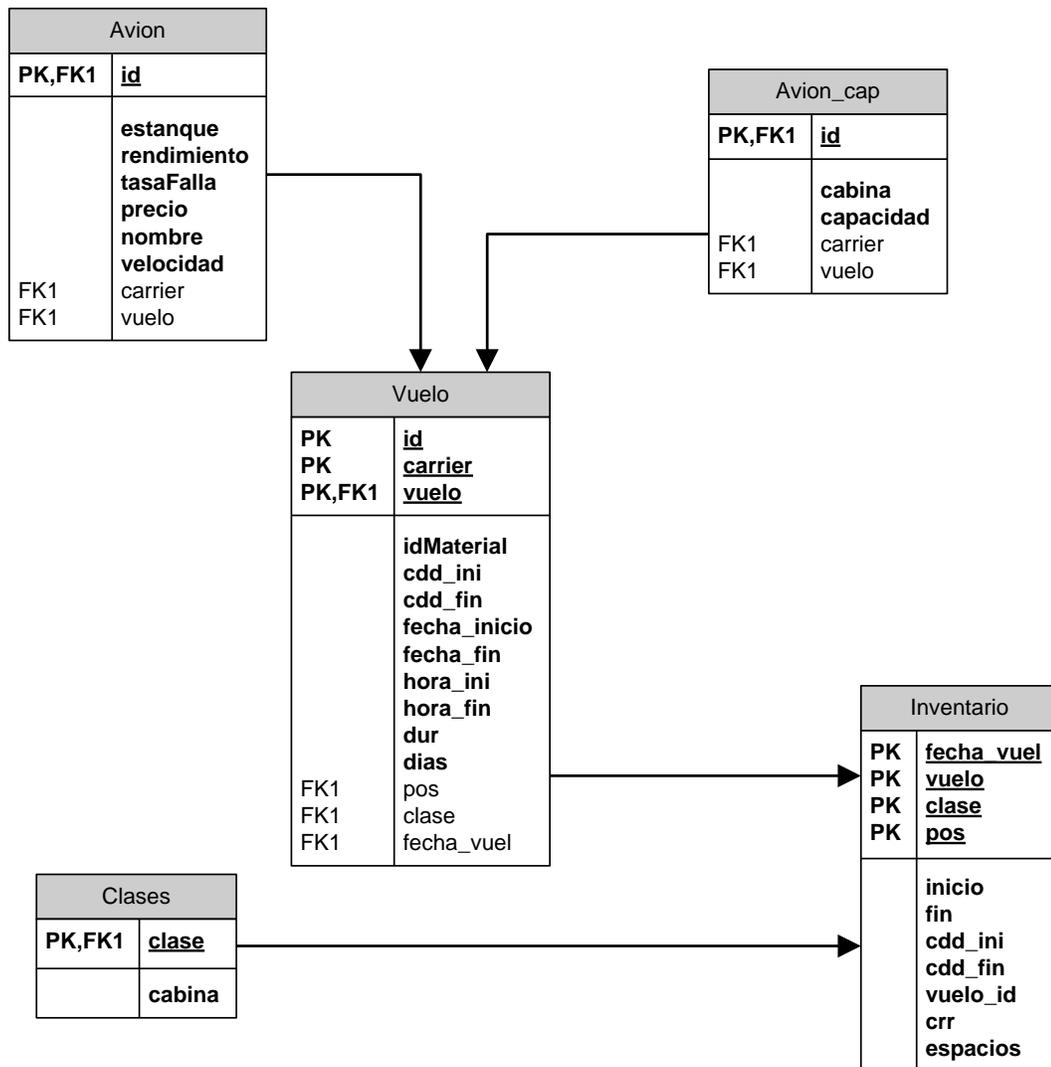


Figura IV-3 Esquema de datos: Inventario y vuelos

Dependiendo de la decisión de RM que se haya tomado, se generan los datos de disponibilidad también en el inventario.

El ingreso de tarifas es simple. Existen chequeos sólo en los casos en que se use *flight application* (el vuelo debe existir y coincidir con el O-D de la tarifa) y que las fechas ingresadas formen un periodo (inicio<fin).

El proceso de venta se realiza mediante consultas SQL generadas dentro de un algoritmo programado en Excel. Se respetan todas las restricciones del problema de maximización de utilidad. Según corresponda, los resultados son llevados a reservas.

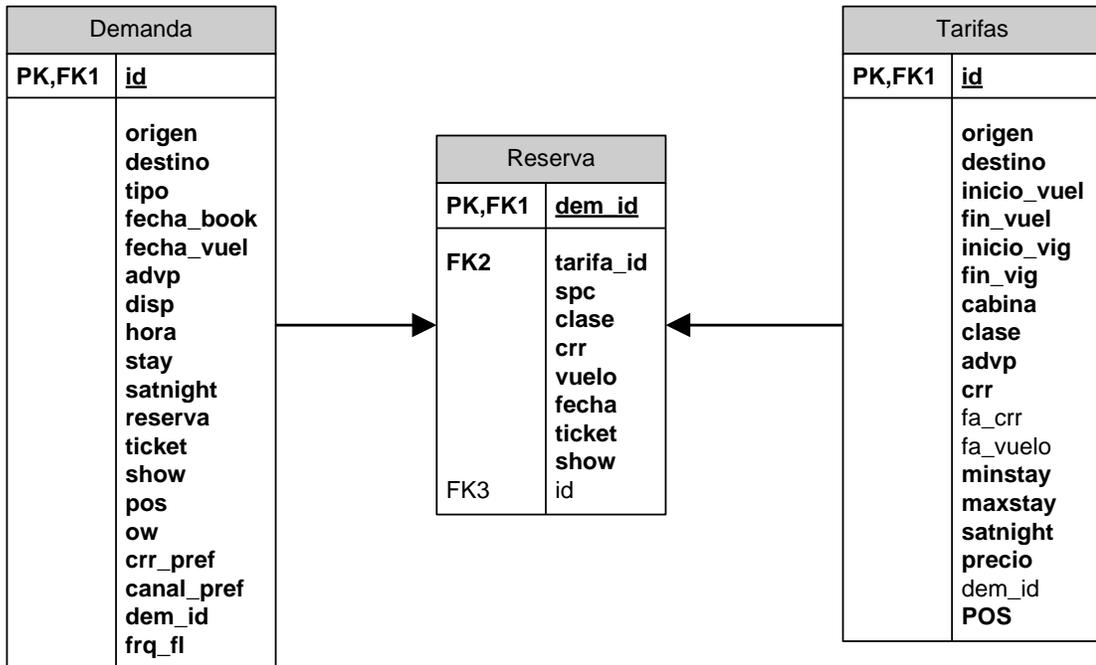


Figura IV-4. Estructura de datos: Demanda, reservas y tarifas

Finalmente, para crear la información necesaria para reportes y resultados se utiliza como base la información de reservas. De ella se obtienen datos, o bien, se generan vistas de las reservas, respetando ciertos criterios que le dan particularidad a cada fuente de información. Por ejemplo, en la vista que crea TCN, se seleccionan sólo aquellos datos de reservas que fueron emitidas y en que algún vuelo o la tarifa es del *carrier* que ve TCN.

