



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

Ingeniería en Logística y Transporte

**“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SERVICIO DE TRANSPORTE AÉREO
PÚBLICO DE BAJO COSTO EN ECUADOR”**

INFORME DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

(Dentro de una materia de la malla)

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

Presentado por:

María Fernanda Vélez Avalos

Henry Antonio Pacheco Loaiza

GUAYAQUIL - ECUADOR

2014

AGRADECIMIENTOS

Primero agradezco a Dios, por estar conmigo en cada paso dado, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente. A mi familia conformada por mis abuelos, madre, tía, hermanos, y a mi novio, por brindarme ese soporte, cariño y compañía incondicional durante todo el período de estudio. A mis profesores quienes me han enseñado a ser mejor en la vida y a realizarme profesionalmente. Un agradecimiento especial al Ing. Guillermo Baquerizo Palma por hacer posible el desarrollo de este proyecto de graduación y a mis compañeros de clases quienes me acompañaron en esta trayectoria de aprendizaje y conocimiento.

María Fernanda Vélez Avalos

Ante todo agradezco a Dios y a mis padres por haberme brindado su apoyo incondicional durante todo mi camino en la ESPOL. Además agradezco a mis compañeros que recorrieron junto a mí este largo trayecto, a todos mis profesores agradezco por compartir sus conocimientos y a los que de una manera u otra colaboraron en la elaboración de este proyecto de graduación.

Henry Antonio Pacheco Loiza

DEDICATORIAS

Este proyecto de graduación se lo dedico a mi padre, quien, si estuviera vivo, estuviera muy orgulloso del logro alcanzado. A mi familia y novio que gracias a su apoyo pude concluir mi carrera con éxito y en el período planeado. A mi abuela por los sacrificios sometidos para poder brindarme los recursos necesarios. A mi madre por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor, los cuales me han servido para cumplir mis objetivos personales y académicos. A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome. A todo el resto de familia y amigos que de una u otra manera me han llenado de sabiduría para culminar mi proyecto de graduación.

María Fernanda Vélez Avalos

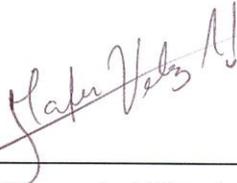
Dedico este trabajo a mis amados padres Julio Pacheco y Graciela Loiza ya que a ellos les debo todo lo que soy y lo que tengo, una persona con buenos valores y principios, y ahora un profesional competente capaz de superarse en su día a día.

Henry Antonio Pacheco Loiza

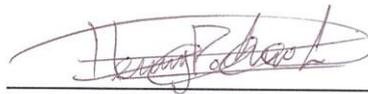
DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Informe del Proyecto de Graduación (dentro de una materia de la malla), nos corresponde exclusivamente; así como el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

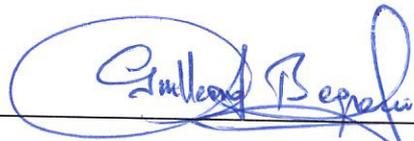


María Fernanda Vélez Avalos



Henry Antonio Pacheco Loaiza

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Guillermo Baquerizo Palma", written over a horizontal line.

M.Sc. Guillermo Baquerizo Palma

DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Carlos Martín Barreiro", written over a horizontal line.

M.Sc. Carlos Martín Barreiro

DELEGADO DE LA FCNM

ÍNDICE GENERAL

ABREVIATURAS	1
GLOSARIO	2
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO 1	7
1.1. Introducción.....	7
1.2. Antecedentes	8
1.3. Problemática	8
1.4. Hipótesis del trabajo.....	10
1.5. Justificación del Problema.....	10
1.6. Objetivos	11
1.6.1. Objetivo general.....	11
1.6.2. Objetivos específicos	12
CAPÍTULO 2	13
2.1. Introducción.....	13
2.2. Marco conceptual	14
2.2.1. Transporte aéreo	14
2.2.2. Aerolíneas de bajo costo.....	15
2.3. Estado del Arte.....	15
CAPÍTULO 3	20
3.1. Introducción.....	20
3.2. Flujograma	21
3.3. Calendario de actividades	22
3.4. Diagrama jerárquico	23
CAPÍTULO 4	25
4.1. Introducción.....	25
4.2. Tratamiento de datos	26
4.2.1. Análisis de demanda de pasajeros	26

4.3. Análisis del mercado	35
4.3.1. Muestreo.....	35
4.3.2. Hallazgos de las entrevistas	37
4.4. Análisis de costos.....	50
4.4.1. Costos variables	51
4.4.2. Costos fijos	55
4.5. Optimización de aeronaves	57
4.5.1. Modelo matemático.....	57
CAPÍTULO 5	60
5.1. Introducción.....	60
5.2. Análisis de resultados del estudio de mercado	61
5.3. Análisis de resultados del tratamiento datos.....	64
5.4. Análisis de resultados del modelo tarifario.....	65
5.5. Análisis de resultados del modelo matemático	66
5.6. Relación de métodos y resultados.....	69
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXOS	76
ANEXO A <i>FORMULARIO</i>	77
ANEXO B <i>DETALLE DE COSTOS</i>	79
ANEXO C <i>CATEGORIZACIÓN DE AEROPUERTOS Y SUS ADMINISTRACIONES</i>	83
ANEXO D <i>CODIFICACIÓN EN R DE LOS PRONÓSTICOS DE LAS RUTAS</i>	85
ANEXO E <i>IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO EN GAMS</i>	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Nichos de mercado de la aviación comercial de pasajeros. La tendencia es la convergencia hacia el modelo Low-Cost	16
Figura 3.1 Diagrama de Flujo del conjunto de acciones a desarrollar	21
Figura 3.2 Diagrama de Gantt.....	22
Figura 3.3 Diagrama Jerárquico General de un Estado	23
Figura 3.4 Diagrama Jerárquico Específico de la línea del Estado Ecuatoriano que es parte del estudio	24
Figura 4.1 Serie temporal del total de pasajeros transportados en tráfico doméstico regular y no regular.....	26
Figura 4.2 Serie temporal con los pronósticos del total de pasajeros transportados de los modelos propuestos e intervalos de confianza	28
Figura 4.3 Serie temporal con pronósticos de las rutas Cuenca-Quito y Quito-Loja respectivamente	30
Figura 4.4 Serie temporal con pronósticos de la ruta Guayaquil - Esmeraldas	31
Figura 4.5 Serie temporal con pronósticos de la ruta Coca - Quito	32
Figura 4.6 Serie temporal con pronósticos de la ruta Quito - Macas	32
Figura 4.7 Serie temporal de la ruta Quito – Guayaquil – Quito	33
Figura 4.8 Serie temporal de la ruta Guayaquil - Cuenca.....	34
Figura 4.9 Serie temporal de las rutas Machala-Quito-Machala y S. Rosa-Quito-S. Rosa respectivamente	35
Figura 4.10 Proporciones de ¿Ha usado alguna vez el transporte aéreo?.....	37
Figura 4.11 Proporciones de ¿Cambiaría Ud. el transporte terrestre por el aéreo para viajar dentro del Ecuador?.....	38
Figura 4.12 Proporciones de ¿Ud. cree que las tarifas actuales de los boletos de transporte aéreo interno son elevadas?.....	39
Figura 4.13 Proporciones de ¿Le gustaría un servicio de transporte aéreo económico?	39
Figura 4.14 Proporciones de ¿Aceptaría Ud. que los vuelos aterricen en aeropuertos secundarios, cercanos al punto de destino deseado?.....	40
Figura 4.15 Proporciones de ¿Usaría Ud. este servicio en caso de implementarse?	41
Figura 4.16 Proporciones de ¿Estaría de acuerdo con que el Gobierno Nacional ofrezca este servicio?	41
Figura 4.17 Proporciones de ¿Cuán importante es para usted que dentro del avión se ofrezcan servicios de comida y bebida gratuitos?	47
Figura 4.18 Proporciones de ¿Qué tan importante es para usted llevar maletas adicionales al equipaje de mano, en un viaje interno?	47

Figura 4.19 <i>Proporciones de ¿Qué tan importante es para usted la atención personalizada en el área VIP, dentro de un avión?.....</i>	48
Figura 4.20 <i>Proporciones de ¿Calificaría como cómodo que el servicio de venta de boletos de avión se haga por medio de internet?.....</i>	49
Figura 4.21 <i>Proporciones de ¿Qué tan importante es para Ud. no hacer escalas intermedias previas al punto de llegada?.....</i>	49
Figura 4.22 <i>Proporciones de ¿Qué tan importante es para Ud. que se devuelva una fracción del valor del boleto en caso de perder el vuelo?.....</i>	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 <i>Calendario de actividades</i>	22
Tabla 4.1 <i>Datos pronosticados para el 2013 por los dos modelos propuestos</i>	27
Tabla 4.2 <i>Rutas con alta frecuencia de pasajeros</i>	29
Tabla 4.3 <i>Tabla de proporciones de ¿En un viaje, cuál es el factor que le incomoda más invertir tiempo?</i>	42
Tabla 4.4 <i>Tabla de proporciones de ¿Cuál es su destino habitual al viajar dentro del Ecuador?</i>	43
Tabla 4.5 <i>Tabla de proporciones de ¿Si usaría el servicio de transporte aéreo, a qué hora lo haría?</i>	44
Tabla 4.6 <i>Tabla de proporciones de ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el servicio de transporte aéreo? Y estadísticas descriptivas</i>	45
Tabla 4.7 <i>Tabla de proporciones de ¿Compraría Ud. un boleto económico de transporte aéreo con 6 meses de anticipación?</i>	46
Tabla 4.8 <i>Tipos de aviones que se tomarán en cuenta</i>	52
Tabla 4.9 <i>Tasas de aterrizaje, despegue, iluminación y estacionamiento según las toneladas métricas</i>	54
Tabla 4.10 <i>Tarifa de uso de aeropuerto por pasajero</i>	54
Tabla 5.1 <i>Tarifas obtenidas con el modelo tarifario</i>	65
Tabla 5.2 <i>Reporte generado por GAMS</i>	68

ABREVIATURAS

CNAC	Consejo Nacional de Aviación Civil
DGAC	Dirección General de Aviación Civil
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
PSA	Pacific Southwest Airlines
SARIMA	Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average

GLOSARIO

- a. **Aerolíneas de Bajo Costo**¹, El término “aerolíneas de bajo costo” en inglés es “Low Cost Airlines”. Son aquellas aerolíneas que ofrecen precios de vuelos más bajos que los de las “aerolíneas tradicionales”. basados en un modelo de servicios limitados; en la literatura inglesa se aplica en general, la definición Aerolíneas de bajo costo.
- b. **Low Fare**, bajo precio.
- c. **No Frills**, sin adornos.
- d. **Low Fare Airline**, aerolínea de bajo precio.
- e. **No Frills Airline**, aerolínea sin adornos, se refiere a la forma de ahorrar los costos. En los vuelos se renuncia a todos los adornos.
- f. **Predicción**², es una expresión que anticipa aquello que, supuestamente, va a suceder. Se puede predecir algo a partir de conocimientos científicos, relevaciones de algún tipo, hipótesis o indicios.
- g. **Pronóstico**³, hace referencia a la acción y efecto de pronosticar (conocer lo futuro a través de ciertos indicios). La noción de pronóstico es habitual en la meteorología.
- h. **Modelo de Bajo Costo**⁴, modelo a través del cual las aerolíneas consiguen llenar sus aviones, ser rentables y ofrecer tarifas más

¹ Fuente: Gross, S. y Schröder, A. (2004): *Low Cost Airlines in Europa*. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin. Pp. 3-4. Pohl, A. (2004): *Chancen und Risiken von NoFrills Airlines und deren Auswirkungen auf den Flughafen Bonn*. Hausarbeit. Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg.

² Tomado de <http://definicion.de/prediccion/>

³ Tomado de <http://definicion.de/pronostico/>

⁴ Jordi Candela (2008), “El bajo costo y la nueva aviación comercial”, publicado por la revista Ingeniería y Territorio del Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos.

bajas que la competencia con las aerolíneas que utilizan el modelo tradicional.

- i. **Vuelo Charter⁵**, son los vuelos no regulares punto a punto, sin conexiones más allá de las escalas técnicas. Se trata de vuelos generalmente asociados al turismo, o a eventos con fuertes puntos de demanda, y habitualmente vinculados a paquetes turísticos que incluyen vuelo y alojamiento: un producto completo de variaciones a muy bajo precio.
- j. **Software R⁶**, es un lenguaje y entorno de programación gratuito para cálculos estadísticos univariado y multivariado; y gráficos.
- k. **Software GAMS⁷**, es un sistema de modelado de alto nivel para la programación matemática y optimización. Se trata de un compilador de lenguaje y un conjunto de solucionadores de alto rendimiento integrados.

⁵ **Jordi Candela (2008)**, "El bajo costo y la nueva aviación comercial", publicado por la revista Ingeniería y Territorio del Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos.

⁶ Tomado de la pagina web del software R: <http://www.r-project.org/>

⁷ Tomado de la pagina web del software GAMS: <http://www.gams.com/>

RESUMEN

En los últimos años, la actividad aeronáutica de Ecuador se ha incrementado debido a la demanda y simultáneamente a la inversión realizada por el Gobierno Nacional. Este proyecto de graduación presenta un análisis de factibilidad para que el Estado ofrezca el servicio de transporte aéreo de bajo costo sujeto a tres puntos clave, que son: determinar la demanda, analizar los costos operacionales y del servicio en sí; y la optimización de aeropuertos secundarios.

Para la demanda se usará como datos seis años de afluencia de turistas extranjeros y el traslado de residentes internos. Con respecto a los costos, se analizarán los factores esenciales para poder reducir éstos y determinar tarifas económicas. Y se aplicará un modelo matemático que permita optimizar la utilización de los aeropuertos.

El análisis de esta investigación está dirigido al Estado o cualquier empresa privada que desee ofrecer un nuevo servicio de transporte aéreo económico en Ecuador.

ABSTRACT

In recent years, Ecuador aviation activity has increased due to demand and simultaneously to the investment made by the Government. This graduation project presents a feasibility analysis for the State to provide the service of low cost air travel subject to three key points are: determine the demand, analyze operational costs and the service itself; and optimization of secondary airports.

To demand data are used as six years of influx of foreign tourists and local residents moving. With regard to costs, we analyze the key factors to reduce these and determine rates. And apply a mathematical model to optimize the use of airports.

The analysis of this research is directed to the State or any private company that wants to offer a new economic air transport service in Ecuador.

INTRODUCCIÓN

En este proyecto de graduación se presentará un análisis de factibilidad de un transporte aéreo público de bajo costo, sujeto a tres puntos claves, que son: determinar la demanda basada en los últimos 6; análisis de costos operacionales y del servicio en sí; y, la optimización de aeropuertos secundarios y tamaño de aeronave.

Para determinar la demanda se utilizarán los datos publicados en la página web oficial del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y los datos de la Dirección General de Aviación Civil (DGAC), se va a necesitar de modelos estadísticos para predecir la demanda, se utilizará R como el software estadístico para procesar los datos y determinar el modelo de pronóstico. Se analizará la reducción de costos mediante la eliminación de servicios alimenticios gratuitos durante los vuelos, la normalización de flota y capacitaciones para el personal, sin escalas intermedias, utilización de aeropuertos secundarios por las tarifas menores, entre otros. Para optimizar la utilización de aeropuertos secundarios se debe investigar la frecuencia de viajes que se generan en los mismos, sus respectivas capacidades y cantidad de pasajeros; mensualmente. Los primeros dos capítulos ayudarán a involucrarnos en el transporte aéreo mostrando la problemática existente e información teórica necesario para entender el tema tratado, el tercer capítulo muestra la metodología adoptada para llevar a cabo el proyecto. El cuarto capítulo es la parte más importante del proyecto ya que aquí se encuentra el análisis de datos tales como demanda, costos y rutas los cuales se interpretan ampliamente en el quinto y último capítulo.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Introducción

En este primer capítulo, se detalla el problema que se tratará y lo que se hará a lo largo de todo este proyecto que es básicamente un análisis de factibilidad de un transporte aéreo público de bajo costo, para este análisis se puntualizará claramente la situación actual en la que se encuentra el transporte aéreo y el turismo en el país; se detallará la justificación del trabajo con diversos beneficios directos o indirectos que se podría resaltar al final del estudio para beneficio del usuario y el estado; y por último se expondrá el objetivo general y los específicos de esta investigación así como también la hipótesis que se ha edificado respecto al tema de estudio.

1.2. Antecedentes

Ante la necesidad de fortalecer el mensaje que Ecuador está dando al mundo acerca del turismo interno y siguiendo la propuesta de “Ecuador ama la vida” conjuntamente con los estímulos que el Gobierno ha creado para que las aerolíneas incrementen sus frecuencias y rutas dentro del país. Se plantea este análisis de factibilidad para que el Estado sea quien ofrezca este servicio de transporte aéreo de bajo costo.

El servicio de transporte aéreo de bajo costo se inició en Estados Unidos, la compañía fue Pacific Southwest Airlines (PSA), en el año 1949 pero sin éxito, sin embargo este modelo migró a Europa gracias a la compañía irlandesa Ryanair y la británica easyJet en la década de los 90's. Durante el 2004 en Australia se presentaron nuevas aerolíneas de bajo costo.

Se debe considerar el 11 de septiembre del 2001 como el punto de inflexión en el tiempo sobre el comportamiento del servicio de transporte aéreo en general. Pues la mayoría de aerolíneas tradicionales sufrieron fuertes pérdidas mientras que las aerolíneas de bajo costo se mantuvieron en cantidades positivas.

1.3. Problemática

El transporte público es uno de los problemas más difíciles que padecen la mayoría de los países, en especial los países subdesarrollados y en vía de

desarrollo, ya sea por la infraestructura vial que poseen o por el excesivo parque automotor que poseen y que cada vez aumenta más con el tiempo.

El transporte aéreo es una buena opción para movilizarse por la velocidad que ofrece y su seguridad ya que estadísticamente es el modo de transporte más seguro para viajar; la principal limitación que tiene este modo de transporte son los elevados costos de los pasajes por lo que es asequible solo para personas de altos y hasta medianos ingresos, pero Ecuador es un país en vías de desarrollo por lo que la mayor parte de sus habitantes son de bajos ingresos y por ende se les complicaría acceder a este modo de transporte.

El turismo extranjero se ha incrementado notablemente en estos últimos años debido a la intensa publicidad que se le ha dado a Ecuador a través del mundo, pero una vez que el turista extranjero se encuentra en Ecuador lo ventajoso sería poder ofrecer un servicio de transporte económico aéreo que permita al turista conocer más lugares de Ecuador sin perder tiempo en los traslados entre ciudades.

En vista de esta problemática radica la importancia de un estudio para la posible implementación de un servicio de transporte aéreo público de bajo costo que sea asequible para todo bolsillo además de maximizar el uso de aeropuertos secundarios o de poco uso que existen en el Ecuador ya que actualmente se cuenta con veinticinco aeropuertos entre remodelados y nuevos, pero no todos se usan con la frecuencia necesaria para justificar su

inversión. Para esto se analizará la demanda del transporte aéreo usando pronósticos y datos estadísticos, los costos en que incurre una aerolínea normal y el uso de aeropuertos secundarios para reducir tasas.

