

# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

## FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

### GESTIÓN DE VUELOS DE SALIDA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL JORGE CHÁVEZ

Tesis para optar por el Título de **Ingeniero Informático**, que presenta el bachiller:

**Mariella Isabel Porras Quispe**

**ASESOR: Ing. Rony Cueva Moscoso**

Lima, abril de 2015

## RESUMEN

En la actualidad la economía del Perú ha evolucionado satisfactoriamente llegando a ser considerado un país en donde se puede hacer grandes inversiones. Uno de los sectores que generan mayores ingresos es el sector Transporte y Comunicaciones, el cual experimento un crecimiento del 5,33% el año 2013. El crecimiento del subsector transporte, fue contribuido por el mayor tráfico aéreo de pasajeros y carga.

El Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, el cual forma parte de este crecimiento debe solucionar el problema de no contar con una adecuada gestión de control de tráfico aéreo, el cual involucra el control, coordinación de los vuelos y asignación de puertas de embarque.

Este problema se intensificó, debido a que en la actualidad el flujo aéreo se ha incrementado generando que ya no se puedan mejorar las comunicaciones internas con respecto a las coordinaciones de asignación y disponibilidad de puertas de embarque, así como la asignación de turno de atención de cada uno de los vuelos de salida.

Para el desarrollo del proyecto se consideró la información en tiempo real proporcionada por la herramienta Flight Tracking and Flight Status API. Esta información servía como dato de entrada para el funcionamiento del algoritmo, el cual consideraba variables como el tiempo promedio por pasajeros, tiempo promedio por carga, la disponibilidad de las puertas de embarque, velocidad permitida del avión dentro del aeropuerto y un tiempo extra considerado para evitar ciertos retrasos. La ejecución del algoritmo daba como resultado un tiempo de inicio y fin de abordaje de cada uno de los vuelos programados para el día. Asimismo, como parte del resultado, se podía ver el número de puerta de embarque asignado a cada uno de los vuelos. Como parte del proceso considerado en el proyecto, también se asignaban tareas a cada uno de los controladores aéreos de acuerdo a la disponibilidad y a su horario de trabajo, teniendo en cuenta ciertos estándares y recomendaciones establecidos por la Organización de Aviación Civil Internacional. Por último, se generan reportes para la verificación de asignaciones de vuelos a controladores y asignación de vuelos a puertas de embarque.

En conclusión, este proyecto ayuda a una mejor distribución del tiempo en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, brindando servicios en las horas programadas y sin retraso alguno, cumpliendo estándares de calidad que son exigibles para el funcionamiento de un aeropuerto.

FACULTAD DE  
**CIENCIAS E  
INGENIERÍA**  
ESPECIALIDAD DE  
INGENIERÍA INFORMÁTICA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO INFORMÁTICO**

**TÍTULO:** Gestión de vuelos de salida del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.  
**ÁREA:** Sistema de Información  
**PROPONENTE:** Ing. Rony Cueva Moscoso  
**ASESOR:** Ing. Rony Cueva Moscoso  
**ALUMNO:** Mariella Isabel Porras Quispe  
**CÓDIGO:** 20079025  
**TEMA N°:** 581  
**FECHA:** San Miguel, 14 de diciembre de 2014



**DESCRIPCIÓN**

En la actualidad la economía del Perú ha evolucionado satisfactoriamente llegando a ser considerado un país en donde se puede hacer grandes inversiones. Uno de los sectores que generan mayores ingresos es el sector Transporte y Comunicaciones, el cual experimento un crecimiento del 5,33% el año 2013. El crecimiento del subsector transporte, fue contribuido por el mayor tráfico aéreo de pasajeros y carga.

El Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, el cual forma parte de este crecimiento debe solucionar el problema de no contar con una adecuada gestión de control de tráfico aéreo, el cual involucra el control, coordinación de los vuelos y asignación de puertas de embarque.

Este problema se intensificó, debido a que en la actualidad el flujo aéreo se ha incrementado generando que ya no se puedan mejorar las comunicaciones internas con respecto a las coordinaciones de asignación y disponibilidad de puertas de embarque, así como la asignación de turno de atención de cada uno de los vuelos de salida.