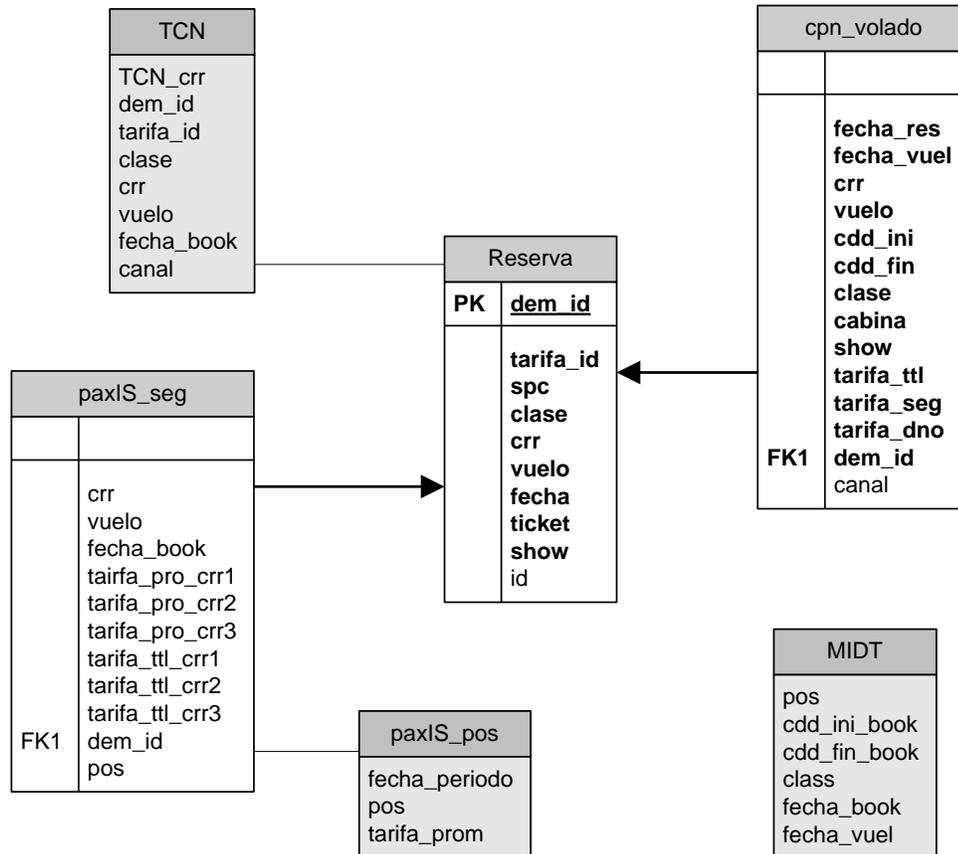


Figura IV-5. Estructura de datos: Reportes

Por tratarse de un prototipo que sólo sería usado para pruebas, las interfaces de entrada de datos tienen nulo valor estético. El simulador, en su versión prototipo, es una aplicación web en ASP.NET. De esta manera, el ingreso de datos es mediante formularios web. Se sugiere que la implementación final se realice con esta misma tecnología, para permitir acceso desde cualquier lugar y evitar la necesidad de instalar programas en los computadores de los usuarios.

Asimismo, los reportes no tienen una presentación para cada uno de ellos, sino que son tablas de datos que pueden ser consultadas directamente sobre MySQL.

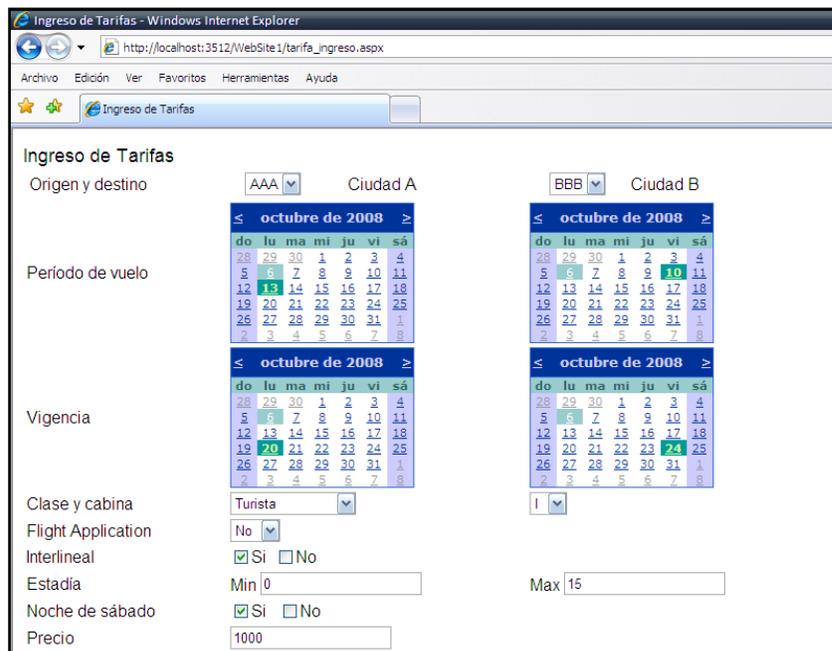


Imagen IV-1. Página de Ingreso de Tarifas

Para mostrar brevemente algunos aspectos del prototipo, se incluyen algunas capturas de pantallas. Se ha elegido ilustrar el ingreso de decisiones, debido a que es el aspecto más desarrollado gráficamente en el prototipo. Se toma esta decisión, debido a que es el aspecto de mayor contacto con el usuario.