1.4. Hipótesis del trabajo

Tal como se mencionó previamente, Ecuador es un país que requiere un medio de transporte rápido, seguro y asequible para la mayor parte de su población y la gran entrada de turistas que ingresen.

Algunas hipótesis respecto al tema de estudio:

- a. El costo del boleto de las aerolíneas convencionales es muy elevado e inasequible para la mayor parte de la población.
- b. Algunos aeropuertos nuevos o remodelados no se usan en su máxima capacidad como para justificar su inversión.
- c. Factibilidad de brindar un servicio de transporte aéreo público en el Ecuador, tanto en el lado económico y logístico.

1.5. Justificación del Problema

Se pretende realizar un análisis sobre la factibilidad de un nuevo servicio de transporte aéreo de bajo costo, ofrecido por el Estado y que se justificará con los siguientes beneficios directos e indirectos.

Algunos beneficios que se puede resaltar en este análisis son:

- La facilidad que tendrán las personas de nivel económico medio bajo y bajo para poder acceder a un transporte rápido, seguro y económico.
- Generará al estado una fuente de ingresos económicos por la realización del servicio.
- Impulsará la afluencia de turistas extranjeros y nacionales a visitar las riquezas del estado ecuatoriano.
- Potencializar la utilización de infraestructura (aeropuertos o terminales aéreas).

Como beneficios indirectos de la operación del transporte aéreo pueden ser:

- Generación de empleo para profesionales de carreras que se encuentran en auge como Ing. en Hotelería y Turismo y afines.
- El servicio público de transporte aéreo de bajo costo de boletos se podrá tomar como una competencia directa con las aerolíneas convencionales y servirá de incentivo para que éstas ofrezcan un mejor servicio.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar la viabilidad de que el Estado ofrezca un servicio de transporte aéreo en base a costos reducidos para potencializar el turismo y optimizar la utilización de los aeropuertos en el Ecuador.

1.6.2. Objetivos específicos

- a. Potencializar e investigar la capacidad y frecuencia de viajes de los aeropuertos secundarios.
- b. Pronosticar la cantidad de turistas extranjeros y nacionales que visitan Ecuador para obtener la demanda potencial utilizando datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) o de la Dirección General de Aviación Civil del Ecuador (DGAC).
- c. Reducir y analizar los costos del servicio de transporte aéreo y costos de operación, mediante los diferentes parámetros del modelo de bajo costo y potenciales beneficios del Estado.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción

En el presente capítulo se presentarán varias definiciones básicas de términos relacionados con el trabajo que se efectuará y que se utilizarán en capítulos posteriores, para una mayor comprensión de la literatura del trabajo, y por último se hará referencia a investigaciones, tesis o trabajos similares a éste, realizados ya sea en el ámbito local o internacional en los últimos 5 años; estos trabajos en general tienen como fin un análisis de un transporte aéreo de bajo costo ya sea haciendo un análisis de oferta o demanda, de lo cual se tratará de profundizar aún más para proponer este servicio en el estado ecuatoriano.

2.2. Marco conceptual

El transporte es el movimiento ya sea de personas o bienes a lo largo de una determinada distancia física mediante diversos modos como lo son el terrestre, aéreo o marítimo, o alguna combinación de éstos. El transporte no es un servicio que se demande como actividad final, sino como un medio para poder satisfacer otra necesidad.

2.2.1. Transporte aéreo

De los principales modos de transporte mencionados en líneas previas podemos decir que el más ventajoso de los tres es el transporte aéreo, aunque su principal desventaja sería su elevado costo que es exactamente lo que se procura eliminar en este proyecto, reduciendo en lo posible la gran cantidad de costos en que incurre el transporte aéreo de pasajeros. Las grandes ventajas de las que goza este modo de transporte son:

- Rapidez
- Seguridad
- Fiabilidad
- Necesidad de poca infraestructura
- Eficiencia

Para el cliente, lo que principalmente busca al momento de transportarse es la rapidez y seguridad, principales ventajas de las que goza el transporte aéreo. Aunque a simple vista no parezca cierto, el transporte aéreo es el más seguro de todos los modos de transporte.

Aparte de los elevados costos que posee el transporte aéreo, otra desventaja que se debería tomar en cuenta es el alto consumo de combustible por lo que causaría contaminación al medio ambiente además de una dependencia del precio del petróleo.

2.2.2. Aerolíneas de bajo costo

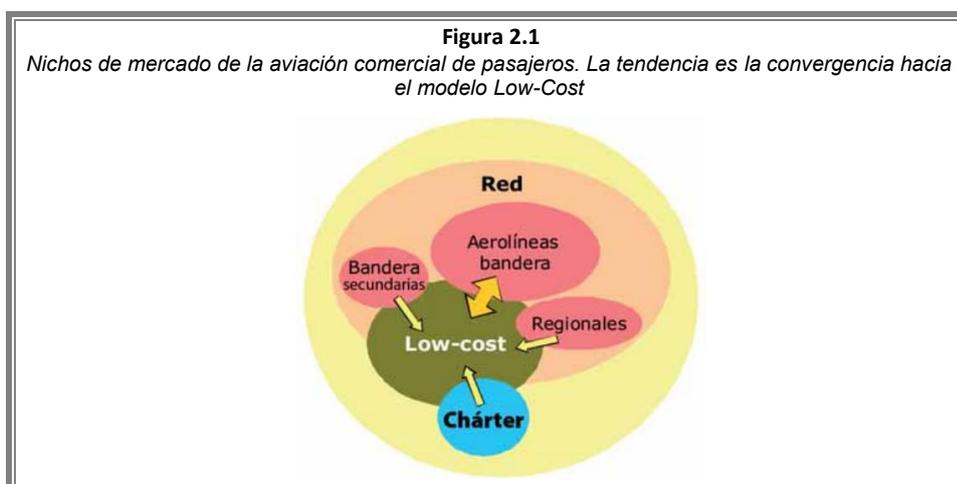
En los últimos años se ha venido consolidando un nuevo modelo de servicio de transporte aéreo, el denominado modelo de bajo costo (Low - Cost), el cual consiste en una total simplicidad de los servicios, bajos niveles de servicios y reducción de costos de acuerdo a diversos parámetros. Con este modelo han venido surgiendo varias compañías en el mundo a lo largo de los años con buenos resultados económicos como lo son Ryanair, EasyJet, AirBerlin, Wizz, Aer Lingus, etc. [1]

2.3. Estado del Arte

Un modelo de bajo costo de manera clara consiste en maximizar la ocupación de los aviones conociendo la demanda y optimizar la eficiencia operativa para reducir los costos al máximo, según menciona Jordi Candela⁸, también afirma que las aerolíneas de bajo costo registran en sus indicadores de ocupación (plazas ocupadas) un 85% comparado con las aerolíneas tradicionales que registran como máximo un 60%. En relación a costos, las aerolíneas de bajo costo mantienen sus aviones en el cielo al máximo, tratando de demorar lo menos posible en las operaciones en los aeropuertos, esto incluye aterrizar en

⁸ **Jordi Candela (2008)**, *"El bajo costo y la nueva aviación comercial"*, publicado por la revista Ingeniería y Territorio del Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos.

aeropuertos con menos afluencia de pasajeros. Además de suprimir vuelos intermedios, es decir “punto a punto”. Algo interesante es que el mercado de la aviación comercial de pasajeros entre las aerolíneas de bandera primarias, secundarias, regionales y chárter ya sea en la red definida por las compañías aliadas o no, a nivel internacional, la tendencia es la convergencia hacia el modelo de bajo costo. Véase *Figura 2.1*.



Fuente: Jordi Candela (2008), "El bajo costo y la nueva aviación comercial", publicado por la revista Ingeniería y Territorio del Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos.

En el trabajo de José Rodríguez Miguez⁹ se detallan directrices básicas para el funcionamiento de una aerolínea tradicional y de bajo costo. Además de la correcta utilización de terminales aeroportuarios. Este fenómeno en la práctica se encuentra vinculado al tema de las ayudas públicas ya que con frecuencia estas compañías se benefician de determinados incentivos públicos que tiene que ver con el apoyo del desarrollo regional, lo que se transforma en un reto para la competencia.

⁹ José Rodríguez Miguez (2007), "Aeropuertos regionales y Aerolíneas de Bajo Costo", tomado desde http://www.consellogalegodacompetencia.es/publicaciones/revistas/aeropuertos_reg_aerolineas_bc.pdf

Para hacer posible la creación de un servicio de transporte aéreo público lo primero que se debe tener en cuenta es el mercado al cual está enfocado, es decir la potencial demanda, para lo cual es esencial analizar el turismo en la región, es decir, el ingreso o salida de turistas como se muestra en la Tesis Doctoral de Martina Meissner¹⁰, pero en este trabajo también se analiza el movimiento interno de turistas en el Ecuador y no solo los que ingresan o salen del país. En esta Tesis Doctoral a la que se hace referencia hay un interesante análisis comparativo entre las aerolíneas de bajo costo y las tradicionales además de que se muestran las ventajas y desventajas de las aerolíneas de bajo costo, lo cual puede ser de gran ayuda para el trabajo que se va a realizar.

Para la implementación del modelo de bajo costo, se debe considerar una serie de principios con los cuales se espera reducir costos ofreciendo un servicio de transporte aéreo.

Los principios del modelo de bajo costo son [3]:

- Vuelo sin escalas.
- Distancia reducida de vuelo, entre los 1,000 y 2,000 km.
- Vuelos transoceánicos no son viables.
- No existe asignación de asientos.
- Utilización de aeropuertos regionales o secundarios.
- Sin programas de fidelidad del pasajero.

¹⁰ **Martina Meissner (2008)**, Tesis Doctoral "*Las líneas aéreas de bajo costo: Fundamentos Teóricos y Estudio Empírico sobre su impacto en el transporte aéreo y en la estructura del sector turístico en Europa*", publicado por la Universidad de Málaga tomado desde <http://www.biblioteca.uma.es/bbl/doc/tesisuma/17678298.pdf>

- Sin posibilidad de cambiar el boleto.
- Sin servicios a bordo.
- Sin alianzas con alguna otra compañía.
- Igualdad de clases.
- Bajas tarifas

A pesar de la existencia de estos parámetros, actualmente muchas aerolíneas de bajo costo no las implementan todas, como Southwest que ofrece vuelo con escalas, Ryanair que empieza a ofrecer vuelos a largas distancias, Clickair que ofrece asientos numerados, Air Berlin que ofrece servicios de catering en sus vuelos y casi todas las aerolíneas de bajo costo ofrecen cambio de boletos o billetes de avión¹¹.

Se realizó un plan de negocio para el montaje de una aerolínea de bajo costo en Colombia, trabajo que tuvo como conclusión la anticuada reestructuración de las actuales aerolíneas de ese país, así como sus temporales soluciones que generan perjuicio al cliente; también se concluyó que la pobre infraestructura de los aeropuertos colombianos impiden la actual implementación del modelo de bajo costo por lo que se requerirá una gran inversión previa a la implementación de este modelo¹².

¹¹ **Jordi Candela (2008)**, *"El bajo costo y la nueva aviación comercial"*, publicado por la revista Ingeniería y Territorio del Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos.

¹² **Diana Alvarez Valdivieso y Natalia Tirado Araujo (2004)**, "Plan de negocio para el montaje de una aerolínea de bajo costo en Colombia", trabajo de grado para la carrera de Ingeniería Industrial en la Pontificia universidad Javeriana.

Una aerolínea de bajo costo no solo tiene sus ventajas por los reducidos costos a lo cual ofrece sus boletos, sino también al tipo de transporte que se utiliza que es el aéreo.

Las ventajas de utilizar el transporte aéreo en comparación con otros tipos de transporte son:

- Rapidez
- Agilidad en los trámites administrativos.
- Menores tiempos de viaje.
- En carga menor riesgo de daños a la mercadería.
- Medio de transporte con menor índice de siniestralidad.

Se dice que el transporte aéreo por poseer sus altos costos y sus limitaciones de capacidad, es apropiado para el cubrimiento de rutas de media distancia y transporte urgente; así como para transporte de carga pequeña, perecedera, de alto valor y envíos urgentes.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE TRABAJO

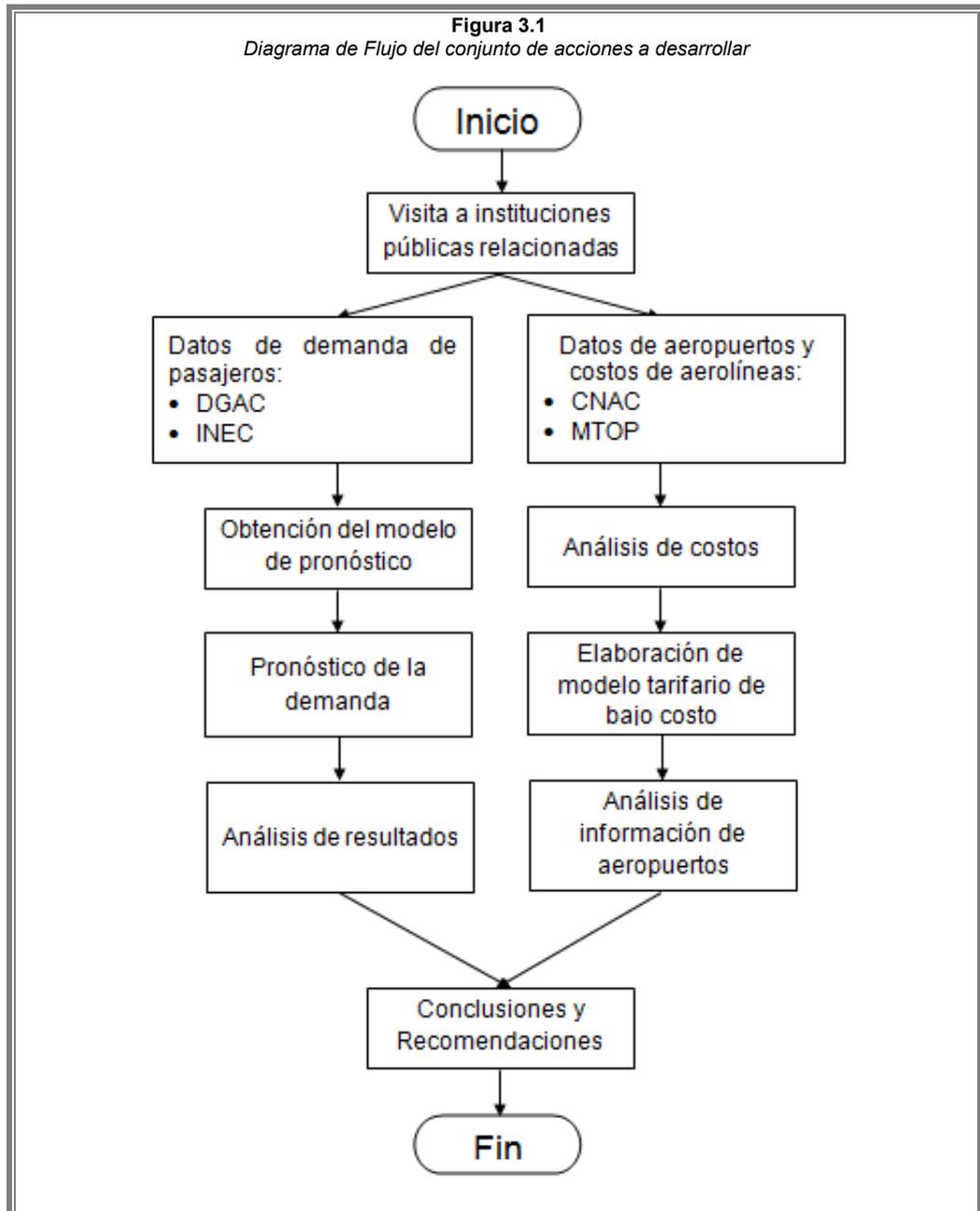
3.1. Introducción

En esta parte del proyecto se mostrará un conjunto de actividades o acciones a elaborar para cumplir con los objetivos planteados, de acuerdo a un cronograma de actividades específico que cumple un flujograma que representa lo que se hará en este proyecto.

Además se visualizará gráficos como el calendario de actividades, desarrollado en Microsoft Project; organigramas y departamentalización de las organizaciones que contribuyeron con la obtención de datos o información para el presente proyecto.

3.2. Flujograma

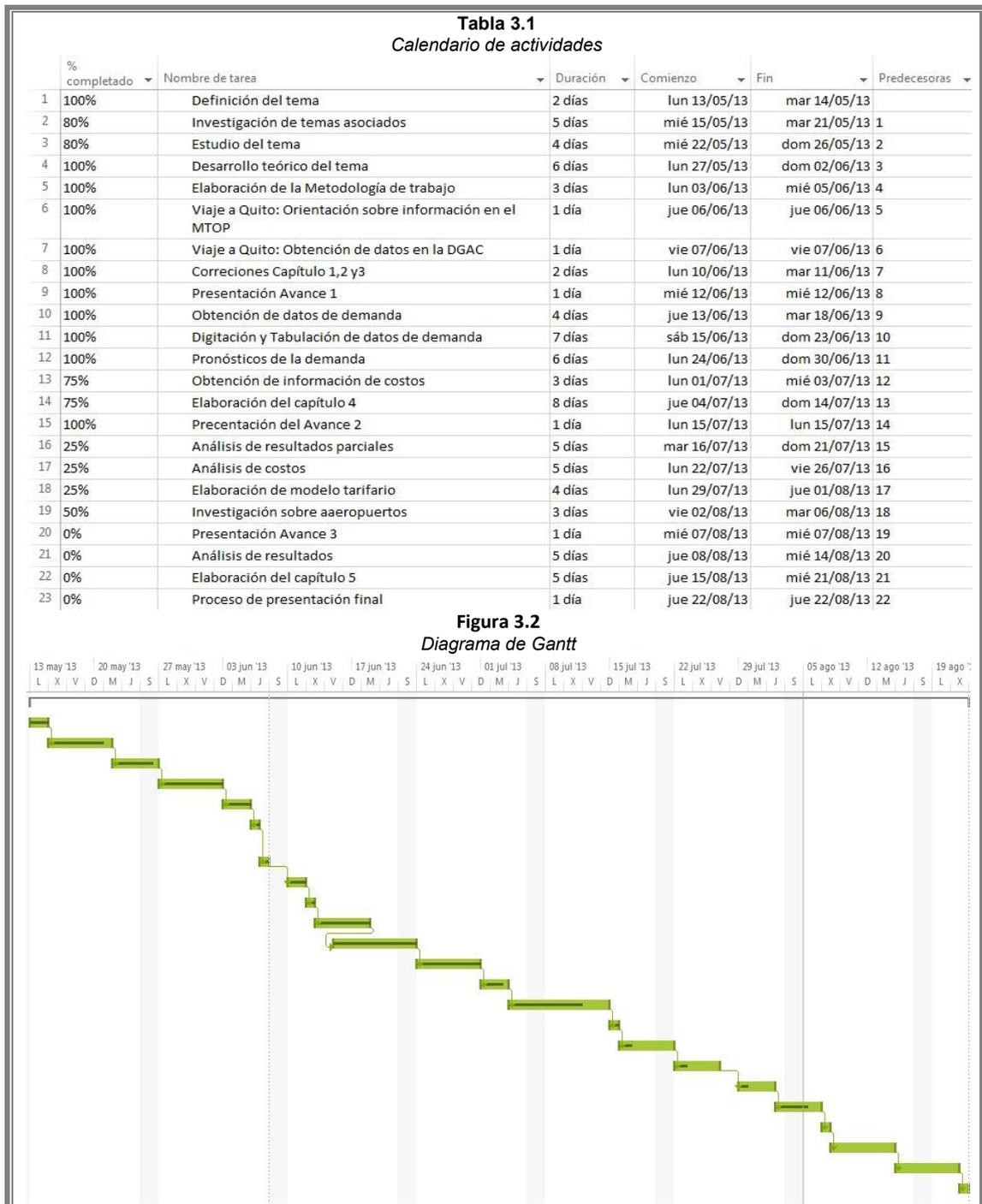
Diagrama de flujo que muestra paso a paso las actividades a realizar para llevar a cabo los objetivos planteados. Véase *Figura 3.1*.