- Es por eso que se plantea un sistema de información para la gestión de vuelos que incluirá la implementación de un algoritmo que permita la optimización de los tiempos de abordaje y la asignación de vuelos a puertas de embarque considerando los vuelos con prioridad como los de emergencia. Asimismo, se va a considerar dentro del sistema, la asignación de vuelos a controladores aéreos con la finalidad de tener la programación diaria de cada uno de ellos. La información en tiempo real será proporcionada por la herramienta Flight Tracking and Flight Status API.

**OBJETIVO GENERAL**

Analizar, diseñar e implementar un sistema de gestión de vuelos de salida.

Av. Universitaria 1801  
San Miguel, Lima – Perú



Apartado Postal 1761  
Lima 100 – Perú



Teléfono:  
(51) 626 2000 Anexo 4801



FACULTAD DE  
**CIENCIAS E  
 INGENIERÍA**  
 ESPECIALIDAD DE  
 INGENIERÍA INFORMÁTICA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
 CATÓLICA**  
 DEL PERÚ

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos del presente proyecto son:

- Objetivo 1: Modelar los procesos para la gestión de vuelos de salida para la planificación, control y monitorización de estos.
- Objetivo 2: Desarrollar una interface con el servicio web Flight Aware para la obtención de la información real de los vuelos programados.
- Objetivo 3: Diseñar un algoritmo Primero el mejor que permita la gestión de los vuelos de salida por prioridad considerando el número de puertas de embarque, cantidad de pasajeros, tiempo promedio de embarque por persona y tiempo de embarque promedio por equipaje, tiempo extra y velocidad máxima del avión en el interior del aeropuerto.
- Objetivo 4: Implementar un prototipo funcional del software que soporte los proceso para la gestión de vuelos de salida.

### ALCANCE

El presente proyecto está orientado a la gestión de vuelos de salida que se realiza en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez. Se ha elegido este tema, debido a que es la principal salida o entrada al país de varios turistas y peruanos que deben gozar de un servicio de calidad en relación al tiempo, el cual es primordial para el desarrollo de cualquier servicio.

En relación a la información que servirá como entrada para la ejecución del algoritmo, será extraída de una herramienta llamada Flight Aware, el cual posee un API que contiene la información necesaria.

El software permitirá la optimización de los tiempos de abordaje de los vuelos de salida desde la puerta de embarque hasta la pista principal. Además, se permitirá la asignación de vuelos a los controladores aéreos para la monitorización de estos. El sistema controlará todos los procesos involucrados antes de que el avión se encuentre en el aire.

En síntesis, este proyecto busca concientizar, en parte, a las personas involucradas sobre cuán importante es contar con un sistema que genere información sin errores permitiendo a los trabajadores disminuir la carga laboral que se puede tener en un puesto de trabajo con alto grado de riesgo operacional y estrés.

*Máximo: 100 páginas*

Av. Universitaria 1801  
 San Miguel, Lima – Perú



Apartado Postal 1761  
 Lima 100 – Perú



Teléfono:  
 (511) 626 2000 Anexo 4801



## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a Dios por mostrarme que con fe, paciencia y perseverancia se pueden lograr muchas cosas.*

*A mi madre Violeta por mostrarme su amor, cariño y comprensión durante toda mi carrera y sobre todo por convertirse en mi mejor amiga y consejera para tomar mis propias decisiones.*

*A mi padre Felix porque siempre estuvo aconsejándome y alentándome desde lejos y cuando estuvo en el país siempre fue mi mejor cómplice y mi ejemplo a seguir.*

*A mi abuelita Nicolaza que a pesar de que no está conmigo en vida, siempre me demostró mucho amor, preocupación y apoyo en todo lo que decidía emprender.*

*A Pedro por convertirse en mi amigo, enamorado y apoyo incondicional en los momentos más difíciles no solo de la carrera sino también en mi vida personal y que siempre me hacía cambiar el panorama de la situación.*

*Y a todas las personas cercanas que han sido importante en mi vida y también me brindaron su apoyo.*

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a Dios, mi familia y todos los demás por la paciencia y el apoyo incondicional para realizar con éxito mi proyecto de fin de carrera.*

*Agradezco a las personas que me ayudaron a conocer mejor el modelo de negocio del Aeropuerto y que tuvieron confianza en la solución propuesta.*