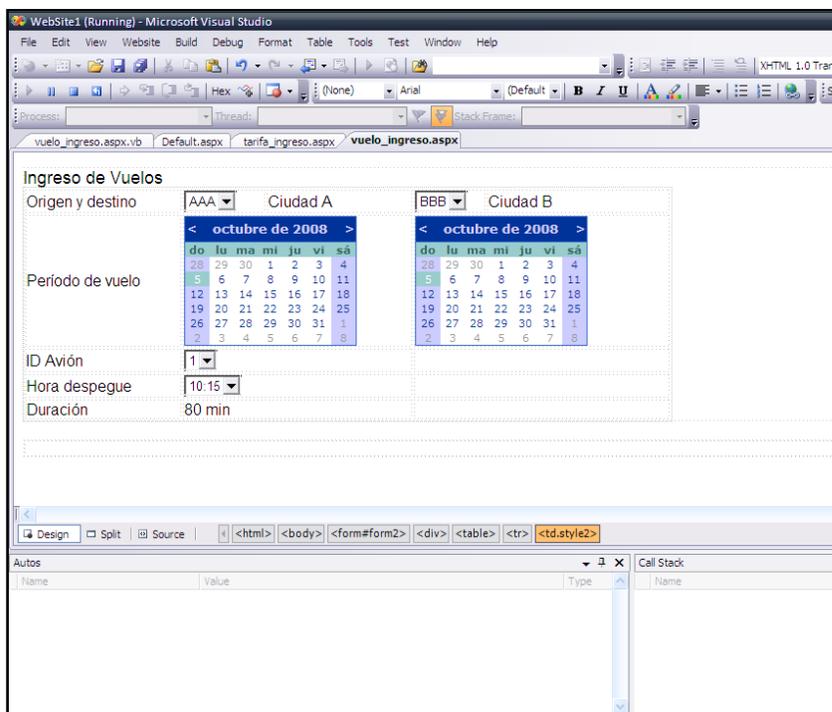


Imagen IV-2. Página de Ingreso de Vuelos (en ambiente desarrollo)

## F. PRUEBAS Y REVISIÓN DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

El objetivo de esta etapa es poner a prueba el simulador en escenarios específicos en busca de resultados *a priori* sabidos. Las pruebas se concentran alrededor de las buenas prácticas del RM, que son precisamente escenarios en los cuales se requiere el simulador responda de maneras específicas en cada caso. En la mayoría de los casos, se usaran parámetros exagerados para hacer más potentes las características requeridas en cada escenario.

A menos que se indique lo contrario, se usan los siguientes parámetros:

### Contexto geográfico

Sólo hay dos ciudades AAA y BBB, ubicadas a 1000 km de distancia. AAA concentra el 50% de la demanda aérea y BBB la restante. Ambas ciudades son igualmente atractivas con todos sus atributos iguales a 5.

### Contexto tecnológico

Hay un tipo de avión con 500L de capacidad de combustible, un rendimiento de 2km/L y una velocidad promedio de 500km/H. Su valor es de 10 millones. Tiene dos cabinas, una con 30 espacios y la otra con 100 espacios. La estructura de clases es clase A y B en cabina P de 30 espacios y clases C, D y E en cabina T de 100 espacios. Las clases B y E son sólo para viajeros frecuentes.

### Contexto económico

Todos los reportes cuestan 100 (cada decisión de comprar agrega 100 de costo a ese periodo). El costo de abrir una ruta es 1000 y de 500 por mantenerla abierta un periodo. El costo del litro de combustible es de 70. El costo fijo por tener cada avión es de 5000 por periodo y de 10 por kilómetro.

La multa en utilidad de que un pasajero de negocios vuele en turista es de 1000. Los costos de la función utilidad son de 100 para los turistas y 500 para los ejecutivos. Se toma un  $\beta=70\%$  y  $e_{mult}=2$

Los atributos de ambas aerolíneas y los canales de venta son todos iguales a 5. Es decir, hay indiferencia entre ellos.

El 20% de los clientes son ejecutivos. El 30% de los viajes son *one way*. El 5% de los viajeros de turismo son viajeros frecuentes. Las probabilidades de reserva, emisión y presentación en el aeropuerto son de 90%.

Se publica una tarifa para cada clase con un valor de 1000 cada una. Todas las restricciones se hacen lo más abiertas posibles (estadía mínima de 0, máxima de 999, no se exige noche de sábado, no hay *flight application*, etc.)

Hay un vuelo de cada aerolínea que vuela sólo el día en que se realiza la prueba desde AAA a BBB. El vuelo se hace el último día del periodo, de manera que haya mucho tiempo para hacer reservas.

Se utiliza el sistema de RM manual, con todas las clases abiertas (asignación de asientos FIFO). La clase de pasajeros frecuentes está cerrada. Sí hay *revenue integrity*.

Los viajeros ejecutivos tienen una media de estadía de 3 días y de 2 días de ADVP. Su desviación estándar es de 10% para ambos casos. Los turistas tienen una media de ADVP de 20 días y una estadía media de 15. Su desviación es de 30% y 45%, respectivamente.

Todas las clases tienen un tiempo límite de 3 días.

Sólo para las pruebas se utilizan periodos de 100 días. Esto permite analizar un vuelo y darle tiempo a la demanda de turismo para que reserve el vuelo. Si se mantiene el periodo de sólo 7, lo más probable es que sólo gente de negocios se suba al vuelo. Esto por su baja anticipación de compra.

Debe indicarse que estas pruebas fueron realizadas por el memorista sin interacción con analistas. Dado que esta actividad es para probar técnicamente el modelo, se considera que no es necesaria la participación de los analistas. Se espera tener pruebas reales en donde los analistas utilicen el simulador libremente para evaluar su funcionamiento. Sin embargo, esta prueba se quiere hacer con una versión más finalizada del simulador y no con el prototipo. No está en el alcance del tema de memoria la fase de implementación final del simulador. De todas maneras, integrantes del equipo de desarrollo de la Gerencia de Sistemas Comerciales e Investigación Operacional sí participaron y observaron las pruebas. El memorista trabaja en este departamento de LAN y sus integrantes tienen experiencia supervisando el sistema de RM de LAN.

Además, debe destacarse el hecho de que estas pruebas tienen como objetivo evaluar la capacidad del simulador de cumplir los requerimientos propuestos en RM. No se busca evaluar la capacidad de entrenamiento que tenga, dado que esto depende igual

o más aún de la estructura de las capacitaciones y el uso que se le dé a la herramienta que del simulador por sí sólo.