Elaborado por: Los autores

3.3. Calendario de actividades

Se muestran las actividades a elaborar y el tiempo que toma realizar cada una, con un diagrama de Gantt. Véase *Tabla 3.1* y *Figura 3.2*.



3.4. Diagrama jerárquico

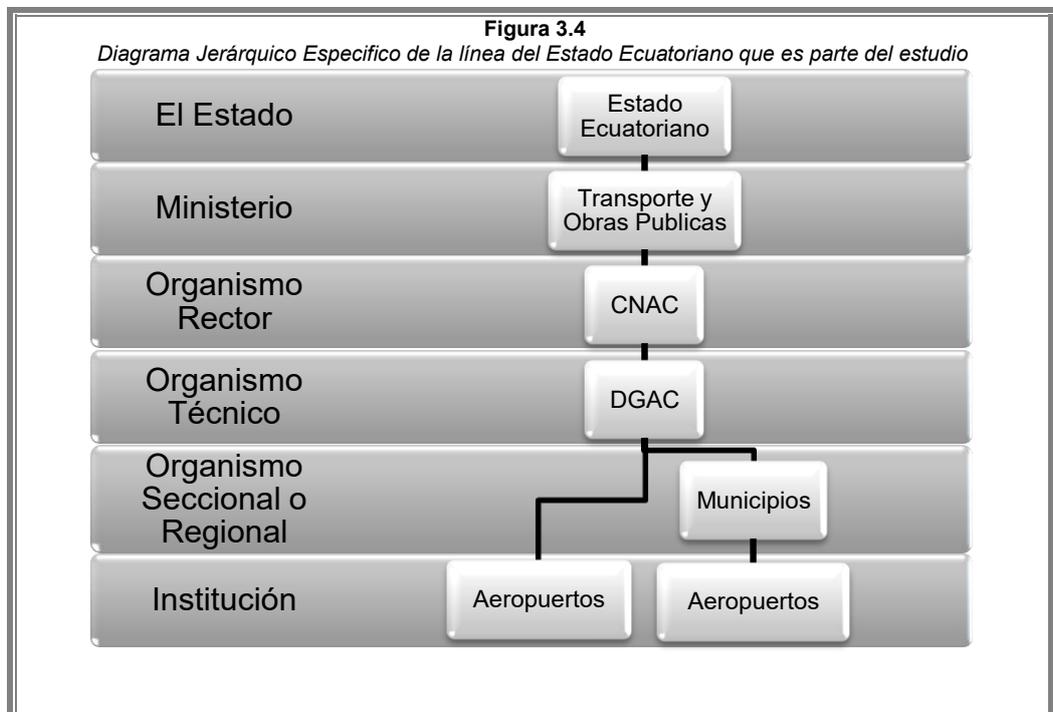
Para tener una clara imagen de la estructura jerárquica de las organizaciones para la cual está enfocado el estudio, en este caso es para el estado ecuatoriano, se desarrolló un diagrama de bloque donde podemos ver claramente que la cabeza de la organización sería el estado ecuatoriano, seguido por los respectivos ministerios los cuales reciben cuentas de órganos rectores y ejecutores de leyes y reglamentos que se imponen a personas, empresas o instituciones, las cuales a su vez suelen ser reguladas por organismos seccionales o regionales. Véase *Figura 3.3*.



Elaborado por: Los autores

De acuerdo a este diagrama de bloque jerárquico general podemos elaborar un diagrama específico de la línea de proceso que es parte del estudio. En primera fila estaría el estado ecuatoriano, quien posee como organismo

encargado al Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) que tiene como organismo rector al Consejo Nacional de Aviación Civil (CNAC) y como organismo técnico de control o ejecutor a la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) que son los que en la mayoría de los aeropuertos controla directamente, pero en los aeropuertos de Guayaquil y Quito los que controlan directamente son los respectivos municipios que de ahí pasa al DGAC. Véase *Figura 3.4.*



Elaborado por: Los autores

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE COSTO, DEMANDA Y AEROPUERTOS

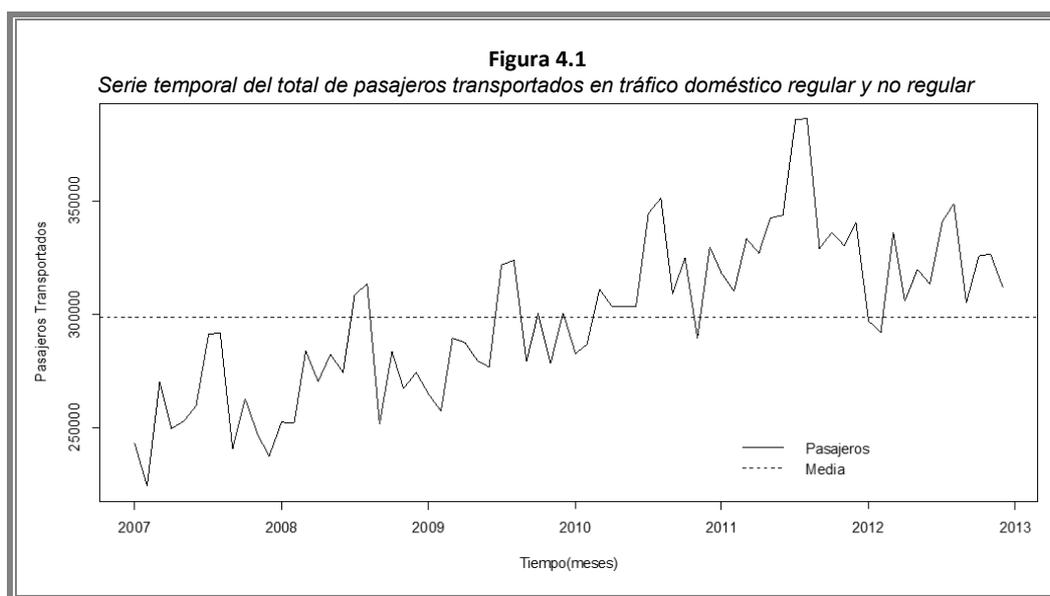
4.1. Introducción

Con los datos tanto de costos de aerolínea y transporte aéreo como de la demanda de pasajeros de todas las rutas internas en los últimos 6 años, en esta sección se procederá a analizar y procesar cada uno de estos datos usando diferentes procesos y técnicas. Con los datos correspondientes a la demanda de pasajeros internos se procederá a realizar un pronóstico de la demanda ya sea general como específica de las principales y más concurridas rutas ajustando los modelos de pronóstico a modelos SARIMA con la ayuda del software estadístico R para el tratamiento de los datos. Una vez realizado el análisis de demanda, con los datos de costos de aerolíneas se obtendrá cada uno de los rubros en los que incurren éstas para analizar de qué forma podemos reducir costos al máximo mediante los parámetros del modelo Low Cost y elaborar un modelo tarifario que permita obtener una tarifa muy reducida en comparación con las aerolíneas convencionales.

4.2. Tratamiento de datos

4.2.1. Análisis de demanda de pasajeros

Para analizar la demanda de pasajeros se obtuvieron datos correspondientes a la cantidad de pasajeros transportados por vía aérea durante los últimos 6 años, correspondientes tanto al tráfico doméstico regular como no regular (vuelo charter o taxi aéreo) divididos por las principales rutas. En la figura 4.1 se puede apreciar la gráfica del total de la demanda mensual de pasajeros en la cual se nota una clara tendencia creciente pero que en el último año sufrió una ligera reducción en dicha demanda. Véase *Figura 4.1*.



Elaborado por: Los autores, datos obtenidos de los Boletines estadísticos de transporte aéreo de la DGAC (2007-2012)

La reducción en la demanda de pasajeros en el último año (2012) tiene que ver principalmente con la eliminación del subsidio al combustible jet fuel el cual empezó a regir desde enero del 2012, lo cual obligó a las aerolíneas a ajustar el tamaño de sus operaciones que realizan en el país que involucró un

descenso en el número de frecuencias y hasta la suspensión de rutas; como consecuencia de la eliminación de este subsidio se tuvo la alza de precios de los boletos aéreos.

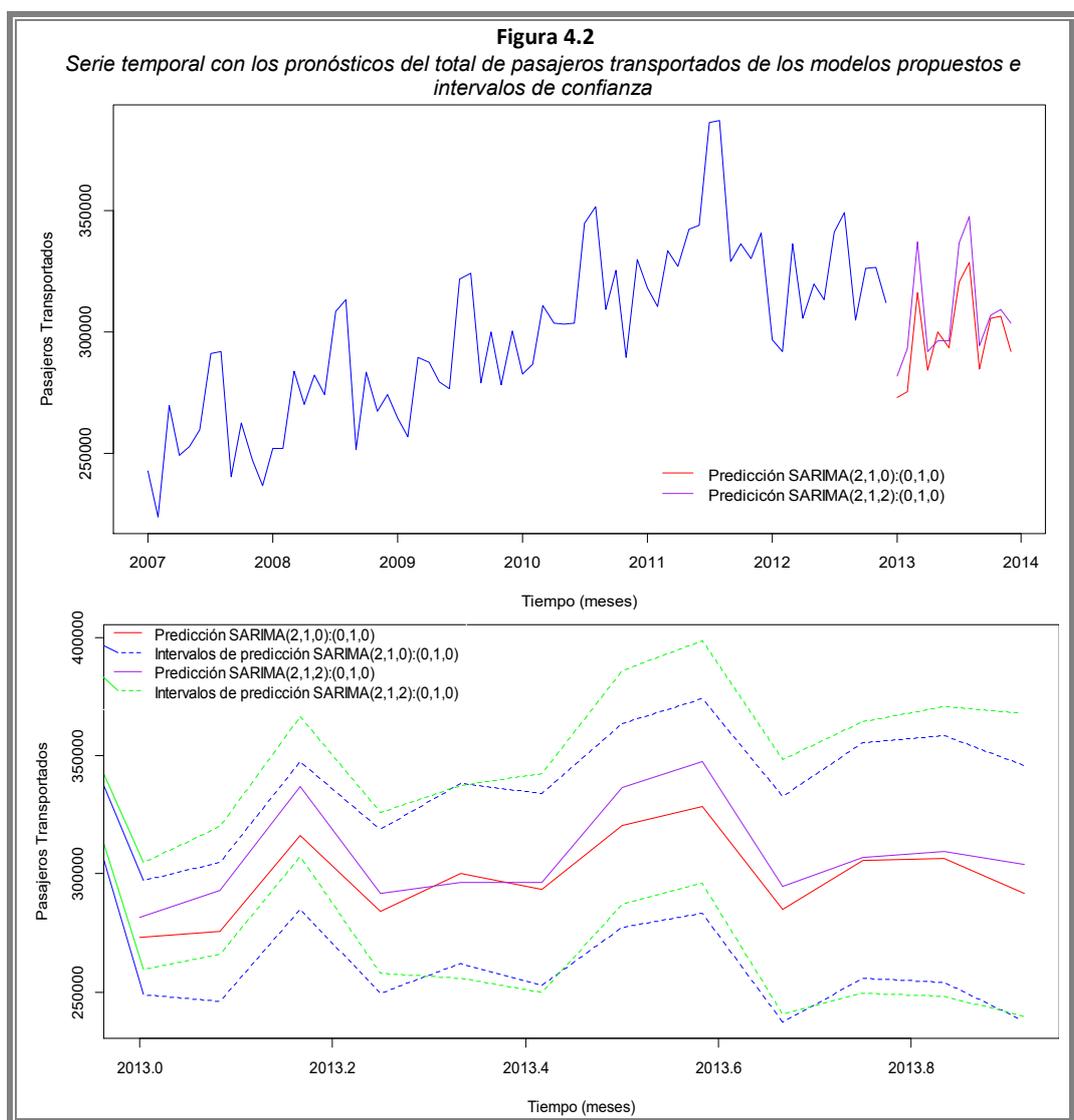
A pesar de esta reducción de pasajeros de 4,083,226 en el 2011 a 3,823,272 en el 2012 se realizó el pronóstico general de un año de la demanda de pasajeros, para lo cual se usó el software estadístico R, después del respectivo análisis se obtuvieron dos modelos que mejor se ajustan a los datos, los cuales son el modelo SARIMA(2,1,0):(0,1,0)₁₂ y el modelo SARIMA(2,1,2):(0,1,0)₁₂. De los cuales el segundo modelo pronostica en casi todos los meses valores mayores al primer modelo. Véase *Tabla 4.1*.

Tabla 4.1
Datos pronosticados para el 2013 por los dos modelos propuestos

Mes	SARIMA(2,1,0):(0,1,0) ₁₂	SARIMA(2,1,2):(0,1,0) ₁₂
	2013	2013
Enero	273,046	281,755
Febrero	275,542	293,101
Marzo	316,149	336,948
Abril	284,160	291,898
Mayo	300,008	296,462
Junio	293,489	296,288
Julio	320,558	336,637
Agosto	328,647	347,490
Septiembre	284,887	294,509
Octubre	305,787	306,865
Noviembre	306,323	309,462
Diciembre	291,804	303,812

Elaborado por: Los autores

En la figura 4.2 se puede ver gráficamente la tendencia que toma cada modelo de pronóstico en contraste con la serie temporal original de los datos, por lo que se nota que según los pronósticos propuestos la tendencia de la demanda total de pasajeros seguirá constante en el próximo año (2013). Conjuntamente también se muestra la gráfica de los datos pronosticados por los dos modelos con sus respectivos intervalos de confianza. Véase *Figura 4.2*



Elaborado por: Los autores, usando datos de los boletines estadísticos de transporte aéreo de la DGAC (2007-2012)

La demanda mensual total de pasajeros está formada por muchas rutas de las cuales existen rutas con alta frecuencia de pasajeros y rutas con baja frecuencia de pasajeros, que se pudieron clasificar de acuerdo a la demanda mostrada por cada ruta. Véase *Tabla 4.2*.

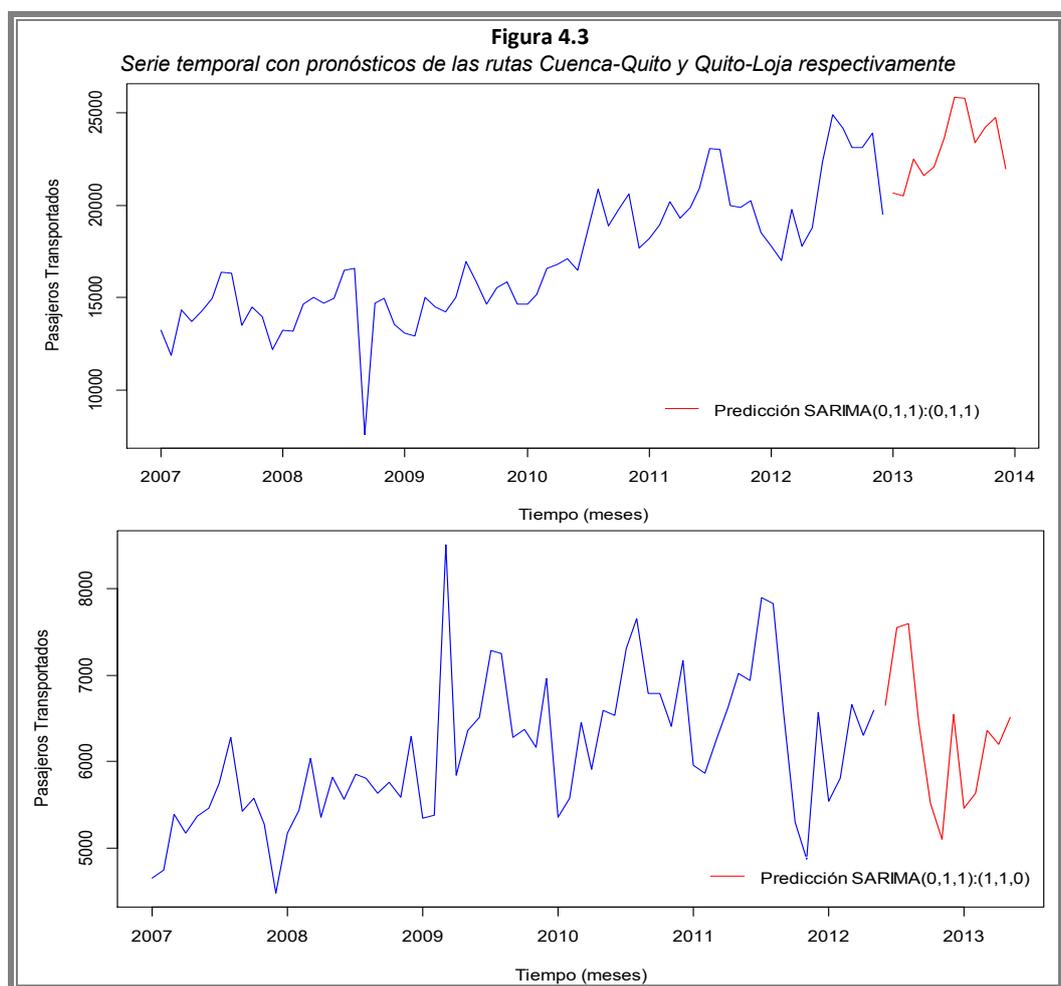
Rutas con alta frecuencia de pasajeros	
Quito-Guayaquil	Santa Rosa-Guayaquil
Guayaquil-Quito	Guayaquil-Santa Rosa
Cuenca-Quito	Manta-Quito
Quito-Cuenca	Quito-Manta
Cuenca-Guayaquil	Manta-Guayaquil
Guayaquil-Cuenca	Guayaquil-Manta
Quito-Loja	Salinas-Quito
Loja-Quito	Quito-Salinas
Loja-Guayaquil	Salinas-Guayaquil
Guayaquil-Loja	Guayaquil-Salinas
Guayaquil-Latacunga	Coca-Quito
Latacunga-Guayaquil	Quito-Coca
Quito-Tulcán	Lago Agrio-Quito
Tulcán-Quito	Quito-Lago Agrio
Esmeraldas-Quito	Macas-Quito
Quito-Esmeraldas	Quito-Macas
Esmeraldas-Guayaquil	Tena-Quito
Guayaquil-Esmeraldas	Quito-Tena
Portoviejo-Quito	Quito-Tarapoa
Quito-Portoviejo	Tarapoa-Quito
Portoviejo-Guayaquil	Pastaza-Villano
Guayaquil-Portoviejo	Pastaza-Quito
Santa Rosa-Quito	Quito-Pastaza
Quito-Santa Rosa	Bahía-Guayaquil

Elaborado por: Los autores

Estas rutas de mayor frecuencia de pasajeros serán muy probablemente las rutas que se tomarán en cuenta al momento de designar rutas para el transporte doméstico de bajo costo, por lo cual se debe analizar la demanda de estas rutas y hacer pronósticos para observar la tendencia de las futuras demandas de estas rutas.