*Un agradecimiento muy especial al Ing. Rony Cueva Moscoso por su paciencia, tiempo, apoyo y asesoría constante durante todo el desarrollo del presente proyecto.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b>	<b>2</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE IMÁGENES</b>	<b>10</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>12</b>
<b>1. PROBLEMÁTICA</b>	<b>12</b>
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.3 RESULTADOS ESPERADOS .....	16
<b>2. HERRAMIENTAS, MÉTODOS, METODOLOGÍAS Y PROCEDIMIENTOS</b>	<b>16</b>
2.1 INTRODUCCIÓN .....	16
2.2 HERRAMIENTAS .....	18
2.3 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.....	21
2.4 METODOLOGÍAS.....	21
<b>3. ALCANCE</b>	<b>27</b>
3.1 LIMITACIONES .....	27
3.2 RIESGOS.....	28
<b>4. JUSTIFICATIVA Y VIABILIDAD DEL PROYECTO</b>	<b>29</b>
4.1 JUSTIFICATIVA .....	29
4.2 VIABILIDAD .....	30
<b>5. PLAN DE ACTIVIDADES</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>35</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>35</b>
1.1 MARCO CONCEPTUAL .....	35
1.1.1 INTRODUCCIÓN.....	35
1.1.2 OBJETIVO DEL MARCO CONCEPTUAL .....	35
1.1.3 CONCEPTOS SOBRE AERONÁUTICA .....	35
1.1.4 MÉTODOS RECOMENDADOS.....	37
1.1.5 ENTIDADES INVOLUCRADAS .....	38

1.1.6 CONCLUSIÓN.....	39
<b>1.2 MARCO REGULATORIO / LEGAL .....</b>	<b>40</b>
1.2.1 NORMAS.....	40
1.2.2 LEYES .....	41
<b>2. ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>41</b>
2.1.1 INTRODUCCIÓN.....	41
2.1.2 OBJETIVOS DE LA REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE .....	41
2.1.3 NAVCAN ATM .....	42
2.1.4 INTEGRATED AIR TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEMS .....	43
2.1.5 GESTIÓN DE COLAS OSYRIS DE BARCO.....	44
2.1.6 ANALYSIS, MODELING AND CONTROL OF THE AIRPORT DEPARTURE PROCESS .....	45
2.1.7 PRISMA - AIR TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM .....	45
2.1.8 CUADRO COMPARATIVO.....	46
2.1.9 CONCLUSIONES SOBRE EL ESTADO DEL ARTE .....	47
<b>CAPÍTULO 3: PROCESOS PARA LA GESTIÓN DE VUELOS DE SALIDA .....</b>	<b>49</b>
1.1 ASIGNACIÓN DE PUERTA DE EMBARQUE.....	49
1.1.1 ACTORES INVOLUCRADOS .....	49
1.1.2 ELEMENTOS DEL PROCESO.....	49
1.2 TURNO DE VUELOS DE SALIDA.....	50
1.2.1 ACTORES INVOLUCRADOS .....	50
1.2.2 ELEMENTOS DEL PROCESO.....	51
1.3 DIAGRAMA DE PROCESOS .....	52
<b>CAPÍTULO 4: MÓDULO DE LECTURA DE DATOS .....</b>	<b>53</b>
1.1 DESCRIPCIÓN.....	53
1.2 ARQUITECTURA PARA CONEXIÓN CON EL SERVICIO WEB: FLIGHT AWARE API .....	53
1.2.1 INTRODUCCIÓN.....	53
1.2.2 COMPONENTES .....	53
1.3 FORMA DE CONEXIÓN.....	54
1.4 ESTRUCTURA DE LAS CLASES USADAS .....	54
1.5 MÉTODOS USADOS.....	56
1.6 INTERFAZ GRÁFICA Y RESULTADO DE LA CONSULTA AL API.....	56
<b>CAPÍTULO 5: ALGORITMO PRIMERO EL MEJOR .....</b>	<b>61</b>
1.1 DESCRIPCIÓN: .....	61
1.2 DEFINICIÓN DE VARIABLES DEL ALGORITMO .....	65
1.3 FUNCIÓN OBJETIVO.....	66
1.4 INTERFAZ PARA EL USO DEL ALGORITMO.....	67
1.5 RESULTADOS DE ALGORITMO.....	68
<b>CAPÍTULO 6: PROTOTIPO DEL SISTEMA .....</b>	<b>71</b>
1.1 DESCRIPCIÓN.....	71
1.2 DESARROLLO DE MÓDULOS .....	71
1.2.1 MÓDULO DE SEGURIDAD .....	71