### 1. REVENUE INTEGRITY Y TASAS DE NOSHOW

Para evaluar este escenario, sólo es necesario comparar el mismo escenario con RI activado y desactivado. Para mayor simpleza, se toma parámetro *one way* de 100%, ya que no son necesarios los pasajeros ida y vuelta

Se utiliza un parámetro en la llegada de gente de 10 por minuto. Esto asegura que ambos vuelos se llenan completamente.

Una aerolínea tiene RI activado y la otra no. Ambas aerolíneas tienen su vuelo lleno, y por tanto, el 100% de su inventario está reservado. Esto como resultado de la altísima tasa de llegada y un  $\beta$  de  $Q_{fare}$  relativamente alto.

Debido a que se necesita calcular volatilidad, esta prueba será repetida diez veces. Los números que se entregan a continuación son las medias obtenidas.

Las tasas de emisión son bastante disímiles en ambos casos. El 98,1% del inventario de la aerolínea con RI tiene su ticket emitido y sólo el 79,4% en el caso de la aerolínea sin RI. Esto también es lógico, puesto que con RI, todos los pasajeros que en 3 días con reserva hecha no han emitido, se les elimina su reserva. Esto genera espacios libres en el vuelo que de inmediato serán usados por pasajeros que sí reservan y emiten ticket. Con parámetros tan exagerados tal vez era esperable que todos los espacios del vuelo con RI estuvieran emitidos. El 2% que falta podría explicarse por reservas que no se emitieron, pero fueron creadas menos de tres días antes de la salida del vuelo.

Finalmente, la tasa de noshow del vuelo con RI es de 84,9% y la del otro es de 74,2%. Es decir, efectivamente RI disminuye las reservas de pasajeros que no llegan al aeropuerto. Ahora bien, la volatilidad obtenida de la tasa de noshow en el vuelo con RI fue de 5,32%. La del otro vuelo fue de 15%. Por lo tanto, se puede determinar que esta prueba es exitosa.

### 2. MARKET SHARE Y VIAJES IDA Y VUELTA

Para esta prueba se alteran las tarifas. De AAA a BBB una aerolínea tiene tarifas de 1000 y la otra de 10000. En el tramo de vuelta, los valores se invierten.

Los vuelos ahora son diarios y hay uno desde BBB a AAA, para permitir que los pasajeros regresen. Ahora la proporción de pasajeros *one way* es 0%.

Debiera esperarse que más del 90% de los pasajes emitidos sean combinados con las dos aerolíneas, es decir, compren un pasaje con la aerolínea más barata en cada tramo. No se espera que hayan viajes interlineales, es decir, que con una tarifa viajen en dos *carriers* distintos, sino que la alternativa usada en cada tramo sea la más barata.

Al correr la simulación, se obtiene que de las reservas emitidas, la totalidad fueron hechas con el *carrier* barato correspondiente en ambos tramos. Esto no sorprende mucho, ya que las diferencias tarifarias eran demasiado grandes como para que a alguien le conviniera comprar caro en algún tramo. Aquellas personas que no pudieron comprar la tarifa barata porque estaba lleno el vuelo, o bien, cambiaron la fecha de vuelo (si compraron por venta web) o simplemente no compraron. Es más, con el vuelo tan abierto (las clases se cierran sólo cuando no queda espacio), hubo algunos vuelos que se llenaron sólo con pasajeros que compraron barato en la ida y en la vuelta. Por lo tanto, esta prueba es exitosa.

### 3. COMPETITIVIDAD DE TARIFAS

Para realizar esta prueba, se puede repetir el escenario de la primera prueba. Ya que se busca comparar el mismo escenario con un cambio, las regulaciones de las tarifas. En este caso, ambas aerolíneas tienen RI, pero las tarifas de una tienen ADVP de 40 y las de la otra cero.

Lo que se debe esperar es que el vuelo con tarifas menos restrictivas obtenga factores de ocupación muy altos, cercanos al 100%, mientras que el otro no debiera tener por ningún motivo más que el 50%.

Al correr la simulación, se obtiene una situación similar al escenario uno para el vuelo con tarifas menos restrictivas. Tienen un 100% de reservas y un 97,6% de personas con ticket emitido. Por otra parte, el vuelo con tarifas más restrictivas presenta un total de 15% de reservas, todas emitidas. El resultado no sorprende, puesto que para el primer vuelo el escenario es virtualmente igual al de la prueba uno, por lo tanto, los números son parecidos. Para el segundo vuelo, las pocas reservas que se crearon son de aquella demanda que si cumplió la restricción de ADVP. Están todas emitidas, porque al faltar menos de 37 días para el despegue no entraban más reservas y RI hizo su trabajo y eliminó aquellas sin ticket. Esta prueba se puede considerar exitosa.

### 4. MONITOREO DE LAS TARIFAS DE LA COMPETENCIA

Esta prueba es relativamente simple, pues cualquier escenario sirve. Lo único que se debe revisar es que un reporte de MIDT no aparezca absolutamente ninguna tarifa de venta directa.

Para realizar esta prueba, se utilizan los parámetros de la prueba uno, pero con ambas aerolíneas con RI. Además, los atributos del canal de venta indirecta y web se hacen cero. De esta manera, toda la venta será hecha a través de venta directa. Por lo tanto, se espera que no exista ninguna reserva reportada en MIDT.

Tal y como se predijo, después de simular el escenario, el reporte de MIDT no tiene reservas. Esto es totalmente lógico, ya que la emulación de MIDT se construye con una consulta SQL sobre la base de datos de reservas. Uno de los campos que se filtra es que el canal debe ser venta indirecta. Por lo tanto, no hay posibilidad que reporte una venta directa o web. Esta prueba es exitosa.

#### *5. ERRORES DE PROYECCIÓN Y KILÓMETROS PREMIO*

Finalmente, para esta prueba se puede volver a utilizar el escenario uno, pero con ambas aerolíneas utilizando RI. Además, se altera el parámetro de viajero frecuente y ahora hay un 20% y las clases de ellos se abren con 5 espacios. Para que se cumpla esta prueba, los pasajeros frecuentes deben comprar todos los espacios disponibles en las clases especiales para ellos.

Los resultados de la prueba indican que los pasajeros frecuentes efectivamente compran todos los espacios reservados para ellos, excepto la clase en cabina ejecutiva. Esto se explica porque se hizo el supuesto de que sólo los pasajeros turistas pueden ser frecuentes. Por lo tanto, a nadie le alcanza el dinero para pagar una tarifa de ejecutiva (recordando que el dinero en este contexto son las millas).