Dos de las rutas con más frecuencia de pasajeros son las rutas Cuenca – Quito y Quito – Loja, en los gráficos de la figura 4.3 se observa la serie

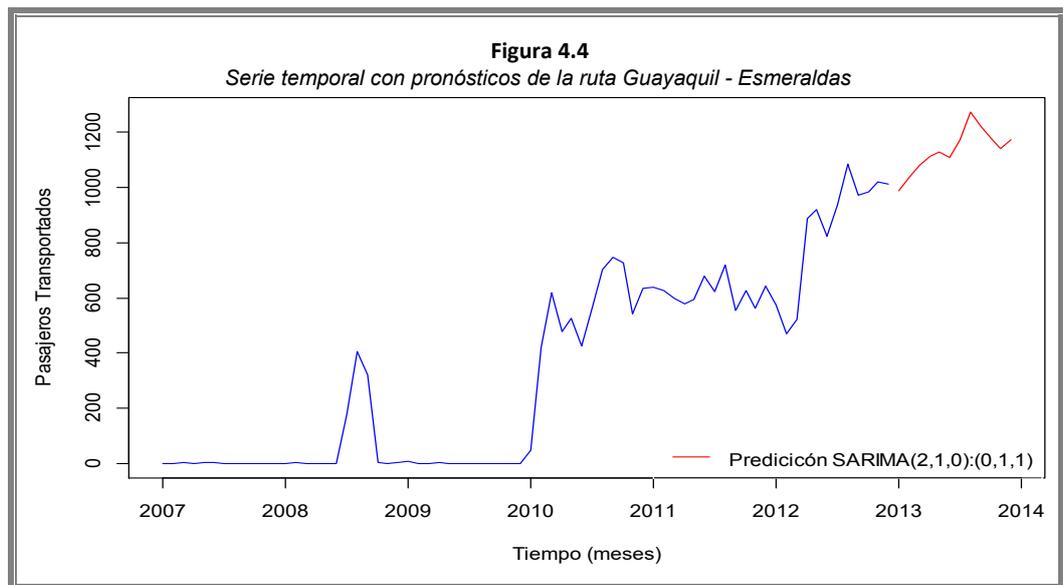
temporal de cada ruta con sus respectivos pronósticos con color de línea roja, obtenidos con los modelos SARIMA que mejor se ajustaron a los datos. Como se puede ver en la gráfica, los pronósticos para la ruta Cuenca – Quito indica que la demanda seguirá creciendo ya que presenta un patrón creciente y por otro lado los pronósticos de la ruta Quito – Loja muestra una tendencia constante. Véase *Figura 4.3*.



Elaborado por: Los autores, usando datos de los boletines estadísticos de transporte aéreo de la DGAC (2007-2012)

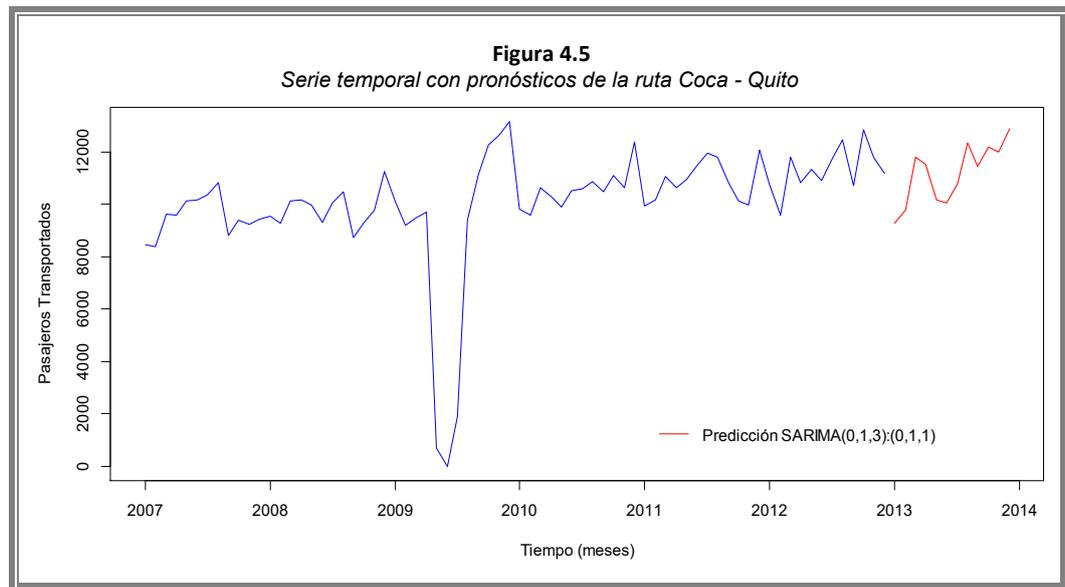
La ruta Guayaquil – Esmeraldas es una de las rutas que presentó una mayor frecuencia de pasajeros en los últimos años en comparación a años

posteriores. Para esta ruta el mejor modelo que se ajustó a su demanda fue el modelo SARIMA(2,1,0):(0,1,1)₁₂ el cual como se indica en la gráfica, su pronóstico muestra una tendencia creciente para todo el año 2013 lo cual ha venido ocurriendo a lo largo del año 2012, por lo que se puede concluir que esta ruta seguirá creciendo en demanda de pasajeros. Véase *Figura 4.4*.



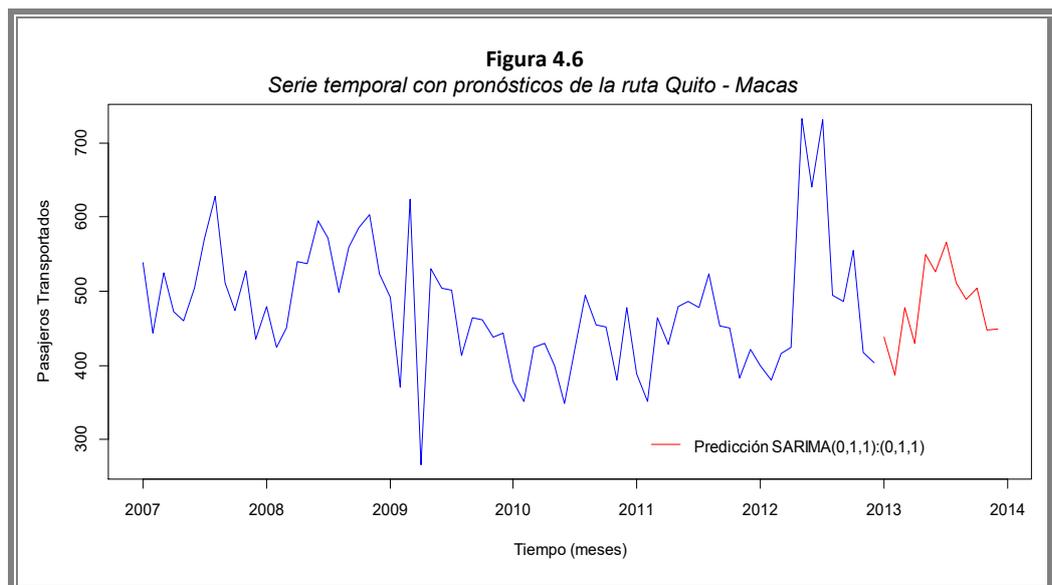
Elaborado por: Los autores, con datos de los boletines estadísticos de la DGAC (2007-2012)

Otra de las rutas con gran demanda de pasajeros es la ruta Coca – Quito que en los últimos años se ha venido manteniendo con un leve incremento y que no ha sufrido grandes descensos en la frecuencia de la misma. El modelo de pronóstico que mejor se ajustó a esta serie de datos fue el modelo SARIMA(0,1,3):(0,1,1)₁₂, el cual según muestra la figura 4.5, indica que la demanda de pasajeros se mantendrá de la misma forma como se ha venido mostrando en los últimos años. Véase *Figura 4.5*.



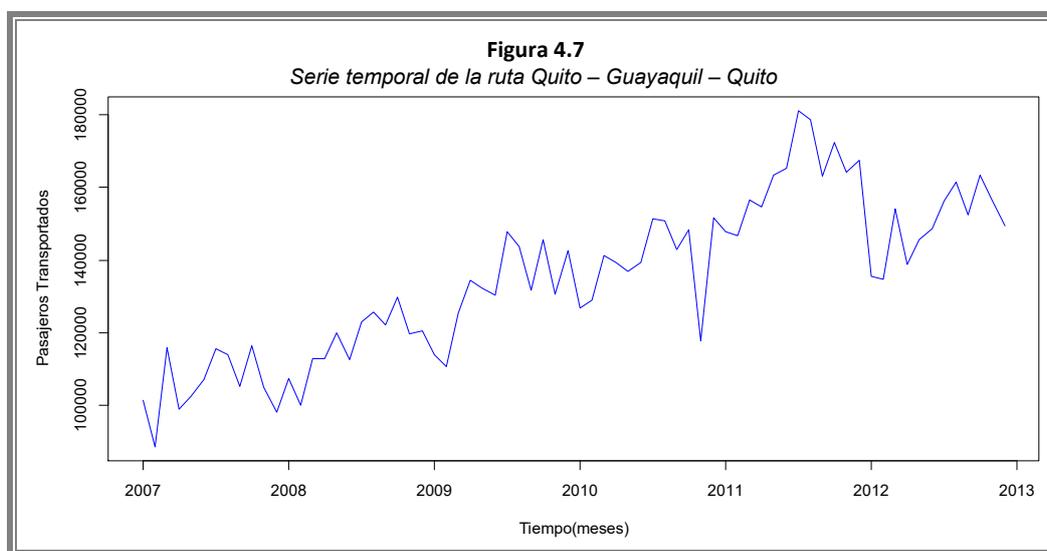
Elaborado por: Los autores, con datos de los boletines estadísticos de la DGAC (2007-2012)

También se realizó el pronóstico para la demanda de pasajeros en la ruta Quito – Macas la cual se puede ver en la figura 4.6. Los datos del último año muestran un considerable aumento de la demanda a mediados de año, lo cual también se refleja en el pronóstico, según el modelo SARIMA(0,1,3):(0,1,1)₁₂, aunque en menor proporción que en el año 2012. Véase Figura 4.6.



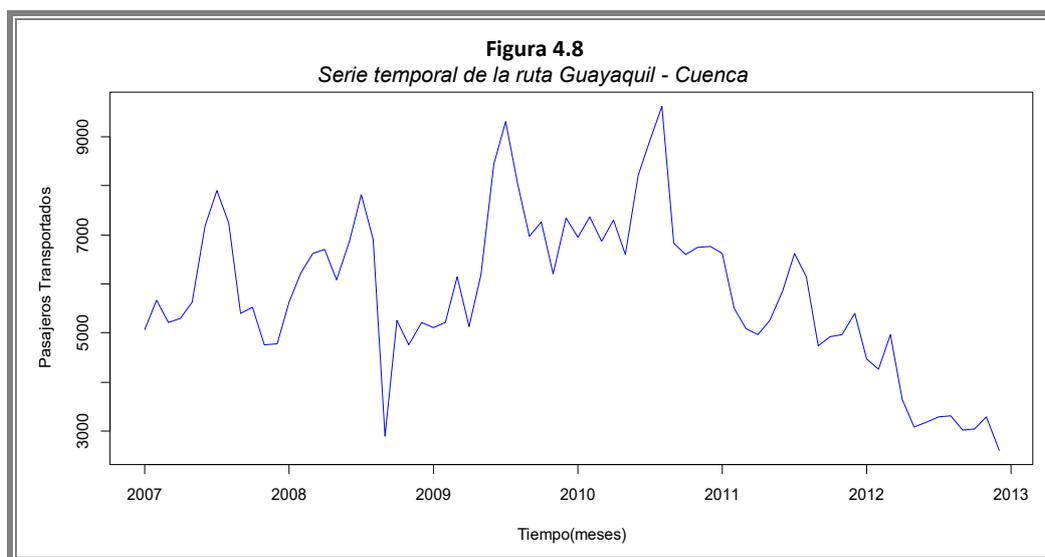
Elaborado por: Los autores, con datos de los boletines estadísticos de la DGAC (2007-2012)

La ruta con mayor frecuencia de pasajeros que todas es la ruta Quito – Guayaquil y Guayaquil – Quito, pero ésta es una de las rutas que fue afectada por la eliminación del subsidio del combustible y sufrió una reducción de la demanda en el año 2012, en la figura 4.7 se puede apreciar claramente que en los años posteriores al 2012 esta ruta venía con una tendencia creciente pero que en el 2012 se rompió esta tendencia. Véase *Figura 4.7*.



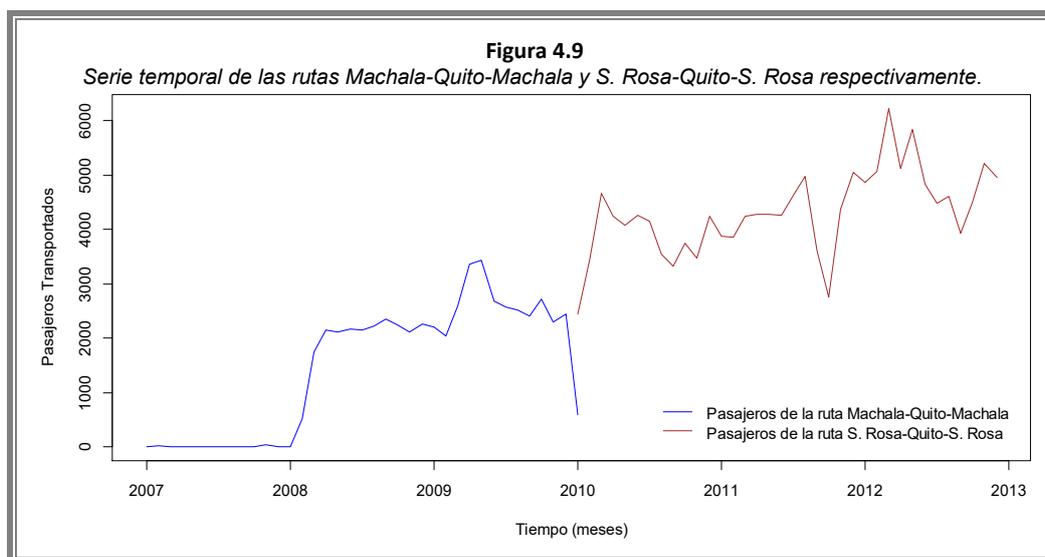
Elaborado por: Los autores, con datos de los boletines estadísticos de la DGAC (2007-2012)

Por otro lado una de las rutas que sufrió un considerable decrecimiento en su demanda de pasajeros fue la ruta Guayaquil – Cuenca en la que como podemos observar en la gráfica 4.8, presenta un tendencia constante hasta el año 2010 pero desde el año 2011 empieza una tendencia decreciente que empeora en el año 2012 con ayuda de la eliminación del subsidio al combustible. Véase *Figura 4.8*.



Elaborado por: Los autores, con datos de los boletines estadísticos de la DGAC (2007-2012)

Un caso particular es la ruta Machala – Quito – Machala la cual fue sustituida por la ruta Santa Rosa – Quito – Santa Rosa ya que se cerró definitivamente el aeródromo de Machala por la inseguridad que presentaba con respecto a su infraestructura, pero esto no fue impedimento para que esta ruta siga creciendo en frecuencia de pasajeros como lo venía haciendo en los últimos años. La figura 4.9 indica la demanda de pasajeros de estas dos rutas y se muestra claramente que a pesar del cierre de la ruta con Machala, la frecuencia de pasajeros se mantiene creciente durante los tres últimos años que viene funcionando el aeropuerto de Santa Rosa. En este caso se puede ver claramente que los usuarios de este servicio están dispuestos a usarlo aunque el aeródromo esté a una mayor distancia, ya sea por un parámetro económico o algún otro, el cual haga que el usuario ignore un inconveniente por beneficio de otros. Véase *Figura 4.9*.



Elaborado por: Los autores, con datos de los boletines estadísticos de la DGAC (2007-2012)

4.3. Análisis del mercado

Para analizar si este servicio tendría o no aceptación en el mercado se realizó una investigación de mercado. Se elaboró un formulario (Anexo A) que servirá para obtener información del mercado; se analizaron varios parámetros importantes como aceptación del servicio, factores que más incomodan perder tiempo al viajar, destino habitual de viaje dentro del Ecuador, cantidad que se pagaría por el servicio, aceptación de llegada a aeropuertos secundarios, entre otros que servirán para saber el comportamiento del mercado.

4.3.1. Muestreo

Para obtener el tamaño de la muestra a la cual se aplicará el cuestionario se pueden utilizar dos expresiones matemáticas, una es para estimar medias y la otra para estimar proporciones; las variables de diseño del presente trabajo es

cualitativa e indica la proporción de personas que estarían dispuestas a utilizar este servicio por lo que la expresión matemática a utilizar es [6]:

$$n = \frac{1}{\frac{(N-1)d^2}{N(Z_{\alpha/2})^2 p(1-p)} + \frac{1}{N}}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

N: tamaño de la población objetivo

p: probabilidad de éxito o proporción esperada

d: error de diseño, antes de seleccionar la muestra

Z_{α/2}: el valor de la variable aleatoria **Z** correspondiente al coeficiente de confianza 1- **α**

La población objetivo para este trabajo será la población económicamente activa de las provincias más importantes de Ecuador, las cuales son Guayas y Pichincha, tanto de hombres como de mujeres. Según las estadísticas del último censo de población y vivienda realizado en el 2010 por el INEC en Guayas existen 992,716 hombres y 517,596 mujeres económicamente activas y en Pichincha hay 705,030 hombres y 544,920 mujeres económicamente activas. La expresión matemática mostrada en líneas previas se utilizará para obtener la muestra deseada en Guayas y la muestra deseada en Pichincha.