1.2.2	MÓDULO DE PLAN DE VUELO .....	74
1.2.3	MÓDULO DE PUERTA DE EMBARQUE .....	77
1.2.4	MÓDULO DE ASIGNACIÓN DE VUELO .....	80
<b>CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....		<b>84</b>
1.1	CONCLUSIONES .....	84
1.2	RECOMENDACIONES .....	85
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....		<b>87</b>



ÍNDICE DE IMÁGENES

**Figura 1:** Crecimiento del sector Transporte y Comunicaciones [INEI, 2014] ..... 12

**Figura 2:** Evolución Mensual de tráfico de pasajeros a Nivel Internacional [MTC, 2013] ..... 13

**Figura 3:** Estructura básica del Algoritmo Primero el Mejor [Ramirez, C., 2011].. 21

**Figura 4:** Sistema de Vuelo [INDRA, 2014] ..... 36

**Figura 5:** Un diagrama de la posible administración del crecimiento del aeropuerto (Strategy II) [Janic, M., 2011] ..... 39

**Figura 6:** NAVCANinfo [NAVCAN, 2006] ..... 42

**Figura 7:** Sistema de Control y Monitoreo, CMS [SAAB, 2012] ..... 43

**Figura 8:** Software de Gestión ..... 45

**Figura 9:** Software de Gestión ..... 46

**Figura 10:** Diseño de procesos [Fuente propia]..... 52

**Figura 11:** Comportamiento de los servicios web [WSDL, 2001] ..... 54

**Figura 12:** Plan de Vuelo [Fuente propia] ..... 57

**Figura 13:** Información de un vuelo programado [Fuente propia]..... 58

**Figura 14:** Lectura de datos [Fuente propia] ..... 58

**Figura 15:** Resultado de la lectura de datos del Flight Aware API [Fuente propia] ..... 59

**Figura 16:** Información más detallada de los vuelos [Fuente propia]..... 60

**Figura 17:** Relación de entidades en la base de datos [Fuente propia] ..... 64

**Figura 18:** Descripción gráfica de la función objetivo..... 67

**Figura 19:** Pantalla de configuración para datos iniciales del algoritmo [Fuente propia]..... 68

**Figura 20:** Resultado de ejecución de algoritmo [Fuente propia] ..... 69

**Figura 21:** Resultado de asignación de puertas de embarque [Fuente propia] .... 69

**Figura 22:** Resultados de la puerta de embarque N°8 [Fuente propia] ..... 70

**Figura 23:** Prototipo de ventana principal del sistema [Fuente propia]..... 71

**Figura 24:** Prototipo de ventana para Iniciar Sesión [Fuente propia]..... 72

**Figura 25:** Prototipo de Menú Módulo de Seguridad [Fuente propia] ..... 72

**Figura 26:** Prototipo de Menú Administrar Perfil [Fuente propia]..... 73

**Figura 27:** Prototipo de Menú Administrar Personal [Fuente propia] ..... 73

**Figura 28:** Prototipo de Auditoria [Fuente propia] ..... 74

**Figura 29:** Prototipo de Lectura de vuelos [Fuente propia]..... 74

**Figura 30:** Prototipo de Administración de Vuelos [Fuente propia] ..... 