Esta prueba fracasa.

#### **G. EVALUACIÓN DE CAMBIOS NECESARIOS E ITERACIÓN DE ETAPA DE PRUEBAS**

La única prueba que ha fracasado es la referente al objetivo de pasajeros frecuentes. Probablemente este fracaso esté relacionado con el éxito de las otras pruebas. El requerimiento de que la buena práctica del RM referente a los pasajeros frecuentes fue la última en ser acordada con la GRM. Esto significa que fue la última en ser incorporada al desarrollo. Todas las otras prácticas fueron probadas en algún grado en el transcurso de la construcción del prototipo. Sería imposible listar todos los cambios y mejoras que se hicieron gracias a este proceso de iteración a menor escala. Sin embargo, la capacidad de tener pasajeros frecuentes fue la menos probada en el desarrollo.

Por otra parte, hay un error en la modelación de los pasajeros frecuentes. En la realidad, LAN cuenta con una clase en cada cabina para este tipo de pasajeros. Esto no choca con el supuesto de que ellos se comportan mayormente como turistas. Sin

embargo, no se consideró el hecho de que LAN entrega ascensos de cabina a sus pasajeros frecuentes de mayores categorías. Por lo tanto, existen algunos pasajeros que, a pesar de comportarse como turista, LAN los premia por su fidelidad y los sienta en ejecutiva. También se da el caso que si hay espacios libres en ejecutiva y un pasajero frecuente va en cabina turista, se le invita a pasar a la cabina de negocios.

Por lo tanto, el problema se soluciona al crear un nuevo supuesto. No existen ascensos de cabina para pasajeros frecuentes ni categorías de fidelidad. Por lo tanto, todos los pasajeros frecuentes deben viajar en turista. A su vez, no es necesario tener una clase de viajero frecuente en cada cabina, si no que sólo en cabina turista.

Al correr nuevamente la prueba con este cambio, naturalmente el problema desaparece.

## **V. CONCLUSIONES**

Lo primero que se puede decir acerca de este trabajo, es que la idea de crear un simulador de entrenamiento parece ser posible. Si bien la simpleza de las pruebas realizadas reflejan que la modelación es un abstracción bastante más simple que la realidad, el potencial no surge de la complejidad del modelo. Los juegos de guerra necesitan basarse en un modelo, y por definición, un modelo es una simplificación de la realidad, ciertamente con limitaciones. El potencial de este tipo de herramientas nace de la infinidad de posibilidades que pueden reflejarse en un modelo simple. Cada parámetro agrega una dimensión de flexibilidad a los escenarios y usos que se le puede dar al simulador. Por lo tanto, lo importante de una buena simulación no es abarcar muchas particularidades, sino que capturar en detalle algunas.

Ahora bien, deben existir objetivos claros que permitan discernir cuáles son los detalles a los que se les debe poner atención al modelar. Para esto fue clave tener las buenas prácticas del RM explicitadas como objetivos. Uno de las primeras advertencias que recibió este tema de memoria fue que, sin una acotación pronta y efectiva, el tema rápidamente podía salirse de control. La infinidad de detalles con que se puede estudiar sólo una parte de la realidad no hace más que recordar lo vital que es fijar alcances. Ahora bien, se podrían fijar alcances de muchas maneras. Por ejemplo, se podría decir que se quiere explicar las cinco principales razones que influyen en el RM, o bien, tratar de explicar el 20% de los factores que crean el 80% del ingreso de la compañía. Lo que la experiencia de este tema muestra es que es más fácil limitar el trabajo cuando hay escenarios a simular como objetivo. Es decir, si se desea crear un simulador que permita recrear el 80% de los ingresos de LAN, el problema crece en vez de achicarse. Se necesitaría una serie de estudios y un criterio definido para determinar cuáles son esas

variables a simular. En cambio, el tener escenarios claros a simular permite dedicarse de inmediato a la modelación de dicha situación. Esto resulta en una clara identificación de los factores que afectan a esta particular situación. Mediante supuestos justificados, se puede volver más simple la situación y modelarla. A su vez, es fácil medir la calidad de los supuestos, ya que hay un escenario y objetivo concreto en una buena práctica de RM. Si el modelo propuesto no permite que se desarrolle dicha actividad, entonces no cumple su objetivo. Estos escenarios fueron una meta y una medida del éxito al mismo tiempo. Permiten saber efectivamente cuando es suficiente el nivel de detalle con que se simula.

Por otra parte, tener esta lista de buenas prácticas permite llevar la discusión de qué se quiere simular al lugar que corresponde: a una discusión con los clientes. Son finalmente ellos quienes usan la herramienta, por lo tanto, es altamente recomendable que ellos pongan prioridades a los focos de la modelación. Sería perjudicial tal vez que el mismo encargado de modelar deba decidir qué es lo que vale la pena modelar. En especial porque se corre el riesgo de tomar decisiones guiadas por el interés de lograr un mejor modelo y no un modelo más útil. Esta conclusión es aún más importante al considerar que quien debió modelar no era una persona inmersa en el mundo de quienes usarían el simulador.

Debe también ser mencionada la diferencia que hay entre modelar para entrenar y simular, frente a simular para predecir. Si bien los modelos usados, tanto para generar datos como para tomar decisiones, buscan retratar la realidad, ninguno de ellos busca predecirla. La cantidad de trabajo y análisis necesaria para poder modelar moderadamente bien un fenómeno de demanda aérea, implicaría mucho trabajo. Es por esto que este trabajo resulta exitoso: se supo separar el uso de modelos y evaluar en base a situaciones en vez de exigir una similitud matemática a la realidad. Desde un principio se tuvo claro que el objetivo no era tomar una gran cantidad de datos históricos y buscar modelos y parámetros que los explicaran con una determinada certeza. El objetivo fue modelar la situación. Se puede sugerir que, tomando los modelos aquí presentados, se aborde en otro trabajo de econometría el fin de darle un mayor poder explicativo a la simulación frente a los datos históricos.