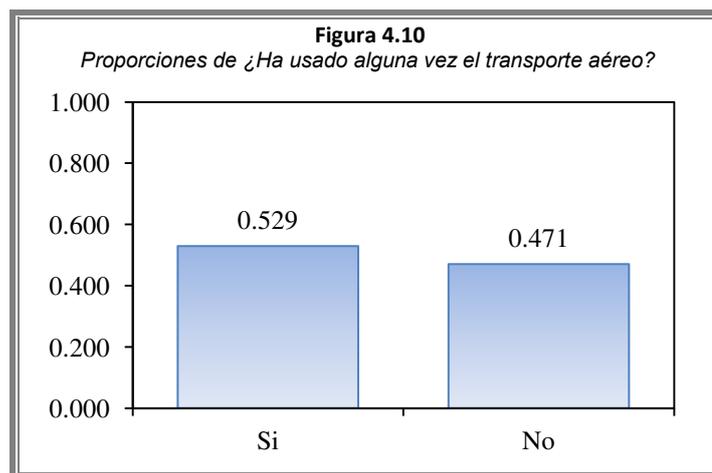
Para Guayas con **N**=1,510,312, error **d**=0.06, **p**=0.5 y con un nivel de confianza del 95% **Z**=1.92, se obtuvo una muestra total de 255.96 lo cual se distribuye entre hombres y mujeres quedando finalmente un muestreo de 168 hombres y 87 mujeres.

Mientras que para Pichincha con $N=1,249,950$, error $d=0.06$, $p=0.5$ y con un nivel de confianza del 95% $Z=1.92$, se obtuvo una muestra total de 255.95 lo cual se distribuye entre hombres y mujeres quedando finalmente un muestreo de 144 hombres y 111 mujeres.

Para llevar a cabo estas entrevistas se seleccionaron lugares estratégicos de las provincias de Guayas y Pichincha como lo son las principales terminales aéreas de estas provincias (Aeropuerto José Joaquín de Olmedo y Aeropuerto Mariscal Sucre) así como las principales terminales terrestres (Terminal Terrestre de Guayaquil y Quito).

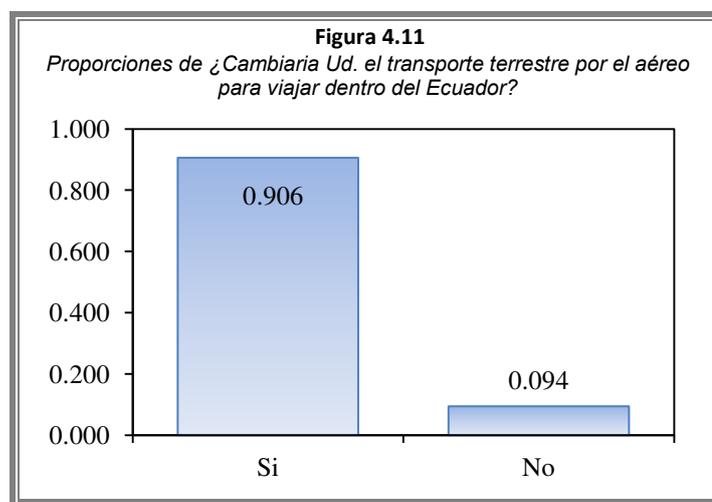
4.3.2. Hallazgos de las entrevistas

La primera pregunta que se realizó en las entrevistas fue si ha usado alguna vez el transporte aéreo, de lo que se obtuvo que el 52.9% de los entrevistados ha usado el transporte aéreo y el 47.1% no lo ha hecho. Véase *Figura 4.10*.



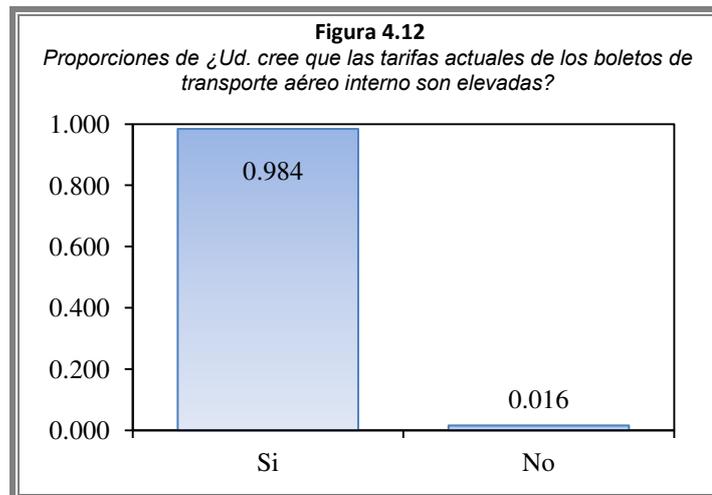
Elaborado por: Los autores

Una interesante pregunta que se realizó es que si cambiaría el transporte terrestre que se usa habitualmente por el transporte aéreo, los resultados indican que el 90.6% de las personas si realizaría el cambio y el 9.4% no lo haría, esto muestra claramente la disposición de los potenciales usuarios para usar el transporte aéreo en reemplazo del transporte terrestre que es el más usando internamente. Véase *Figura 4.11*.



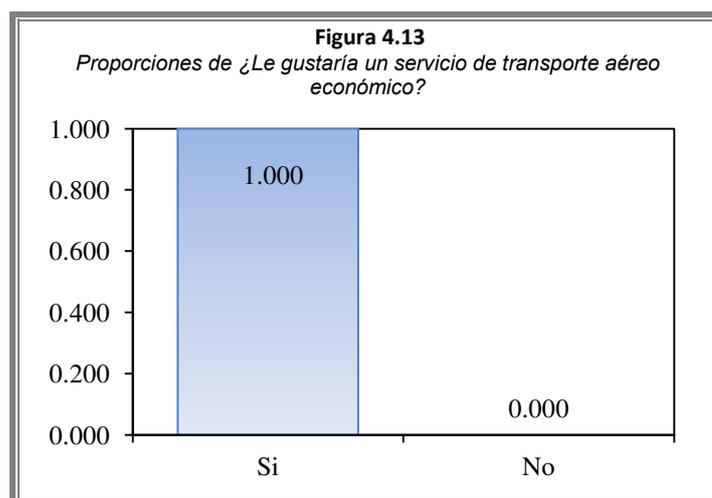
Elaborado por: Los autores

En cuanto al costo actual del boleto de transporte aéreo, se preguntó si se cree que los precios o tarifas actuales del boleto de transporte aéreo interno son elevados; de lo cual se obtuvo que el 98.4% de las personas piensan que esto es cierto, siendo esta una gran mayoría respecto a los que creen que las tarifas no son elevadas. Esto muestra que la hipótesis que se planteó sobre el elevado precio de las tarifas de transporte aéreo, es cierta. Véase *Figura 4.12*.



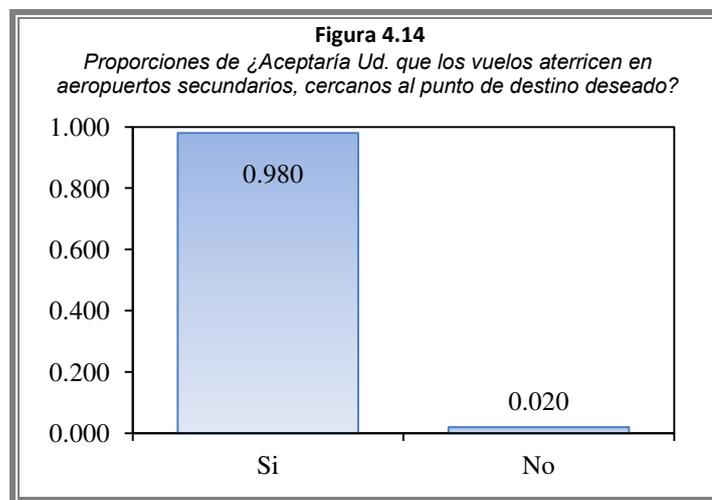
Elaborado por: Los autores

Después de preguntar sobre el costo de los boletos de transporte aéreo, se procedió a consultar si le gustaría un servicio que ofrezca transporte por vía aérea de bajo costo; como resultado se obtuvo que el 100% de los entrevistados si les gustaría un servicio aéreo de bajo costo, porcentaje que representa el total de los entrevistados e indica el total agrado del usuario respecto a este servicio. Véase *Figura 4.13*.



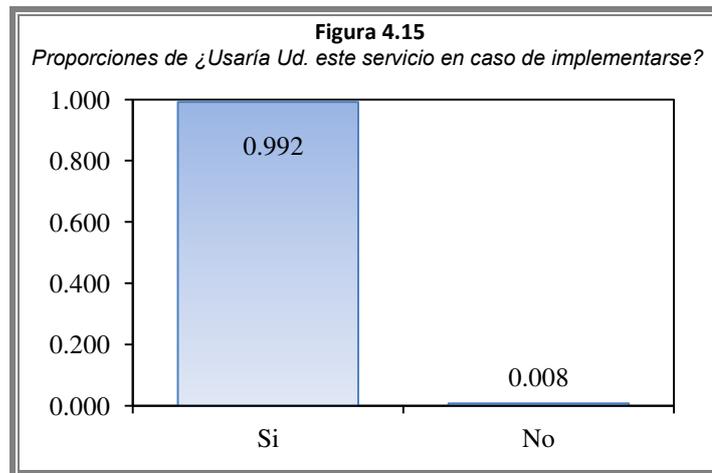
Elaborado por: Los autores

En cuanto a lo que tiene que ver con el uso de aeropuertos secundarios se consultó si aceptaría o no que los vuelos aterricen en aeropuertos secundarios, cercanos al punto de destino; de lo que se obtuvo como resultado que tan solo el 2% de los entrevistados no aceptaría esto, pero la diferencia que es el 98% si lo aceptaría o no le importaría que el avión no aterrice en aeropuertos primarios. Véase *Figura 4.14*.



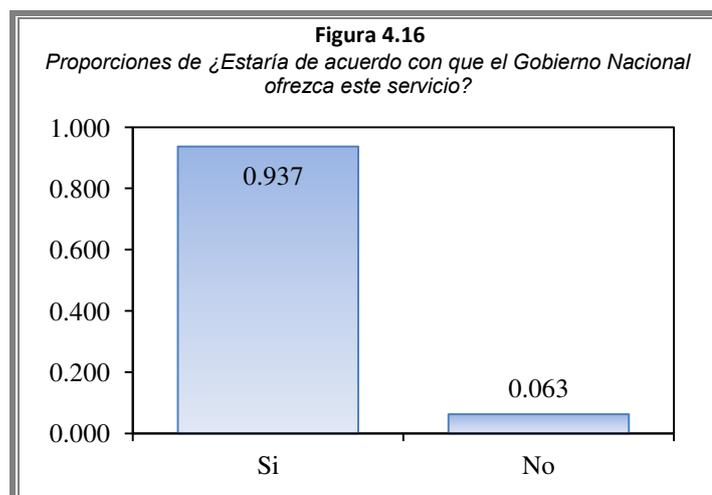
Elaborado por: Los autores

La pregunta clave que se elaboró para saber la aceptación de este servicio de transporte es si usaría este servicio en caso de implementarse, de lo cual se obtuvo un 99.2% de respuestas afirmativas y tan solo un 0.8% de los entrevistados no lo haría. Se puede ver claramente que hay una gran acogida del servicio en caso de implementarse, aceptación que se justifica con las preguntas previas en las que el entrevistado si cree que la tarifa del boleto de avión es elevada en Ecuador y la aceptación de cambiar el transporte terrestre por el aéreo. Véase *Figura.4.15*.



Elaborado por: Los autores

La última pregunta de selección que se consultó fue si estaría de acuerdo con que se ofrezca este servicio por parte del Gobierno Nacional; los resultados que se obtuvieron fueron de aceptación con un 93.7% para que el Gobierno Nacional ofrezca este servicio, y tan solo un 6.3% de los entrevistados no apoyan esto. Con este resultado también se tiene una referencia para orientar este trabajo a ser ejecutado por el Gobierno Nacional, básicamente por la aceptación del usuario potencial, por el apoyo y facilidades que puede brindar éste en la implementación del servicio. Véase *Figura 4.16*.



Elaborado por: Los autores

Las siguientes preguntas que se realizaron son de respuesta personal del entrevistado y se elaboraron para la obtención de información que sirva de beneficio para este estudio. En la entrevista se consultó sobre las causas en que más se pierde tiempo al momento de viajar, según los resultados obtenidos las causas que las personas creen que más se invierte tiempo es en el desplazamiento, es decir, el tiempo que toma moverse de un lugar a otro, con un 36.3% seguida por las paradas innecesarias con un 15.3%; también existen otras causas en las que las personas creen que se pierde mucho tiempo en ellas, las cuales se muestran a continuación. Véase *Tabla 4.3*.

Tabla 4.3
Tabla de proporciones de ¿En un viaje, cuál es el factor que le incomoda más invertir tiempo?

<i>¿En un viaje, cuál es el factor que le incomoda más invertir tiempo?</i>	Frecuencia	Proporción
Boletería	36	0.071
Cambio de choferes	6	0.012
Demoras en equipaje	12	0.024
Desplazamiento	185	0.363
Esperas innecesarias	8	0.016
Impuntualidad en salida	8	0.016
Movilización al terminal	12	0.024
Paradas Innecesarias	78	0.153
Retrasos	52	0.102
Se gasta mucho dinero	17	0.033
Tiempo de espera	72	0.141
Trafico	24	0.047
Total	510	1.000

Elaborado por: Los autores

Conociendo que el desplazamiento de un lugar a otro es la actividad en la que más se pierde tiempo al viajar según los resultados de la investigación, así mismo este factor es fácilmente contrarrestado por el transporte aéreo en el cual el tiempo es menor al recorrer una determinada distancia.

Para saber cuál es el destino habitual de las personas dentro del Ecuador y así obtener una referencia de las provincias o ciudades que más atraen viajeros, se lo consultó en la entrevista y los resultados indican que como era de esperarse los destinos con mayor proporción son Guayaquil y Quito con un 19% y 17.6% respectivamente, seguidos por ciudades como Esmeraldas, Cuenca, Loja, Manabí y Salinas, las cuales poseen porcentajes entre el 5% y 7%. Así mismo existen otros destinos que fueron tomados en cuenta por los entrevistados pero con bajas proporciones como lo son El Coca, Ambato, Ibarra, Tulcán, Lago Agrio, Machala, Riobamba, entre otros. Véase *Tabla 4.4*.

Tabla 4.4
Tabla de proporciones de ¿Cuál es su destino habitual al viajar dentro del Ecuador?

<i>¿Cuál es su destino habitual al viajar dentro del Ecuador?</i>	Frecuencia	Proporción
Ambato	21	0.041
Carchi	7	0.014
Cuenca	27	0.053
El Coca	14	0.027
Esmeraldas	40	0.078
Guayaquil	97	0.190
Ibarra	16	0.031
Tulcán	9	0.018
Lago Agrio	6	0.012
Quito	90	0.176
Latacunga	6	0.012
Loja	25	0.049
Los Ríos	11	0.022
Machala	20	0.039
Manabí	38	0.075
Santo Domingo	15	0.029
Riobamba	15	0.029
Salinas	35	0.069
Otros	15	0.029
Indiferente	3	0.006
Total	510	1.000

Elaborado por: Los autores

Para tener alguna referencia de la hora a la cual se preste con mayor frecuencia este servicio, se preguntó que en caso de utilizar este servicio de transporte aéreo, a qué hora lo haría (mañana, tarde o noche); con las entrevistas se obtuvo que los mayores porcentajes de entrevistados prefieren usar el servicio de transporte en horas de la mañana y noche, con un 37.6% y 38.8% respectivamente; de los que prefieren viajar en horas de la tarde solo fueron el 19.8%. Por otro lado hubo personas a las que les pareció indiferente la hora a la que deben realizar un viaje, estas personas conforman el 3.7% restante. Véase *Tabla 4.5*.

Tabla 4.5
Tabla de proporciones de ¿Si usaría el servicio de transporte aéreo, a qué hora lo haría?

<i>¿Si usaría el servicio de transporte aéreo, a qué hora lo haría?</i>	Frecuencia	Proporción
Mañana	192	0.376
Tarde	101	0.198
Noche	198	0.388
Indiferente	19	0.037
Total	510	1.000

Elaborado por: Los autores

En la entrevista también se consultó sobre el precio referencial que estarían dispuestos a pagar por este servicio en caso de implementarse, las mayores proporciones se sitúan entre los \$25 y \$50, además de que la moda es de \$30; entre este rango de precios se acumula más del 75% de los entrevistados. En este rango no se encuentran los valores máximos o mínimos, el mínimo valor que se presentó fue de \$10 y el máximo valor que se pudo obtener fue de \$75. Con esta información obtenida de la investigación

del mercado se puede obtener una referencia del costo del boleto de transporte aéreo. Véase *Tabla 4.6*.

Tabla 4.6			
<i>Tabla de proporciones de ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el servicio de transporte aéreo? Y estadísticas descriptivas</i>			
Precio	Frecuencia	Proporción	
10	18	0.035	
15	10	0.020	
20	58	0.114	
24	5	0.010	
25	69	0.135	
30	94	0.184	
35	71	0.139	
40	79	0.155	
45	38	0.075	
50	51	0.100	
55	3	0.006	
60	7	0.014	
65	3	0.006	
70	2	0.004	
75	2	0.004	
Total	510	1.000	
Estadísticas Descriptivas			
Media	33.73	Máximo	75
Desv. Est.	12.05	Mínimo	10
Varianza	145.27	Moda	30

Elaborado por: Los autores

La última pregunta de respuesta personal que se elaboró se refiere a la compra de los boletos con anticipación, se preguntó si compraría un boleto de transporte aéreo económico o de bajo costo con 6 meses de anticipación a lo que la gente respondió que si compraría el boleto con un 23.3% y que no lo haría con un porcentaje del 76.7%, siendo este último el más alto. Esto nos indica la poca costumbre de los usuarios de comprar boletos con meses de

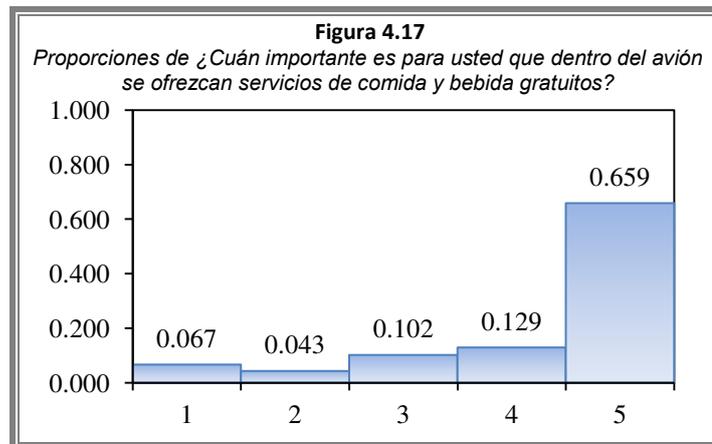
anticipación, la compra de boletos de avión con anticipación es uno de los principales parámetros del modelo de bajo costo. Véase *Tabla 4.7*.