75

**Figura 31:** Prototipo de Pendiente de Aprobación [Fuente propia] ..... 75

**Figura 32:** Prototipo de Pendiente de Aprobación [Fuente propia] ..... 76

**Figura 33:** Prototipo de Estado de Vuelos [Fuente propia]..... 76

**Figura 34:** Prototipo de Plan de Vuelo [Fuente propia] ..... 77

**Figura 35:** Prototipo de Administrar Puerta de Embarque [Fuente propia] ..... 78

**Figura 36:** Prototipo de Consulta de distancia [Fuente propia] ..... 78

**Figura 37:** Prototipo de Configuración [Fuente propia]..... 79

**Figura 38:** Prototipo de Historial de Simulaciones [Fuente propia] ..... 79

**Figura 39:** Prototipo de Simulación [Fuente propia]..... 80

**Figura 40:** Prototipo de Asignación de vuelos [Fuente propia] ..... 81

**Figura 41:** Prototipo de Administrar Tarea [Fuente propia]..... 82

**Figura 42:** Prototipo de Administrar Tarea [Fuente propia]..... 82

**Figura 43:** Prototipo de Administrar Tarea [Fuente propia]..... 83

**Figura 44:** Prototipo de Aprobar tareas pendientes [Fuente propia] ..... 83

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1:</b> Plan de actividades para el proyecto de tesis .....	34
<b>Tabla 2.1:</b> Tabla de Cuadro Comparativo de los diferentes sistemas.....	47



## CAPÍTULO 1

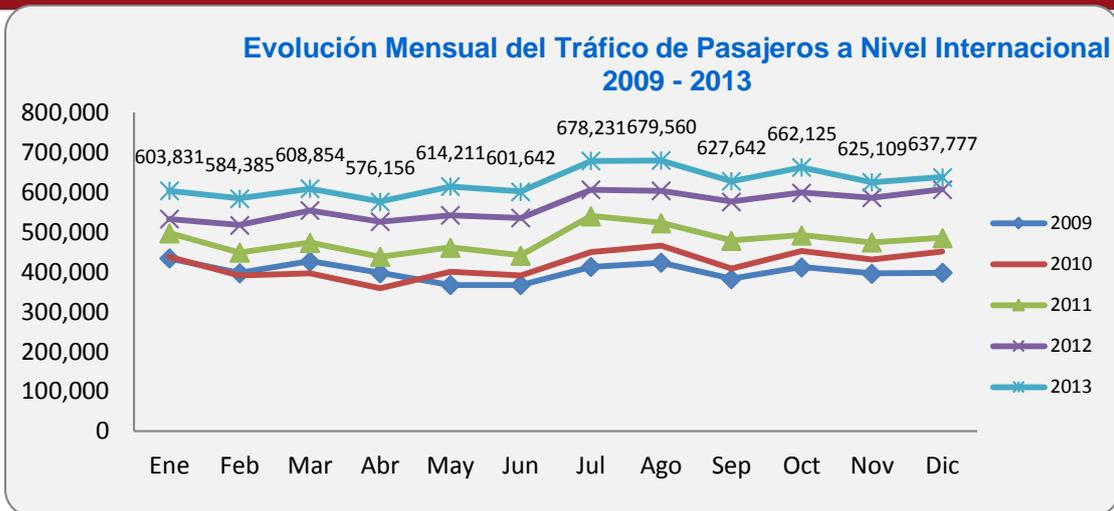
## 1. Problemática

En la actualidad la economía del Perú ha evolucionado satisfactoriamente llegando a ser considerado un país en donde se puede hacer grandes inversiones [BCR, 2013]. Uno de los sectores que generan mayores ingresos es el sector Transporte y Comunicaciones, el cual experimentó un crecimiento del 5,33% el año 2013. El crecimiento del subsector transporte, fue contribuido por el mayor tráfico aéreo de pasajeros y carga. Estos datos se pueden apreciar en la Figura 1 en la que también se muestra el porcentaje de aportación de otros sectores de transportes como el acuático y terrestre.



**Figura 1:** Crecimiento del sector Transporte y Comunicaciones [INEI, 2014]

El Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, el cual forma parte de este crecimiento, retribuye al estado el 46.511% del total de ingresos brutos que equivale a 93670 miles de dólares, dato al año 2012 [LAP, 2012] para hacer las distribuciones establecidas. La fuente de ingresos que genera el aeropuerto se debe al gran número de personas que viajan al Perú. La Figura 2 muestra la evolución de tráfico de pasajeros a nivel internacional desde el año 2009 al 2013. La cifra de este último asciende a 8290.086 de tráfico de pasajeros a nivel internacional. Con respecto a la cifra de tráfico de pasajeros a nivel nacional es de 7,499 [MTC, 2013].