Es interesante mencionar las diferencias que existen entre el tema de memoria finalizado y la idea original. En un principio, se postuló utilizar regresiones estadísticas como pilar fundamental del tema. Es decir, la idea original era buscar determinar las principales variables que explicaran un alto porcentaje de la actividad de la aerolínea. Una vez determinadas estas variables, serían utilizadas como variable de decisión para construir el simulador. Tempranamente esta metodología mostró estar equivocada. Se pueden encontrar dos grandes problemas en ella. Primero, lograr encontrar las variables

mencionadas en base a los datos habría requerido un acabado y sofisticado análisis estadístico, que por sí sólo constituye un tema de memoria. Además, habría significado tener modelos que explicarían los datos reales. Es decir, se estaría tratando de construir un simulador con la capacidad de modelar y predecir el mundo real. Claramente este es un objetivo muy ambicioso y escapa de la motivación central de este tema: la simulación como una herramienta para el entrenamiento. Por otra parte, parece estar equivocado el enfoque original en que busca encontrar las variables que más expliquen el desempeño de la empresa, pero éstas pueden no estar alineadas con las necesidades de entrenamiento. Por ejemplo, se podría esperar que una variable relevante en para LAN es el precio del combustible y la gestión de las reservas de este insumo. Sin embargo, claramente este factor no tiene tanta importancia como parte del entrenamiento del *revenue management*. Por lo tanto, la metodología que finalmente fue usada, en donde el foco del desarrollo fue guiado por un grupo de buenas prácticas de RM, parece ser mucho más consecuente con el objetivo general.

Es importante reflexionar también acerca de particular naturaleza de este tema de memoria, desde el punto de vista de la Ingeniería Civil Industrial. Desde un comienzo, este tema fue difícil de clasificar dentro de las secciones temáticas del curso de Introducción al Trabajo de Título. Sólo se logró encontrar un tema similar ya desarrollado en el DII. Este hecho fue fundamental para poder lograr ordenar el tema y presentarlo de una manera más académica. La razón del problema puede haber sido la falta de una metodología estándar. Típicamente un tema de memoria es una aplicación de una metodología probada y conocida para solucionar un problema real. En este caso, el tema nació de la necesidad real de una empresa, pero con la intención de solucionarlo de manera innovadora: entrenar analistas de RM mediante una aplicación de los juegos de guerra. Sin lugar a dudas, fue fundamental para el éxito contar con el apoyo y experiencia del Gerente de Sistemas Comerciales e Investigación Operativa de LAN. Esta persona cuenta con años de experiencia desarrollando juegos de guerra para el Ejército de Chile. Su acabado conocimiento en la disciplina y detallado conocimiento del RM en LAN fue lo que originó la idea de este tema de memoria. Probablemente esta particular mezcla es la que hace tan extraño este tema. De esta manera, el apoyo específico en las disciplinas que abarcan este tema fue entregado por LAN. El DII aportó la manera en que se debe trabajar. El gran cambio en la metodología de trabajo, ya comentado en estas conclusiones, es un reflejo del aporte del DII. Si bien el alumno tenía mucho apoyo en la parte dura del desarrollo del simulador, sin el encauzamiento y recomendaciones del DII el proyecto no partió bien. Se presentó una metodología que no solucionaba el problema real propuesto y que no estaba alineado con los objetivos generales. El apoyo del DII permitió estructurar el proyecto correctamente y así facilitar su éxito. Por ejemplo, uno de los principales requisitos del tema de memoria por parte del DII es la correcta y temprana redacción de los objetivos y la metodología. En retrospectiva, es

claro que estos pasos son la base del desarrollo de todo el tema. Y efectivamente, haber dedicado esfuerzo en tratar de conciliar las ideas de LAN para el simulador con el rigor y estructura que pide el DII, fueron claves para poder estructurar el proyecto.

Para lograr desarrollar este simulador fue clave entender las bases y aplicación del *revenue management*. Esta disciplina está muy ligada a la Ingeniería Civil Industrial (ICI), al punto de que su enseñanza es uno de los puntos clave del curso de Ingeniería de Operaciones del DII. Si bien el simulador en sí no está involucrado en el RM, fue fundamental entender la disciplina que se quiere entrenar para tomar las mejores decisiones en el desarrollo del tema. Por otra parte, la modelación fue el pilar de la creación del simulador. Dentro del plan de estudios de ICI, existe un notable interés en que el alumno adquiera la capacidad de modelar y abstraer los problemas y situaciones del mundo real a modelos. Esta habilidad es clave para la aplicación de ciencias abstractas en la resolución y optimización de dichas situaciones. Se podría argumentar que esta capacidad es una de las más importantes que un ICI, o más bien un Ingeniero Civil de cualquier especialidad, debe tener para poder desarrollar una vida profesional exitosa. Sin la capacidad de modelar, toda la teoría aprendida pierde utilidad, pues ella permite conectar el mundo de la teoría con la realidad, y por ende, permitir la aplicación de lo aprendido en la universidad. Se puede decir que en casi todos los cursos del plan de estudios, de una u otra manera, se entrena la habilidad de modelar en el alumno. Otro aspecto que no se puede ignorar de este desarrollo es la programación. El plan de estudios tiene una fuerte orientación hacia la programación, incluyendo 3 semestres de computación. Más aún, en muchas ocasiones se espera que el alumno sea capaz de resolver problemas complejos con ayuda de alguna herramienta computacional programada por él. Un ejemplo ideal sería la aplicación de algoritmos de optimización de rutas o técnicas de RM. De hecho, para ambos ejemplos hay tareas y proyectos específicos de programación en el curso de Ingeniería de Operaciones. También, se debe destacar la herramienta Extend. Este programa es el mismo tipo de aplicación que Arena, un software de modelación de operaciones que se utiliza en el curso de Investigación Operacional en el DII. Así, muchos de los temas vistos en este curso y aplicados en el software sirvieron en el desarrollo de este tema de memoria. Finalmente, la estadística y procesos estocásticos fueron fundamentales para la correcta simulación de la demanda. Ambas disciplinas son uno de los focos del plan de estudios del DII. Ellas permiten la correcta modelación y generación de datos y permiten estructurar la componente aleatoria del simulador. De esta manera, a pesar de que el tema parece foráneo al universo de temas de memoria típicos del DII, su desarrollo requirió utilizar las habilidades duras características de la carrera de ICI, más la comprensión de las características específicas del RM en LAN. Así, la formación profesional del DII es la que permite a la vez comprender el *revenue management* de la aerolínea y diseñar el simulador.