<i>¿Compraría Ud. Un boleto económico de transporte aéreo con 6 meses de anticipación?</i>	Frecuencia	Proporción
Compraría	119	0.233
No Compraría	391	0.767
Total	510	1.000

Elaborado por: Los autores

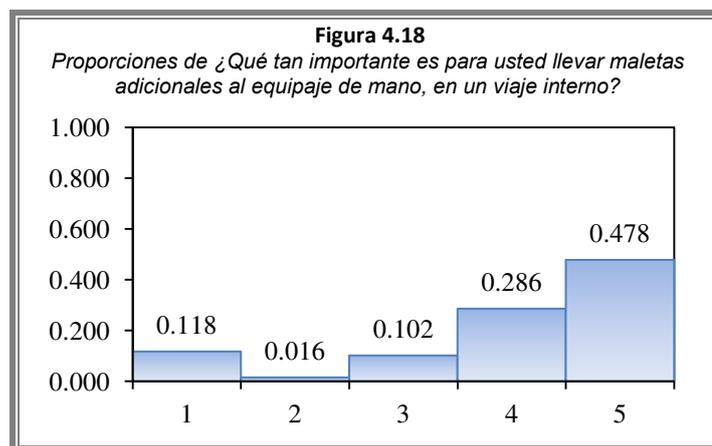
Las últimas preguntas que se realizaron para el formulario son las preguntas de calificación, en las cuales el entrevistado califica la proposición con un número del 1 al 5 donde 1 es la más baja calificación y 5 es la más alta.

Se pidió que se califique del 1 al 5 la importancia que dentro del avión se ofrezcan servicios de comida y bebidas gratuitas; obtenidos los resultados, como se puede ver en la gráfica, la gran mayoría (65.9%) calificó con 5 esta pregunta, el 12.9% la calificó con 4 y en porcentajes mucho menores se le dio otras calificaciones. Este resultado muestra el deseo del usuario de recibir este servicio dentro del avión, cosa que no se podrá realizar en el modelo de bajo costo. Véase *Figura 4.17*.



Elaborado por: Los autores

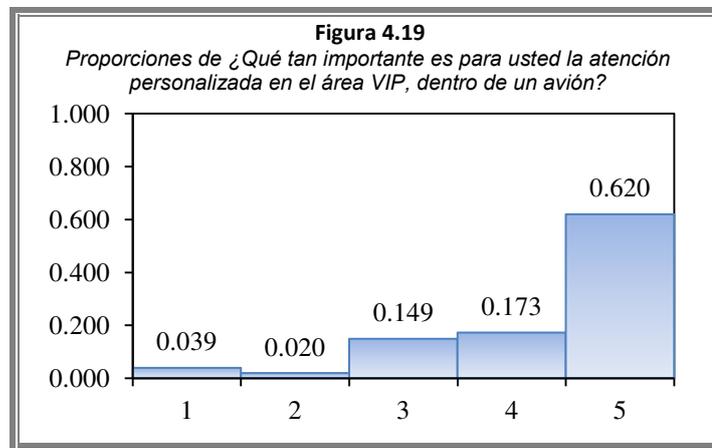
La importancia de llevar maletas adicionales al equipaje de mano en un viaje interno fue calificada con 5 por un 47.8% de los entrevistados, un 28.6% de las personas calificó con 4 y las demás calificaciones se dieron en menor porcentaje. Este es otro de los parámetros del modelo Low-Cost, el cual en teoría solo permite un equipaje de mano regulado en peso; pero si en realidad es importante llevar más equipaje, se podría pagar un adicional por este servicio. Véase *Figura 4.18*.



Elaborado por: Los autores

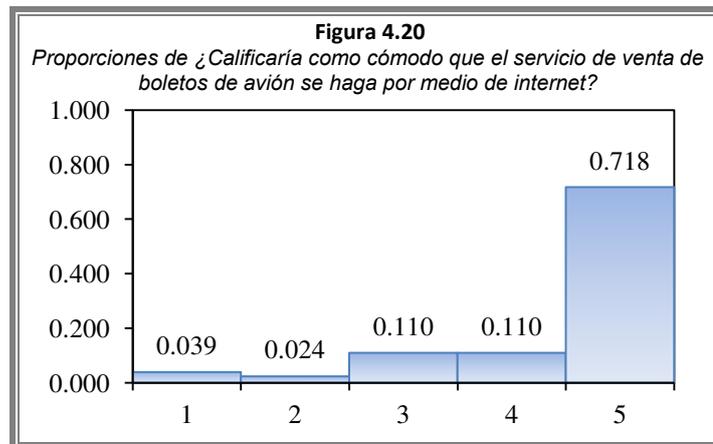
Sobre una atención VIP dentro del avión se pidió que se califique que tan importante es tener una atención personalizada en el área VIP; nuevamente

se obtuvo una elevada cantidad de entrevistados que califico con 5 (62%), seguido por las calificaciones 3 y 4 con un 14.9% y 17.3% respectivamente, y en menor porcentaje las calificaciones 1 y 2. El modelo de bajo costo indica que en el avión no existe diferencia de clases, es decir se maneja con una sola clase, por lo que obtener un servicio VIP de una aerolínea, que se maneje con el modelo de bajo costo, es casi imposible a menos que se pague un extra por este servicio. Véase *Figura 4.19*.



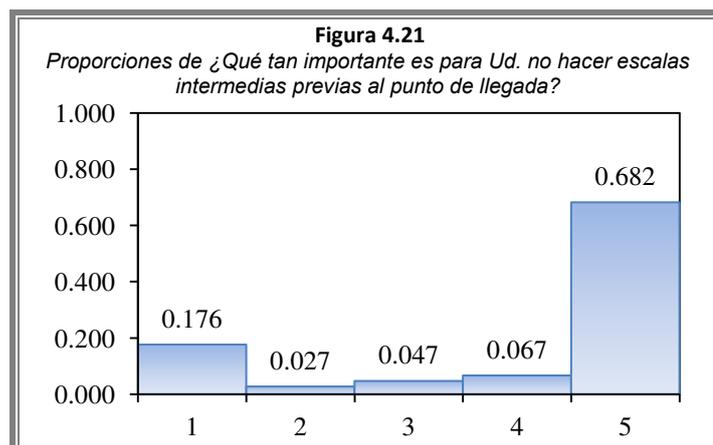
Elaborado por: Los autores

Respecto a la venta de los boletos de avión por internet, se pidió al entrevistado que califique si le parece cómodo adquirir el boleto por este medio; la gran mayoría con un 71.8% de las personas entrevistadas calificó con 5, es decir si les parece cómodo este medio para adquirir un boleto, mientras que las demás calificaciones obtuvieron un bajo porcentaje en un rango entre el 4% y 10%. Véase *Figura 4.20*.



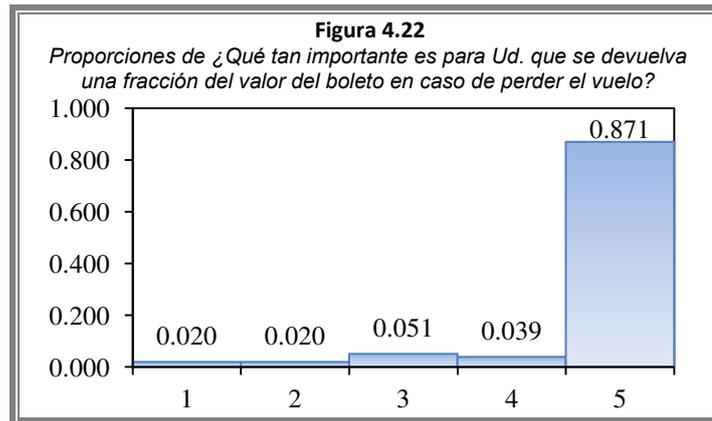
Elaborado por: Los autores

Los vuelos directos, de punto a punto, son característicos del modelo Low-Cost, por esto se pidió una calificación sobre si le parece importante no hacer escalas intermedias previas al punto de llegada; la gráfica indica que un 68.2% de las personas calificó con 5 y apenas un 17.6% calificó con 1, y en menor porcentaje las demás calificaciones. Estos resultados indican que el usuario desea vuelos directos y rápidos, sin pérdidas de tiempo con escalas, parámetro que se considera en el modelo Low-Cost. Véase *Figura 4.21*.



Elaborado por: Los autores

La última pregunta del formulario pide calificación sobre qué tan importante es que se devuelva una fracción del valor del boleto en caso de perder un vuelo; según los resultados un 87.1% de las personas otorgó una calificación de 5 y con menos del 5% a las demás calificaciones. Véase *Figura 4.22*.



Elaborado por: Los autores

4.4. Análisis de costos

Para ofrecer un servicio de transporte aéreo de bajo costo se debe saber cuál sería la posible tarifa a cobrar por este servicio. Se elaboró un modelo tarifario que de acuerdo a la naturaleza del problema, será un modelo tarifario en base a rutas ya que así se ajusta mejor a los diferentes factores del problema.

Dentro del modelo de transporte aéreo se consideraron costos variables como combustible, mantenimiento, pagos a la tripulación por vuelo, etc.; y costos fijos como lo son los costos generados en oficinas o administrativos. Como se mencionó en líneas previas, este modelo tarifario depende exclusivamente de la ruta que se tome y el tipo de avión utilizado, por consiguiente se debe obtener una tarifa por cada ruta seleccionada en el servicio ofrecido y mencionar el tipo de avión que se utilizaría para dicha ruta.

Se elaboró una expresión matemática de costos $C(x)$ empleada para cada ruta y que se define a continuación:

$$C(x) = CV \cdot x + CF$$

Donde:

x : Es la cantidad recorrida por cada ruta (millas náuticas)

CV : Esto representa a los costos variables en los que incurre el servicio (\$/millas/año).

CF : Este es el valor del costo fijo (\$/año)

4.4.1. Costos variables

Para el cálculo de las tarifas por ruta del transporte aéreo a ofrecer se tomaron en cuenta varios costos variables los cuales se irán detallando en líneas posteriores.

Costo de aeronave

Estos costos comprenden los costos relacionados directamente con los aviones como lo son los costos de Renting, mantenimiento de aeronaves y el combustible, el cual en el mercado ecuatoriano se encuentra en kilogramos de combustible recorridos en una hora, todos estos costos se encuentran

tabulados para cada tipo de avión, recordemos que para este estudio se tomaron en cuenta 3 tipos de avión. Véase *Tabla 4.8*.

Tipo de avión	Modelo	Capacidad	Peso
1	Boeing 737 – 800	189	78,300 Kg
2	Boeing 757 – 300	280	123,600 Kg
3	ATR42 – 600	50	18,600 Kg

Elaborado por: Los autores

Servicios aeronáuticos

Estos costos son los rubros en los que incurre una aerolínea en el momento del despegue, aterrizaje, iluminación, estacionamiento y demás impuestos que se le cargan a una aeronave para poder realizar las diversas maniobras en un terminal aéreo determinado. Estos costos se los cobra dependiendo del número de vuelos o movimientos realizados en un aeródromo por un avión, es por esta razón que se los considera como costos variables.

Servicios Aéreos para la navegación aérea.

Derecho de protección al vuelo antes y después de ruta

Esto comprende los siguientes servicios:

- Servicios Aeronáuticos de Protección al Vuelo en Plataforma
- Servicio de Rodaje
- Servicio de Aterrizaje y Despegue
- Servicio de Control de Aproximación

- SAR- Servicio de búsqueda y salvamento aeronáutico

El valor del derecho por el uso de estos componentes se calcula con la siguiente expresión matemática¹³:

$$T_{INT} = 0.07D\sqrt{W}$$

Donde:

T_{INT} = Tarifa de protección al vuelo antes y después de ruta.

D = Distancia (velocidad x tiempo) 112.66 millas náuticas voladas antes y después de ruta.

W = Peso máximo de despegue estructural (MTOW) certificado en toneladas métricas.

Derecho protección al vuelo servicio interno

Las aeronaves de más de 5.7 toneladas métricas, pagarán en base a la siguiente expresión matemática¹³:

$$T_{DOM} = 0.03D\sqrt{W}$$

Donde:

T_{DOM} = Tarifa de protección al vuelo en ruta, por vuelos domésticos, en USD.

D = Distancia en millas náuticas voladas en espacio aéreo ecuatoriano.

W = Peso máximo de despegue estructural (MTOW) certificado en toneladas

¹³ **Código Aeronáutico(2013)**: De la Resolución del Consejo Nacional de Aviación Civil No. 66.2 El Código Aeronáutico se encuentra promulgado en el suplemento del Registro Oficial No. 435

métricas.

Utilización de la Infraestructura Aeroportuaria

Se considera el cobro de los derechos de aterrizaje y despegue, iluminación y estacionamiento, con respecto a la clasificación previa de los aeropuertos: primera categoría, segunda categoría y tercera categoría. Véase Anexo C.

Por concepto de derecho de aterrizaje y despegue, iluminación y estacionamiento, así como protección al vuelo en todas sus fases; se deberá cancelar una vez al año de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 4.9
Tasas de aterrizaje, despegue, iluminación y estacionamiento según las toneladas métricas

MTOW (Toneladas métricas)	Aterrizaje y despegue, iluminación y estacionamiento (USD)	Protección al vuelo en todas sus fases (USD)
De 0 a 5.7	\$ 110	\$ 330
De más de 5.7 a 12	\$ 550	\$ 1,650
De más de 12 a 18	\$ 825	\$ 2,475
De más de 18 a 25	\$ 1,232	\$ 3,718

Elaborado por: Los autores, datos de la DGAC

Derecho por el Uso de Terminal y Servicios Auxiliares en Vuelos Internos, corresponde al uso de instalaciones, servicios auxiliares y facilidades en terminales aéreas. Estos valores serán asumidos por cada pasajero, de acuerdo a la tabla:

Tabla 4. 10 *Tarifa de uso de aeropuerto por pasajero*

Aeropuertos	Tarifa (USD. por pasajero)
Mejorados	\$ 4
No Mejorados	\$ 2

Elaborado por: Los autores, datos de la DGAC

Están exentos del derecho de uso de terminal en servicio nacional: niños menores a dos años de edad, vuelos no comerciales y vuelos realizados por las Fuerzas Armadas.

Otros costos variables

Entre los costos variables restantes que se tomaron en cuenta para elaborar el modelo tarifario están los costos que la aerolínea debe cancelar a los pasajeros por incumplimiento, es decir, por los pagos o devoluciones de una fracción del pasaje a los clientes insatisfechos por el servicio ya sea por la inexistencia de su asiento ofrecido inicialmente o venta de boletos en exceso. Para el cálculo de este rubro se tomó como faltantes por mes al 0.005% del total de pasajeros que se les vendió un ticket al mes.

4.4.2. Costos fijos

Los costos fijos son aquellos que no varían a corto plazo respecto al tiempo y se pagan una sola vez en un determinado tiempo. Se detallará los rubros que se tomó en cuenta.

Costo de tripulación en cabina

En estos costos se considera el costo de cada uno de los sueldos de los miembros de la tripulación en cabina como lo son piloto, co-piloto, Ing. De vuelo, jefe de tripulación y azafatas, los cuales cuentan con su propio sueldo mensual.

Seguros

En lo que es seguros se encuentran lo que corresponde a los seguros por los aviones, muebles e insumos tecnológicos (IT) y los seguros por accidentes personales o pólizas. Los costos por seguros son valores que se cancelan anualmente; el seguro para los aviones corresponde al 60% de valor total del Renting de los aviones, por otro lado el seguro de muebles e IT lo conforman el 60% del total de los costos por IT.

Administración

Los costos administrativos lo conforman los sueldos de todo el personal administrativo de la aerolínea como los son secretarias, presidente, coordinador, analista y contador; así mismo el costo por suministros de oficina, gastos de alimentación, uniformes, transporte del personal y seguro médico de los mismos, los cuales son costos que se multiplican por el total del personal administrativo.

Insumos Tecnológicos

Estos costos fijos tienen que ver con las licencias informáticas y de office que utiliza el personal administrativo; conectividad, radios y comunicadores, y los costos por mantenimiento.

Los rubros de cada uno de estos costos tanto fijos como variables se encuentran más detallados en las tablas del modelo tarifario que se encuentra en el anexo B de este trabajo de graduación.

4.5. Optimización de aeronaves

Uno de los parámetros clave del modelo de bajo costo de transporte aéreo, es la utilización de aeropuertos secundarios para reducir los elevados costos de las tarifas en los aeropuertos primarios, si se desea llegar a una ciudad con algún aeropuerto considerado como primario entonces la opción que surge es que el vuelo aterrice en el aeropuerto secundario más cercano a esta ciudad.

Por esto se implementará un modelo matemático donde se tomará en cuenta los aeropuertos secundarios de las rutas con más frecuencia de pasajeros para optimizar la cantidad de aeronaves que se requieren en una determinada ruta; esto ayudará a la selección del mejor tipo de avión de los tres considerados, tomando el tipo de avión que el modelo matemático selecciona como óptimo.

4.5.1. Modelo matemático

El modelo matemático que se definió fue el siguiente:

Índices

Tipos de aviones: $i = 1, 2, 3$

Orígenes: j = quito, guayaquil, cuenca, loja, coca, esmeraldas, lago agrio

Destinos: k = quito, guayaquil, cuenca, loja, coca, esmeraldas, lago agrio

Período: $t = 1, \dots, 12$

Parámetros

COSTO_DISTANCIA_{*i,j,k,t*}: Costo operacional del tipo de aeronave i que salen del origen j al destino k en el período t .

DEMANDA_{*j,k,t*}: Demanda de pasajeros desde el origen j al destino k en el período t .

CAPACIDAD_PASAJEROS_{*i*}: Capacidad de pasajeros de la aeronave tipo i .

CAPACIDAD_UNIDADES_{*i*}: Número de aeronaves del tipo i .

CAPACIDAD_VUELOS_{*i,j,t*}: Capacidad de vuelos del tipo de aeronave i en el origen j del período t .

Variable

x_{*i,j,k,t*}: Número de aviones necesarios del tipo i que salen del origen j al destino k en el período t .

Función Objetivo

$$\text{Min } \sum_i \sum_j \sum_k \sum_t \text{COSTO_DISTANCIA}_{i,j,k,t} * x_{i,j,k,t} \quad (1)$$

Con esta función objetivo se busca minimizar el número de aviones utilizados, es decir, se buscará determinar la cantidad de aviones necesarios para

satisfacer la demanda de una determinada ruta en un determinado período con el tipo de avión óptimo.