Sin duda, este tema requirió un esfuerzo por parte de los académicos involucrados en él. La naturaleza atípica de la idea y el alto detalle de la industria que se debe conocer para comprender bien el tema demandaron un esfuerzo importante por parte de los profesores que el memorista agradece. Sin embargo, puede evidenciar un poco de desgaste en el modelo del Taller de Titulación. La clasificación actual de temas ciertamente abarca muchos de los posibles temas de memoria, pero siempre habrá casos como éste, en que cuesta o es imposible asignarlo en una determinada sección. Es de esperar que de alguna manera se busque dar acogida a temas extraños e innovadores, sin la necesidad de apelar la buena disposición de los profesores. Es decir, tener alguna sección o metodología para tratar temas de memoria que abarquen más de un tema o que tengan una naturaleza única debido a la alta cooperación de una empresa. No parece saludable que la estructura del taller coarte la libertad de un alumno al momento de elegir el tema a desarrollar. Más bien el DII debiera fomentar y estimular temas innovadores que obliguen al alumno a investigar y trabajar, más allá de lo típico de aplicar una metodología establecida y conocida una vez más. Así, el apoyo y apertura de mente de los profesores involucrados en el DII fueron necesarios y fundamentales para el éxito de la memoria. Aportaron la necesaria orientación al memorista en el desarrollo del tema que típicamente un alumno obtiene de la manera normal en un tema más cercano a una de las áreas típicas de la Ingeniería Civil Industrial.

El modelo creado cumple los objetivos propuestos y logra cerrar el tema de memoria. Sin embargo, se debe hacer énfasis en qué el proyecto en LAN está lejos de terminado. Faltan etapas claves que no se incluyeron en este tema de memoria, por razones de acotamiento del alcance y estructuración del desarrollo. Este trabajo entrega un modelo listo para ser implementado en su versión productiva. Falta todo el desarrollo fino computacional que permita crear una herramienta con capacidad productiva (por ejemplo, con bases de datos optimizadas y capaces de soportar la información). Además, se debe prestar atención al desarrollo de interfaces. El prototipo cuenta con algunas, pero sin duda se pueden mejorar desde el punto de vista de mejorar la interacción con el usuario final. Asimismo, no se ha completado la interconexión del simulador con el sistema PROS. Si bien en el diseño se consideró la conexión y se incluyeron las variables necesarias para el intercambio de datos, el acceso real al sistema PROS depende del área de Sistemas Informáticos de LAN y ha sido mucho más difícil de lo presupuestado. Finalmente, falta diseñar todo el plan de capacitación y entrenamiento. Esta tarea se desarrolla junto con el área de RR.HH. de la aerolínea.

#### A. POSIBLES MEJORAS

Tal vez sería interesante crear pruebas un poco más detalladas, un poco más realistas. Más allá de la elección de parámetros para tener resultados de más fácil análisis, podría ser más útil una sola prueba que integre todos los criterios a medir. De

esta manera, se podrían evitar errores no previstos debido a las interacciones de todos los supuestos involucrados.

Puede ser interesante incorporar un sistema de rendición de dineros más sofisticados. El mundo de las aerolíneas tiene un nivel de complejidad altísimo en la distribución de dineros. Debido a que LAN es una aerolínea global, debe tener un esquema de contabilidad e incentivos monetarios que permitan reaccionar y actuar de manera distinta en cada mercado. Por ejemplo, cada vez que una agencia emite, gana dinero por una comisión que la aerolínea le entrega. Las decisiones que afectan las comisiones tienen muchas veces grandes consecuencias en las ventas y en el RM. Sin embargo, es algo que muchas veces se ignora. Además, el intrincado sistema de rendiciones centralizadas por el BSP o ARC, agregan una complejidad aún mayor al análisis de indicadores sobre los incentivos que tienen las agencias. Entonces, sería beneficioso que este simulador modelara el sistema de cobros con mayor detalle en la venta indirecta

Por otra parte, otro tema que por simplicidad se dejó de lado es el de las relaciones entre aerolíneas. Si bien es cierto que se permite cierto grado de cooperación con los pasajes interlineales, ésta parece minúscula al lado de las relaciones de alianza que existen entre ciertas líneas. La capacidad de publicar vuelos con código compartido o de negociar los cobros interlineales con cada aerolínea y en cada caso, añaden una libertad tremenda a las estrategias que se pueden tomar en un mercado.

De manera similar, la posibilidad de que más de dos jugadores interactúen en este simulador es ciertamente interesante. Dada la estructura con que se desarrolló el prototipo, es perfectamente probable incluir más jugadores. Al tener bases de datos centrales que guardan la información y al simular de manera centralizada una vez recibidas las variables de decisión, se tiene un modelo robusto para múltiples jugadores. Es más, incluso permite una fácil instalación como aplicación web. Esto permitiría interacciones entre jugadores a grandes distancias y con costos mínimos asociado.

Finalmente, sería deseable tener pruebas reales con los usuarios finales. Se trató de tener estas pruebas e incluirlas en este tema de memoria. Sin embargo, no fue posible llevarlas a cabo en la aerolínea dentro del plazo de este tema de memoria. En particular, existen muchos elementos que escapan al alcance del tema que son necesarios para poder crear pruebas reales. Por ejemplo, el diseño de las jornadas de entrenamiento no se consideró en este tema. Sin embargo, es necesario definir cómo se utilizará la herramienta de simulación y cómo se estructuran las jornadas de entrenamiento para poder crear pruebas reales con los analistas.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

1. BELOBABA, P. 2008. PODS Research Consortium en: PODS RESEARCH Consortium meeting: Mayo de 2008, Los Angeles, CA, EE.UU. PODS Research Consortium.
2. BUSHEL, SUE. 2008. When two tribes go to war. [en línea] CIO Magazine Australian Online Edition. 7 de marzo, 2008.  
< <http://www.cio.com.au/index.php/id;873119433;pp;1>> [consulta: 20/Junio/2008]
3. COOPER, C. 2007. A note on on-off intermittency in a chaotic coin flip simulation. Computer & Graphics 31 (1); 137-141
4. CROSS, R. 1996. Revenue Management. New York, NY, EUA. Broadway Books, 288p.
5. CRUZ, J. M. 2007. Apuntes de curso en: IN56B Ingeniería de Finanzas: Marzo a Julio de 2007, Santiago, Chile. Universidad de Chile.
6. ESPINOZA, D. 2007. Apuntes de curso en: IN47B Ingeniería de Operaciones: Marzo a Julio de 2007, Santiago, Chile. Universidad de Chile.
7. FUNDACIÓN EDUCACIÓN EMPRESA. Bancos en Acción [World Wide Web] <http://www.jachile.org/bancos> [consulta: 10/Julio/2008]
8. FUNDACIÓN EDUCACIÓN EMPRESA. 2006. Bancos en acción 2006: Manual del participante. Santiago, Chile. Fundación Educación Empresa. 20p.
9. GLEICK, J. 1987. Chaos: Making a New Science. New York, NY, EUA. Viking Press, 360p.
10. KAPPAWEST MANAGEMENT CONSULTANTS. KappaWest – Wargaming, consulting, training specialists. 2008 [World Wide Web] <http://www.kappawest.com/wargaming.htm> [consulta: 10/Julio/2008]
11. LAN AIRLINES. 2007. Inducción Gerencia General de Pasajeros. Santiago, Chile. LAN Airlines. 64p.
12. MENDOZA, S. 2007. Fundamentos de Revenue Management en el negocio aéreo de pasajeros en: CURSO AVANZADO de Revenue Management: Agosto de 2007, Santiago, Chile. LAN Airlines. 81p.