Restricciones

$$\forall j, k; \forall t; \sum_i (CAPACIDAD_PASAJEROS_i * x_{i,j,k,t}) \geq DEMANDA_{j,k,t} \quad (2)$$

Esta restricción indica el cumplimiento de la demanda, es decir, que toda la demanda de alguna ruta y período debe ser cubierta por la cantidad de aviones que se asigne.

$$\forall i; \forall t; \sum_j \sum_k x_{i,j,k,t} \leq CAPACIDAD_UNIDADES_i \quad (3)$$

Indica que el número de aviones asignados para todas las rutas en cada período, no debe exceder la capacidad de aviones que existe para cada uno de los tipos de aeronaves.

$$\forall i; \forall j; \forall t; \sum_k x_{i,j,k,t} \leq CAPACIDAD_VUELOS_{i,j,t} \quad (4)$$

Con esta restricción se impide que los vuelos asignados sobrepasen la capacidad de vuelos o movimientos que pueden salir desde un determinado aeropuerto u origen en un período determinado.

$$\forall i; \forall j, k; \forall t; x_{i,j,k,t} > 0 \quad (5)$$

Restringe la variable de decisión a tomar valores no negativos en cada ruta, cada tipo de aeronave y cada período.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Introducción

En este último capítulo, se analizarán los resultados de todo lo que se realizó a lo largo de este proyecto de graduación. Se presentará el análisis del modelo tarifario el cual se elaboró bajo los parámetros del modelo de bajo costo que se busca implementar en una aerolínea en Ecuador, en cuanto a los pronósticos de la demanda de pasajeros se presentarán algunos resultados, se dará conclusiones acerca del análisis de mercado que se realizó en las provincias de Guayas y Pichincha; y finalmente se analizarán los resultados obtenidos del modelo matemático elaborado e implementado en GAMS para el uso de aeropuertos secundarios.

5.2. Análisis de resultados del estudio de mercado

Como se pudo ver en los resultados generados por el análisis de mercado, existe una gran aceptación del servicio propuesto por parte de los potenciales usuarios debido a los elevados porcentajes obtenidos.

En las preguntas de selección se obtuvo en casi todas las preguntas un porcentaje favorable superior al 90% donde se puede decir que los potenciales usuarios si aceptarían cambiar el transporte terrestre por el aéreo, además de que la gran mayoría piensa que las tarifas actuales del transporte aéreo son elevadas y que aceptarían un transporte aéreo de bajo costo para transportarse en el país.

Uno de los principales parámetros del modelo de transporte aéreo de bajo costo es el uso de aeropuertos secundarios para reducir costos por pago de impuestos, el análisis de mercado indica que a los usuarios les es indiferente llegar a un aeropuerto secundario, lo cual beneficia en la implementación de este parámetro del modelo en el servicio.

La pregunta más directa que se realizó para saber la aceptación de este servicio fue si usaría el servicio en caso de implementarse, con la que se obtuvo resultados muy favorables, lo que nos indica la aceptación del servicio en el mercado. El que este servicio sea implementado por el gobierno o estado es importante ya que ayudaría para la reducción de costos, esto también se consultó a los usuarios con lo que se obtuvo un total acuerdo en que el servicio se implemente por el Estado.

Con las preguntas de respuesta personal se obtuvo información muy útil con respecto a los parámetros del modelo de bajo costo, principales rutas, precios, horarios, entre otras. Para comprobar que la principal pérdida de tiempo en un viaje es el desplazamiento, se consultó esto en el formulario donde se obtuvo que efectivamente el principal factor de pérdida de tiempo en un viaje es el desplazamiento seguido por las paradas innecesarias y el tiempo de espera, factores que se eliminarían y reducirían de forma considerable con el uso del transporte aéreo ya que es un transporte rápido y sin paradas.

Entre los destinos habituales a los que las personas viajan dentro del Ecuador están Guayaquil, Quito, Esmeraldas, Cuenca, Manabí y Salinas; información muy útil para las rutas que se debe tomar en más consideración. Cuando se preguntó de la hora a la cual prefiere usar el servicio se obtuvo que los usuarios prefieran viajar más en la tarde o en la mañana.

Se colocó una pregunta para obtener información del precio que las personas estarían dispuestas a pagar por usar el servicio propuesto, donde se conoció que la gente pagaría entre 30 y 50 dólares americanos, gracias a esto se puede tener un indicio de los precios que se debe imponer a este nuevo servicio de transporte.

En lo concerniente a la compra del boleto de avión con anticipación, el estudio de mercado indica que la gente no está muy familiarizada con esto y es por ello que la mayoría no compraría con anticipación un boleto, la compra de un boleto con anticipación es muy importante en el modelo de bajo costo ya que los boletos son más baratos mientras más anticipadamente se los adquiera y

suben de precio a medida que se acerca la fecha del vuelo, teniendo en cuenta esto, las personas se pueden acostumbrar y organizar de mejor forma para adquirir un boleto con anticipación, además se facilitaría la adquisición del boleto ya que se lo realizaría por internet, método que según el análisis de mercado se considera cómodo por los usuarios.

Las preguntas de calificación también arrojaron resultados favorables para los parámetros del modelo de bajo costo además de otra información útil. La eliminación de servicio de comida y bebida gratuitas dentro de la aeronave es algo que no les gustaría a los potenciales clientes según lo arrojado por el estudio de mercado, pero que seguramente será aceptado por los usuarios por el beneficio de reducir su costo de boleto; también los usuarios manifestaron que es de mucha importancia llevar maletas adicionales al equipaje de mano, pero esto puede cambiar al momento de cobrar un valor adicional por el transporte de estos equipajes, además quienes viajan con más frecuencia son empresarios o personas que deben viajar por trabajo y en los viajes usualmente no llevan más que un equipaje de mano.

Se obtuvo un total acuerdo de los usuarios para no hacer escalas en el trayecto del vuelo, es decir que el vuelo debe ser directo de punto a punto o vuelo chárter, lo cual beneficia a la implementación de este parámetro en el modelo de bajo costo.

Actualmente la sociedad ecuatoriana está muy acostumbrada a la comodidad ya que en el estudio de mercado quedó claro que es importante para los usuarios recibir una atención VIP, cosa que se debe cambiar para el progreso

del país ya que los usuarios deben sentirse satisfechos con el servicio que reciben que es básicamente el transporte de un punto a otro, entonces es importante un cambio dentro de la sociedad.

5.3. Análisis de resultados del tratamiento de datos

El tratamiento de datos se lo realizó con el fin de tener un indicio de la demanda futura de pasajeros, obteniéndose resultados muy favorables de los modelos de predicción.

Primero se realizó un pronóstico de la demanda total de pasajeros transportados internamente en tráfico regular y no regular, donde se pudo ver que la demanda se estima seguirá constante para el año 2013, es decir, no reducirá la demanda de pasajeros. Después se realizaron los pronósticos de las rutas con mayor frecuencia de pasajeros donde también se obtuvieron demandas estimadas constantes y crecientes como se puede ver con las rutas mostradas en el capítulo 4.

En conclusión se espera una demanda favorable tanto para el año 2013 como para los años siguientes y que de esta forma la demanda del servicio siga incrementando con el pasar de los años.

5.4. Análisis de resultados del modelo tarifario

El modelo tarifario se elaboró bajo los parámetros del modelo de bajo costo y permite calcular la tarifa a cobrar dependiendo de la ruta seleccionada y el tipo de avión que se use. El modelo tarifario está conformado por costos fijos y costos variables los cuales se pueden observar detalladamente en el ANEXO B de este trabajo; las tarifas que obtenemos del modelo tarifario están relacionadas con la potencial demanda de las principales rutas del Ecuador, utilizando los pronósticos de las mismas más la posible demanda de transporte terrestre ya que se estima también se captará demanda de este medio de transporte por lo reducidas que serían las tarifas en comparación de las aerolíneas tradicionales.

En la tabla 5.1 se muestran las tarifas de algunas de las principales rutas que se obtuvieron con el modelo tarifario que se elaboró, además estas tarifas también dependerán del tipo de avión que se escoja. Véase *Tabla 5.1*.

Origen	Destino	Tipo Avión	Tarifa
Quito	Loja	1	\$ 40.63
Guayaquil	Esmeraldas	2	\$ 30.88
Coca	Quito	3	\$ 135.47
Loja	Guayaquil	1	\$ 61.81
Esmeraldas	Quito	3	\$ 131.42
Guayaquil	Loja	2	\$ 30.14

Elaborado por: Los autores

Como podemos ver las tarifas más elevadas corresponden a los que usan el tipo de avión número 3 y esto se debe seguramente por la capacidad de cada

avión ya que el tipo 3 es el de menor capacidad y por esto genera más costos. Por otro lado para los tipos de avión 1 y 2 se genera una tarifa mucho más baja que esta alrededor de los 60 y 45 dólares.

Las tarifas con aviones del tipo 1 y 2 son las que se pueden elegir para otorgar un precio a este servicio, además que ayuda a la mejor selección del tipo de avión. Estas tarifas podrían reducirse aun más si se eliminan impuestos por parte del estado e incluso reduciendo los sueldos de los pilotos mediante la utilización de personal de las fuerzas aéreas; se puede notar que con una máxima utilización de los beneficios del estado se puede reducir más las tarifas de transporte aéreo para este nuevo servicio.

5.5. Análisis de resultados del modelo matemático

Como se mencionó en líneas previas, el modelo matemático nos ayudará a la selección del mejor tipo de avión que se debe usar en este nuevo servicio, ya que para reducir costos es conveniente utilizar un solo tipo de avión.

En la implementación del modelo matemático se consideraron los principales destinos o las rutas con mayor frecuencia (las mismas utilizadas en el modelo tarifario), se buscaron reducir los costos de cada una de estas rutas, otorgando al modelo la libertad de seleccionar tres tipos de aviones. La variable de decisión indica la cantidad de aviones asignados a una determinada ruta, el tipo de avión y el mes al cual se los adjudica.

Se corrió el modelo con los datos de demanda pronosticados, capacidad de vuelos de los aeropuertos en cada período de tiempo, costos de cada ruta calculados de los servicios aeronáuticos detallados en el modelo tarifario, y la capacidad de pasajeros y unidades de cada tipo de avión. Una vez finalizada la ejecución del modelo, el cual dura poco segundos, GAMS otorga un reporte en un archivo externo de texto donde se pueden ver los resultados de los aviones asignados y de qué tipo de avión se utilizaría más.

Los resultados de GAMS indican que el mejor tipo de avión para satisfacer la demanda, respetando la capacidad de unidades y vuelos de cada aeropuerto, es el tipo de avión 2 que es el de mayor capacidad de pasajeros. El reporte de GAMS solo asigna aviones del tipo 2 para satisfacer todas las rutas y demanda. Véase *Tabla 5.2*.

Tabla 5.2
Reporte generado por GAMS

Tipo avión: 2		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Quito	Guay.	206.3	217.8	255.1	228.4	241.4	247.5	260.9	263.6	249.6	270.6	259.4	257.5
Quito	Cuenca	70.7	74.5	80.6	77.4	80.1	86.6	94.7	92.6	85.6	90.6	89.2	85.8
Quito	Loja	19.5	20.2	22.7	22.1	23.3	23.7	26.9	27.1	23.0	19.7	18.2	23.4
Quito	Coca	36.4	35.9	42.2	40.9	37.6	36.7	39.9	44.5	41.9	44.5	43.6	44.4
Quito	Esmlds	12.5	13.8	15.3	15.9	12.9	12.4	17.3	21.3	14.4	15.1	13.7	16.5
Guay.	Quito	265.3	251.7	276.2	269.4	278.1	277	296.4	302.1	284.8	301.3	272.2	279.6
Guay.	Cuenca	8.8	8.2	8.9	6.8	6.2	9.1	11	10.2	5.3	6.1	5.8	5.8
Guay.	Loja	4.5	5.1	5.9	5.8	5.7	5.1	5.9	6.4	5.9	5.2	4.5	4.7
Guay.	Esmlds	3.5	3.7	3.9	3.9	4.0	3.9	4.2	4.6	4.4	4.2	4.1	4.2
Cuenc	Quito	73.8	73.3	80.4	77.1	78.9	84.5	92.2	92.1	83.4	86.5	88.3	78.4
Cuenc	Guay.	12.4	10.5	13.7	11.4	10.2	11.1	15.2	15.3	9.8	10.9	9.9	8.1
Loja	Quito	18.9	17.3	21.4	19.6	20.3	20.5	23.6	25.1	20.6	16.5	16.2	19.7
Loja	Guay.	4.3	4.7	6.1	5.6	5.7	4.7	5.7	6.0	5.5	5.01	4.4	4.5
Coca	Quito	34.5	35.9	43.1	42.3	37.6	37.2	39.8	45.3	42.3	44.9	44.2	47.3
Esmlds	Quito	15.4	14	15.8	15.9	13.7	12.6	16.7	21.6	15.7	14.5	15.0	14.7
Esmlds	Guay.	2.9	3.0	3.2	3.2	3.3	3.2	3.4	3.7	3.5	3.5	3.3	3.4

Elaborado por: Los autores

Los resultados mostrados en la tabla previa (Tabla 5.2) muestran el número de aviones del tipo 2 requeridos en cierta ruta y período de tiempo; por ejemplo, para la ruta Quito-Guayaquil se requiere 206.3 aviones del tipo dos en el mes de enero.

De acuerdo a este resultado obtenido de GAMS podemos determinar el número de aviones que necesitaría la aerolínea para satisfacer la demanda. Para obtener el número de aviones necesarios primero se seleccionó el mayor número de aviones en cada mes, luego se dividió este número para el número de días que posee ese mes obteniéndose el requerimiento de aviones por día, y finalmente se seleccionó el mayor requerimiento de entre

todos los meses para así contar con los aviones necesarios para satisfacer las respectivas demandas de cada día.

Realizado este procedimiento se determinó que el máximo número de aviones requeridos para ofrecer el servicio de transporte aéreo de bajo costo es de 9 aviones del tipo 2 (Boeing 757 – 300) con capacidad de 280 pasajeros en una sola clase.

Con los resultados de este modelo también se busca potencializar las actividades de aeropuertos secundarios, captando la demanda de ciudades donde existen aeropuertos principales.

5.6. Relación de métodos y resultados

Todos los métodos implementados en este estudio están relacionados con el único fin de demostrar la posible factibilidad de la implementación de un servicio de transporte aéreo de bajo costo.

Para tratar de demostrar esto, lo primero que se realizó fue un análisis de mercado en las principales ciudades del país para obtener información de los potenciales clientes y conocer si este nuevo servicio tendría aceptación en el mercado, donde los resultados otorgaron información útil para el estudio y se reflejó una gran aceptación de las personas hacia este nuevo servicio. La información obtenida en esta investigación de mercado se utilizó tanto en el modelo tarifario como en el modelo matemático para la utilización de las principales rutas.

Una vez conocida la aceptación del mercado hacia este nuevo servicio, se procedió a tratar de determinar la demanda mediante modelos de pronóstico para tener cierto conocimiento de la misma, saber si va a subir, bajar o a mantenerse constante; los resultados arrojaron que la demanda se incrementará para el año 2013, cosa que es favorable para la implementación de este servicio. Los datos obtenidos de los pronósticos también sirvieron para ser utilizados en el modelo tarifario y modelo matemático, ya que es fundamental tener un conocimiento de la demanda para que interactúe en el modelo matemático y tarifario, cabe recalcar que también se consideró un porcentaje de la demanda de pasajeros que se transportan por transporte terrestre, ya que se estima que muchos cambiarán su medio de transporte por el aéreo ya que uno de los hallazgos del estudio de mercado indica que aproximadamente el 90% de los entrevistados cambiaría su medio de transporte por el aéreo.

Ya con el conocimiento de la potencial demanda del servicio, se procedió a realizar un modelo tarifario que detalle los costos aeronáuticos, costos fijos y variables de la aerolínea. Con los costos aeronáuticos se completó los costos que se utilizaron en el modelo matemático, que nos otorgó un número de aviones requeridos que a su vez sirvió para completar el modelo tarifario y obtener finalmente una tarifa para cada ruta analizada.

Como se puede notar todos estos métodos contribuyeron entre sí para tratar de cumplir el objetivo que tiene este estudio.

CONCLUSIONES

- A lo largo del desarrollo de este proyecto de graduación, se puede concluir que se cumple lo planteado en la hipótesis del trabajo, *Ver capítulo 1.4.* Siempre que se cuente con la ayuda del gobierno y mejoras de infraestructura.
- Se realizó el análisis a los siete aeropuertos del Ecuador con el mayor número de operaciones (vuelos). De la misma manera se procedió a realizar los pronósticos, obteniendo como resultado una tendencia positiva, es decir, un incremento de la demanda para cada ruta en el año 2013.
- Se obtuvo un 100% de aceptación, como se muestra en la *figura 4.13.* de la investigación de mercado que se realizó en las ciudades analizadas.
- Falta de infraestructura aeronáutica en las diferentes ciudades del país, ya que la mayoría no cuenta con la adecuada, como por ejemplo los aeropuertos de Lago Agrio y Coca.
- Necesidad de un apoyo total del Estado para la reducción de costos y así implementar este nuevo servicio que rompa la fuerte barrera del oligopolio que existe actualmente en el transporte aéreo de pasajeros.
- Se necesita un mínimo de 9 aviones Boeing 757 – 300 con capacidad de 280 de una sola clase para cubrir la demanda pronosticada para los próximos meses.

RECOMENDACIONES

Se sugiere que para el desarrollo de los cálculos presentados en este proyecto de graduación, se investigue de manera profunda los siguientes puntos:

- Para la demanda, generar una distribución de probabilidades que muestre más detalladamente la demanda potencial del servicio. Se podría incluir el total de pasajeros por ruta la demanda insatisfecha de personas que utilizan el transporte terrestre para movilizarse dentro de Ecuador. Se podría clasificar también por pasajeros y/o usuarios nacionales y extranjeros.
- Para el modelo tarifario, es posible afinar aún más con parámetros que no se consideraron como por ejemplo, el detalle de los mantenimientos, el detalle de los seguros, garantías y pólizas, infraestructura de bienes inmuebles, entre otros. Esto podría aumentar el valor unitario del pasaje aéreo pero se amortizaría por la inclusión de los usuarios del transporte aéreo en la demanda.
- El modelo matemático presentado corresponde a una programación lineal relajada, pues no cuenta con muchas restricciones con el fin de facilitar la obtención de una solución óptima o cercana a la óptima. Se puede tomar esta sencilla programación y agregar más datos, como: tipos de aeronaves, más orígenes y destinos. Se recomienda agregar variables de decisión, variables binarias, que permitan escoger un solo tipo de aeronave.

- El alcance de este proyecto de graduación tiene como finalidad aportar al desarrollo del país en cuanto al área de investigación. Y con respecto a esto, el análisis se presta para desarrollar más factores que los planteados (demanda, costos, optimización de aeropuertos secundarios), como por ejemplo: nivel de servicio, nivel de aportación para el desarrollo de la promoción mundial del turismo, nivel de aumento en las plazas laborales y a su vez la disminución del desempleo.
- Elaborar análisis de demanda en cada aeropuerto tomando muestras presenciales para un mejor cálculo de personas que usa este medio de transporte.
- Trabajar en proyectos conjuntos con el Gobierno Nacional para un mejor análisis de costos e impuestos que ayuden a la factibilidad de un transporte aéreo sea de bajo costo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Diana Alvarez Valdivieso y Natalia Tirado Araujo (2004)**, *“Plan de negocio para el montaje de una aerolínea de bajo costo en Colombia”*, trabajo de grado para la carrera de Ingeniería Industrial en la Pontificia universidad Javeriana.
- [2] **EducaMarketing (2005)**: Las aerolíneas de bajo costo o cómo romper las reglas de juego.
- [3] **Gross, S. y Schröder, A. (2004)**: *Low Cost Airlines in Europa*. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin. Pp. 3-4. Pohl, A. (2004): *Chancen und Risiken von NoFrills Airlines und deren Auswirkungen auf den Flughafen Bonn*. Hausarbeit. Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg.
- [4] **Jordi Candela (2008)**, *“El bajo costo y la nueva aviación comercial”*, publicado por la revista Ingeniería y Territorio del Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos.
- [5] **José Rodríguez Miguez (2007)**, *“Aeropuertos regionales y Aerolíneas de Bajo Costo”*, tomado desde http://www.consellogalegodacompetencia.es/publicaciones/revistas/aeropuertos_reg_aerolineas_bc.pdf
- [6] **Mariela Torres y Karin Paz**, *“Tamaño de una muestra para una investigación de mercado”* elaborado por dos profesoras de la Universidad Rafael Landívar.
- [7] **Martina Meissner (2008)**, Tesis Doctoral *“Las líneas aéreas de bajo costo: Fundamentos Teóricos y Estudio Empírico sobre su impacto en el transporte aéreo y en la estructura del sector turístico en Europa”*, publicado por la Universidad de Málaga tomado desde <http://www.biblioteca.uma.es/bbldoc/tesisuma/17678298.pdf>

[8] **Oficina de Regulación Económica (2009)**, *“Revisión y análisis de la estructura de costos de transporte aéreo”*, Bogotá.

[9] **Rommel Zapata C. (2009)**, Seminario de logística integral *“Innovación de la Industria Aeronáutica”*, Bogotá.

ANEXOS

ANEXO A
FORMULARIO



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
Ingeniería en Logística y Transporte
Desarrollo de Proyecto de Graduación

Análisis de factibilidad de un servicio de transporte aéreo público de bajo costo en Ecuador

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL INFORMANTE

1. Género: Masculino Femenino

2. Edad: _____

3. Profesión: _____

2. PREGUNTAS DE SELECCIÓN: Marque una X en la respuesta que crea correcta según su apreciación

PREGUNTAS	SI	NO
1. ¿Ha usado alguna vez el transporte aéreo?		
2. ¿Cambiaría Ud. el transporte terrestre por el aéreo para movilizarse dentro del Ecuador?		
3. ¿Ud. Cree que las tarifas actuales de los boletos de transporte aéreo interno son elevadas?		
4. ¿Le gustaría un servicio de transporte aéreo económico?		
5. ¿Aceptaría Ud. que los vuelos aterricen en aeropuertos secundarios, cercanos al punto de destino deseado?		
6. ¿Usaría Ud. este servicio en caso de implementarse?		
7. ¿Estaría de acuerdo con que el Gobierno Nacional ofrezca este servicio?		

3. PREGUNTAS DE RESPUESTA PERSONAL

PREGUNTAS	RESPUESTA
8. ¿En un viaje, cuál es el factor que le incomoda más invertir tiempo?	
9. ¿Cuál es su destino habitual al viajar dentro del Ecuador?	
10. ¿Si usaría el servicio de transporte aéreo, a qué hora lo haría?	
11. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el servicio de transporte aéreo?	
12. ¿Compraría Ud. Un boleto económico de transporte aéreo con 6 meses de anticipación?	

4. PREGUNTAS

Lea detenidamente las preguntas y luego responda marcando con una x en el casillero que crea correspondiente; donde 1 es la nota más baja y 5 la nota más alta

PREGUNTAS	CALIFICACIÓN				
	1	2	3	4	5
13. ¿Cuán importante es para usted que dentro del avión se ofrezcan servicios de comida y bebida gratuitos?					
14. ¿Qué tan importante es para usted llevar maletas adicionales al equipaje de mano, en un viaje interno?					
15. ¿Qué tan importante es para usted la atención personalizada en el área VIP, dentro de un avión?					
16. ¿Calificaría como cómodo que el servicio de venta de boletos de avión se haga por medio de internet?					
17. ¿Qué tan importante es para Ud. no hacer escalas intermedias previas al punto de llegada?					
18. ¿Qué tan importante es para Ud. que lo atienda un experto en el servicio?					
19. ¿Qué tan importante es para Ud. que se devuelva una fracción del valor del boleto en caso de perder el vuelo?					

Fecha en que se completa el presenta formulario: ____/____/____ día/mes/año

ANEXO B
DETALLE DE COSTOS

COSTOS DIRECTOS

Costo de Aeronaves		\$/año	\$ 42,197,225.56
# Aeronaves		und	
Tipo 1			
Tipo 2			
Tipo 3			
Renting		\$/año	4583333.3
Tipo 1		\$ 458333 /año	4583333.3
Tipo 2		\$ 666667 /año	0
Tipo 3		\$ 125000 /año	0
Combustible		\$/año	10831471.41
Tipo 1		2526 Kg/h	10831471.41
Tipo 2			0
Tipo 3			0
Mantenimiento		\$/año	26782420.85
Tipo 1		10%	458333.33
Tipo 2		10%	0
Tipo 3		10%	0
Chequeos A		unidades	58
Inspección de daños y reparaciones estructurales			
Seguimiento y resolución de fallas			
Pintura			

#	Costo de Tripulación de Cabina	\$/año	\$ 1,014,399.17
1	Piloto a cargo (Capitán)	4500 \$/mes	\$ 58,764.00
1	Co-piloto (Primer oficial)	3425 \$/mes	\$ 44,789.00
1	Ing. de vuelo (Segundo oficial)	2950 \$/mes	\$ 38,614.00
1	Jefe de Tripulación	2217 \$/mes	\$ 29,080.67
3	Azafatas	1663 \$/mes	\$ 843,151.50

Servicios Aeronáuticos*	\$/año	\$
Cantidad de vuelos programados	unidades	4383
Servicios de protección al vuelo antes y después de ruta	\$/año	305828.76
Derechos de protección al vuelo antes y después de ruta	\$ 7.89 /viaje	305828.76
Servicios de protección al vuelo en ruta (Nivelado)	\$/año	226864.43
Derechos de protección al vuelo servicio interno	\$ 0.03 /viaje	226864.43
Infraestructura aeroportuaria	\$/año	4675945.45
Utilización de la infraestructura aeroportuaria	78.3	4950.00
Aterrizaje	78.3	270054.4557
Iluminación	78.3	117716.04
Estacionamiento	78.3	58858.0224
Derecho por el uso del terminal y servicios auxiliares	4	3313228.96
Derecho por seguridad contra actos de interferencia ilícita	1.1	911137.96

*Se cobra por cada vuelo realizado

Seguros	\$/año	\$ 2,879,959.98
Aviones	60% anual	2749999.98
Muebles, IT	60% anual	15912.00
Accidentes personales (pólizas)	36 smv/persona	114048.00

Otros Costos	\$/año	\$ 124.25
Recargos por incumplimiento	\$/año	124.25
Pasajeros atendidos al mes	personas/mes	69026
Factor de faltantes por mes (personas/mes)	0.005%	3
Costo por pasajero	\$ 3.00 /persona	\$ 10.35

COSTOS INDIRECTOS

Administración		\$ 1,434,714.00
Dirección General	\$/año	\$ 74,628.00
Personal	\$/año	\$ 74,628.00
Presidencia	5000 \$/mes	\$ 65,264.00
Secretaria	700 \$/mes	\$ 9,364.00
Entrenamientos / Capacitaciones	\$/año	\$ 28,508.00
Personal	\$/año	\$ 22,628.00
Coordinador	1200 \$/mes	\$ 15,864.00
Secretaria	500 \$/mes	\$ 6,764.00
Implementos	\$ 70.00 /persona	\$ 5,880.00
Estadísticas / Control	\$/año	\$ 36,278.00
Personal	\$/año	\$ 36,278.00
Analista	750 \$/mes	\$ 29,514.00
Secretaria	500 \$/mes	\$ 6,764.00
Compras	\$/año	\$ 44,552.00
Personal	\$/año	\$ 42,392.00
Coordinador	1200 \$/mes	\$ 15,864.00
Contador	1000 \$/mes	\$ 13,264.00
Secretaria	500 \$/mes	\$ 13,264.00
Suministros	\$ 0.015 /persona	\$ 2,160.00
Manning Cost	\$/año	\$ 1,250,748
Gastos de alimentación	\$ 2.00 /dia.persona	\$ 7,512.00
Uniformes	\$ 300.00/persona.año	\$ 1,126,800.00
Transporte de personal	\$ 1.00/dia.persona	\$ 3,756.00
Seguro médico	\$ 30.00/persona.mes	\$ 112,680.00

Ventas		\$ 26,520.00
IT	\$/año	\$ 26,520.00
Licencias Informáticas	\$ 700.00 /año	\$ 8,400.00
Licencias Offices	\$ 200.00 /año	\$ 2,400.00
Conectividad	\$ 720.00 /año	\$ 8,640.00
Radios y comunicaciones	\$ 45.00 /equipo.mes	\$ 6,480.00
Mantenimiento (10 puntos prom)	\$ 50.00 /año.punto	\$ 600.00

ANEXO C
CATEGORIZACIÓN DE AEROPUERTOS Y SUS
ADMINISTRACIONES

Categorización de aeropuertos y sus administraciones

PROVINCIA	CIUDAD	PISTA	ADMINISTRACIÓN
PRIMERA CATEGORÍA			
Pichincha	Quito	Mariscal Sucre	Concesionado
Guayas	Guayaquil	José Joaquín de Olmedo	Concesionado
Azuay	Cuenca	Mariscal Lamar	Concesionado
Manabí	Manta	Eloy Alfaro	DAC
Cotopaxi	Latacunga	Cotopaxi	DAC
SEGUNDA CATEGORÍA			
Santo Domingo	Santo Domingo	Santo Domingo	DAC
Galápagos	Baltra	Seymour	DAC
Galápagos	San Cristóbal	San Cristóbal	DAC
Carchi	Tulcán	El Rosal	DAC
Loja	La Toma	Camilo Ponce E.	DAC
El Oro	Machala	General Serrano	DAC
Manabí	Portoviejo	Reales Tamarindos	DAC
Manabí	San Vicente	Los Perales	DAC
Pastaza	Shell Mera	Río Amazonas	DAC
Francisco de Orellana	El Coca	Francisco de Orellana	DAC
Sucumbíos	Nueva Loja	Lago Agrio	DAC
Esmeraldas	Tachina	General Rivadeneira	DAC
Morona Santiago	Macas	Macas	DAC
Santa Elena	Salinas	Ulpiano Páez	DAC
TERCERA CATEGORÍA			
Imbabura	Ibarra	Atahualpa	DAC
Tungurahua	Ambato	Chachoán	DAC
Chimborazo	Riobamba	Chimborazo	DAC
Galápagos	Isabela	Isabela	DAC
Loja	Macará	J.M. Velasco Ibarra	DAC
El Oro	Santa Rosa	Victor Larrea	DAC
Sucumbíos	Tarapoa	Tarapoa	DAC
Pastaza	Villano	Villano	DAC
Pastaza	Curaray	Curaray	DAC
Pastaza	Montalvo	Montalvo	DAC
Morona Santiago	Sucúa	Sucúa	DAC
Morona Santiago	Taisha	Taisha	DAC
Morona Santiago	Chupientza	Chupientza	DAC
Napo	Tena	Galo Torres	DAC
F. de Orellana	Tiputini	Tiputini	DAC

Elaborado por: Los autores

ANEXO D
CODIFICACIÓN EN R DE LOS PRONÓSTICOS DE LAS
RUTAS

Codificación en R de los pronósticos

- **Lectura de datos desde excel**

```
datos=ts(read.delim("clipboard"),frequency=12,start=c(2007,1))
```

- **Gráfico de la serie de tiempo**

```
plot(datos,xlab="Tiempo(meses)",ylab="Pasajeros
Transportados",col="blue")
```

```
abline(h=mean(datos),col="red",lty=2)
```

```
legend(2011,250000,box.col="white",box.lwd=0.5,legend=c("Pasajeros","Me
dia"),lty=c(1,2),col=c("blue","red"))
```

- **Análisis de diferenciación ordinaria y estacional**

```
monthplot(datos,xlab="Tiempo(meses)",ylab="Pasajeros
Transportados",col="blue")
```

```
abline(h=mean(datos),col="red",lty=2)
```

```
plot(diff(datos,lag=12),xlab="Tiempo(meses)",ylab="Pasajeros
Transportados",col="blue")
```

```
monthplot(diff(datos,lag=12),xlab="Tiempo(meses)",ylab="Pasajeros
Transportados")
```

```
abline(h=mean(diff(datos,lag=12)),col="black",lty=2)
```

```
plot(diff(diff(datos,lag=12)),xlab="Tiempo(meses)",ylab="Pasajeros
Transportados",col="blue")
```

```
abline(h=mean(datos),col="red",lty=2)
```

```
monthplot(diff(diff(datos,lag=12)),xlab="Tiempo(meses)",ylab="Pasajeros
Transportados",col="blue")
```

```
abline(h=mean(datos),col="red",lty=2)
```

- **Análisis de las auto correlaciones y auto correlaciones parciales de la serie diferenciada**

```
acf(diff(diff(datos,lag=12)),ylab="Autocorrelaciones")
```

```
pacf(diff(diff(datos,lag=12)),ylab="Autocorrelaciones Parciales")
```

- **Proposición de los modelos SARIMA**

```
m1=arima(datos,c(2,1,0),c(0,1,0))
```

```
m2=arima(datos,c(0,1,2),c(0,1,0))
```

```
m3=arima(datos,c(2,1,2),c(0,1,0))
```

```
m4=arima(datos,c(1,1,0),c(0,1,0))
```

```
m5=arima(datos,c(0,1,1),c(0,1,0))
```

```
m6=arima(datos,c(1,1,1),c(0,1,0))
```

```
m7=arima(datos,c(1,1,2),c(0,1,0))
```

```
m8=arima(datos,c(2,1,1),c(0,1,0))
```

- **Análisis AIC y BIC**

```
AIC(m1,m2,m3,m4,m5,m6,m7,m8)
```

```
AIC(m1,m2,m3,m4,m5,m6,m7,m8,k=length(datos))
```

- **Análisis de las auto correlaciones y auto correlaciones parciales de los residuos**

```
acf(residuals(m1))
```

```
pacf(residuals(m1))
```

```
acf(residuals(m3))
```

```
pacf(residuals(m3))
```

- **Pronostico de los datos deseados**

```
p1=predict(m1,12)
```

```
p3=predict(m3,12)
```

- **Gráficos de los modelos de pronóstico seleccionados**

```
ts.plot(ts(datos,frequency=12,start=c(2007,1)),p1$pred,p3$pred,col=c("blue",
"red","purple"),xlab="Tiempo (meses)",ylab="Pasajeros Transportados")
```

```
legend(2011,250000,box.col="white",box.lwd=0.5,legend=c("Predicción
```

```
SARIMA(2,1,0):(0,1,0)","Predicción
```

```
SARIMA(2,1,2):(0,1,0)"),col=c("red","purple"),lty=c(1,1))
```

```
ts.plot(p1$pred-1.96*p1$se,p1$pred+1.96*p1$se,p1$pred,p3$pred-
```

```
1.96*p3$se,p3$pred+1.96*p3$se,p3$pred,col=c("blue","blue","red","green",
"green","purple"),lty=c(2,2,1,2,2,1),xlab="Tiempo (meses)",ylab="Pasajeros
```

```
Transportados")
```

```
legend(2012.96,410000,box.col="white",box.lwd=0.5,legend=c("Predicción
```

```
SARIMA(2,1,0):(0,1,0)","Intervalos de predicción
```

```
SARIMA(2,1,0):(0,1,0)","Predicción SARIMA(2,1,2):(0,1,0)","Intervalos de
```

```
predicción
```

```
SARIMA(2,1,2):(0,1,0)"),lty=c(1,2,1,2),col=c("red","blue","purple","green"))
```

ANEXO E
IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO
EN GAMS

Codificación en GAMS del modelo matemático

option optcr = 0.0001

SETS

i tipo de aviones /1, 2, 3/

j orígenes /Quito,Guayaquil,Cuenca,Loja,Coca,Esmeraldas,Lago_Agrio/

t meses /Enero,Febrero,Marzo,Abril,Mayo,Junio,Julio,Agosto,Septiembre,
Octubre,Noviembre,Diciembre/

alias (j,k)

PARAMETERS

COSTO_DISTANCIA (i,j,k,t)

DEMANDA (j,k,t)

CAPACIDAD_VUELOS (i,j,t)

CAPACIDAD_PASAJEROS (i)

/1 189, 2 280, 3 50/

CAPACIDAD_UNIDADES (i)

/1 100000, 2 100000, 3 100000/

\$CALL GDXRW Libro1.xlsx par=COSTO_DISTANCIA

rng=Hoja1!A58:O205 dim=4 Cdim=1 rdim=3

\$GDXIN Libro1.gdx

\$LOAD COSTO_DISTANCIA

\$GDXIN

\$CALL GDXRW Libro1.xlsx par=DEMANDA rng=Hoja1!B5:O54 dim=3

Cdim=1 rdim=2

\$GDXIN Libro1.gdx

\$LOAD DEMANDA

\$GDXIN

```

$CALL      GDXXRW      Libro1.xlsx      par=CAPACIDAD_VUELOS
rng=Hoja1!B208:O229 dim=3 Cdim=1 rdim=2
$GDXIN Libro1.gdx
$LOAD CAPACIDAD_VUELOS
$GDXIN

```

VARIABLES

Z

POSITIVE VARIABLE

X (i,j,k,t) número de aviones del tipo i que parten del origen j al destino k en el periodo t

EQUATIONS

FO,RES1,RES2,RES3;

FO.. Z=E=SUM((i,j,k,t),COSTO_DISTANCIA(i,j,k,t)*X(i,j,k,t));

RES1(j,k,t)..

SUM(i,CAPACIDAD_PASAJEROS(i)*X(i,j,k,t))=G=DEMANDA(j,k,t);

RES2(i,t).. SUM((j,k),X(i,j,k,t))=L=CAPACIDAD_UNIDADES(i);

RES3(i,j,t).. SUM(k,X(i,j,k,t))=L=CAPACIDAD_VUELOS(i,j,t);

MODEL TESIS /ALL/

SOLVE TESIS MIN Z USING LP

Display COSTO_DISTANCIA, DEMANDA, CAPACIDAD_PASAJEROS,
CAPACIDAD_UNIDADES,CAPACIDAD_VUELOS, Z,I, X.I

file res /C:\Users\Marifer\Desktop\avioncito.txt/

put res

put "Resultado del Modelo Matemático"/

loop(i,

put "====="/

```

put "avion tipo: ", i.tl,
put /
put "====="/
put "
          Enero   Febrero   Marzo   Abril   Mayo
Junio   Julio   Agosto   Septiembre   Octubre   Noviembre
Diciembre"/
put "-----"
-----"/

loop(j,
loop(k,put j.tl,put k.tl,loop(t$x.l(i,j,k,t),put x.l(i,j,k,t));
put //
);
))

```