13. PROUSSALOGLOU, K. y KOPPELMAN, F. S. 1999. The choice of air carrier, flight and fare class. *Journal of Air Transportation* 5 (4); 193-201
14. STRATX. StratX.com: Business and Marketing Simulations: How simulations help. 2008 [World Wide Web]  
[http://www.stratx.com/index.php?niv1=business\\_simulations&niv2=how\\_simulations\\_help](http://www.stratx.com/index.php?niv1=business_simulations&niv2=how_simulations_help) [consulta: 11/Mayo/2008]

## **ANEXO A**

A continuación se explican algunos conceptos más técnicos propios de la industria aérea y del *revenue management* en LAN

### Amadeus

Sistema de distribución global utilizado por LAN. En este sistema se pueden crear reservas desde cualquier lugar del mundo con una terminal de acceso a la red (agencias de viajes u oficinas de la línea aérea cuentan con ellas). Sobre esta red se encuentra la información de reservas y emisiones de pasajes de LAN.

### Available seat kilometers (ASK) [106]

Es la unidad de oferta del negocio áureo. Los ASK son la suma de los millones de kilómetros recorridos por cada uno de los asientos del itinerario ofrecido. Por ejemplo, un vuelo de 10.000Km en un avión de 160 asientos son 1,6 ASK.

### Revenue passenger kilometers (RPK) [106]

Es la unidad de demanda observada en el itinerario de la aerolínea. Los RPK son la suma de los millones de kilómetros recorridos por cada uno de los pasajeros pagos. Por ejemplo, en el vuelo del ejemplo anterior, si 56 asientos fueron ocupados por pasajeros que pagaron su ticket hay 0,56 RPK

### Ingreso bruto [USD]

La suma de las tarifas pagadas por cada uno de los pasajeros transportados, prorrateadas si corresponde (en el caso de viajes interlineales).

### Ingreso neto [USD]

Es el ingreso bruto, menos las comisiones, incentivos y descuentos (en su mayoría, aplicados a agencias de viajes). En estricto rigor, también se deben descontar el resto de los costos variables directos, como costos de sistemas distribución (sistemas de reservas globales) y otros costos variables de tráfico.

### Factor de ocupación (FO) [%]

Es el porcentaje que se obtiene dividiendo los RPK por los ASK. Aplicado a un vuelo en particular, corresponde al porcentaje de asientos utilizados por pasajeros pagos.

### Tarifa media [USD]

Se obtiene dividiendo los ingresos por el número de pasajeros –segmentos que pagan.

### Yield [USD 10-2/Km]

Se obtiene dividiendo los ingresos por los RPK. Es la tarifa por pasajero-kilometro pago

### Ingreso/ASK [USD 10-2/Km]

Es el ingreso por unidad de oferta. Es una medida de eficiencia en la generación de ingresos. Cumple la siguiente relación matemática

$$\frac{\text{Ingreso}}{\text{ASK}} = \text{Yield} * \text{FO} = \frac{\text{Ingreso}}{\text{RPK}} * \frac{\text{RPK}}{\text{ASK}}$$

### No Show [%]

Es el porcentaje de pasajeros que, teniendo reservas confirmadas al día del vuelo, no se presentan al embarque.

### Tasa de presentación [%]

Es el porcentaje de pasajeros que se presentan al embarque sobre el total de pasajeros que tienen reservas confirmadas al día del vuelo. Se cumple que

$$\text{Tasa de presentación} = 1 - \text{No Show}$$

### Denied boarding (DB) [10-4]

Cantidad de pasajeros cada 10.000 que, teniendo pasaje emitido y reserva confirmada, no se embarca por encontrarse el vuelo lleno. Es decir, el vuelo está sobrevendido. Puede ser voluntario o involuntario.

### Libertades del aire

Derechos de tráfico que se otorgan entre dos o más países a una línea aérea que vuela entre ellos. Generalmente se evalúa la nacionalidad de la aerolínea a la hora de otorgarlos.

### Tramo

Trayecto de un avión entre dos aeropuertos sin que un pasajero pueda bajarse entre ambos aeropuertos. Un vuelo de un tramo se conoce como vuelo directo. Se expresa con la secuencia de los códigos de los dos aeropuertos correspondientes. Por ejemplo, SCL-EZE para un tramo entre Santiago de Chile y el Aeropuerto de Ezeiza en Buenos Aires, Argentina.

### Segmento

Similar a un tramo, pero termina en el momento que un pasajero se puede bajar de un avión. Por ejemplo, un pasajero que va desde Santiago de Chile (SCL) a Los Ángeles, EUA (LAX) puede tomar un vuelo que se detiene en Lima, Perú (LIM). El no debe conectar con otro vuelo, sino que esperar que el vuelo reanude su viaje. Esto permite que otros pasajeros puedan usar el mismo vuelo para el tramo LIM-LAX. Entonces, en este caso un pasajero volará en un tramo SCL-LAX con dos segmentos: SCL-LIM y LIM-LAX. Se expresa de la misma manera que un tramo.

### Origen-Destino (O-D)

Trayecto de un pasajero entre el inicio real de su viaje y el final real de su viaje, incluyendo todas sus conexiones intermedias con una o más líneas aéreas u otros medios de transporte. Se expresa con la secuencia de los dos códigos de ciudad, por ejemplo, SCL-BUE.

### Routing

Secuencia de vuelos y segmentos que un pasajero utiliza para moverse entre un origen y un destino. Por ejemplo, LA500 SCL-MIA AA1010 MIA-ORD. En este ejemplo LA500 SCL-MIA es el routing online, ya que es un vuelo LAN. AA1010 corresponde al routing offline, con carriers que no son LAN.