**Figura 2:** Evolución Mensual de tráfico de pasajeros a Nivel Internacional [MTC, 2013]

Los resultados de encuestas realizadas a los pasajeros que llegan y salen del país vía aérea ha contribuido a que el Aeropuerto Jorge Chávez haya sido elegido, por 6ta. vez consecutiva, el primer aeropuerto de Sudamericana [ALN, 2014] según Skytrax Research, una empresa encargada de ayudar a mejorar la experiencia de los aeropuertos. Con la finalidad de seguir siendo considerado el mejor aeropuerto de Sudamérica, el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez debe solucionar el problema de no contar con una adecuada gestión de control de vuelos, ya que esto podría causar un impacto económico negativo, el cual afectaría al crecimiento económico del país.

Este problema ha sido identificado por el personal del Sindicato Unificado de Controladores de Tránsito aéreo y detalladas en una carta registrado con N°108-92 D.N. Reg.CALL Folio 108 Libro 02 dirigida al Señor Dhenis Gamth Cabrera Garrido, quien ocupa el cargo de Gerente General de CORPAC S.A [ATC, 2013]. El problema, básicamente, se debe a la migración de un nuevo sistema de control de tráfico aéreo denominado AIRCON 2100, el cual fue adquirido el año 2013 y desarrollado en tres fases. La implantación de este sistema no permite el monitoreo, control de los vuelos y asignación a puertas de embarque causando un mayor número de problemas, debido a que no cuenta con un sistema de gestión de vuelos.

El problema se intensificó, debido a que en la actualidad el flujo aéreo se ha incrementado generando que ya no se puedan mejorar las comunicaciones internas con respecto a las coordinaciones de asignación y disponibilidad de puertas de embarque, así como la asignación de turno de atención de cada uno de los vuelos de salida.

Además a causa de la implantación del nuevo sistema de gestión de tráfico aéreo se han derivado otros problemas que han sido reportados por el Jefe de Control y trabajadores del área y por ser datos sensibles no se pueden revelar las identidades. Los problemas son los siguientes:

- La información brindada por el FIS (Servicio de información de vuelo) [Corpac, 2014] en tiempo real no es confiable, debido a que las comunicaciones de coordinación internas son engorrosas y eso genera información errada de la situación actual de los vuelos. El organismo que ayuda a simplificar los procesos de coordinación es la Asociación Internacional de Transporte Aéreo, el cual brinda asesoría y soluciones diversas en todos los procesos críticos de un aeropuerto [IATA, 2014].
- No se pueden brindar sugerencias de rutas aconsejadas, debido a que no se conoce con exactitud la distancia y cantidad de aviones dentro de las pistas alternas.
- Los controladores aéreos no pueden realizar una buena gestión del flujo de tráfico aéreo [Enami H, Derakhshan F., 2012], debido a que no se maneja una programación adecuada de los vuelos asignados a cada uno de ellos para su posterior monitoreo. El organismo encargado de verificar si se cuenta con una programación adecuada es la Dirección General de Aeronáutica Civil [Vargas, 2011].
- El agente de control [Enami, 2012] no puede gestionar de manera correcta los vuelos, debido a que la información obtenida del sistema no es confiable; por tanto se apoyan del sistema antiguo para validar la información brindada. Esto genera que aumente el trabajo, pues se tiene que realizar dos verificaciones de información.
- No se puede verificar las acciones que el Asistente de Controlador Aéreo realiza y tampoco el agente de control [Enami, 2012] o jefe de control puede aprobar estas acciones previo análisis, pues los controladores aéreos asumen que ya han sido evaluados y aceptados.

- No se cuenta con las actualizaciones del estado de cada uno de los vuelos programados incrementando así la cantidad de carga laboral a los controladores aéreos, pues son las últimas personas en enterarse de cancelaciones o creación de vuelos de emergencia.
- La carga excesiva de trabajo genera que exista mayor grado de fatiga, el cual no está permitido en los estándares de International Civil Aviation Organization [ICAO, 2011]. Esto puede ser gestionado con un método denominado Sistema de gestión de riesgos de la fatiga [Consejo de Aviación Civil Internacional, 2010].
- No se cuenta con la programación diaria de las actividades de cada uno de los controladores aéreos para poder evaluar la carga de trabajo y tomar acciones preventivas.

Las evidencias anteriores muestran diferentes razones o causales para gestionar correctamente los vuelos que poco a poco se viene incrementando. Es por eso que se plantea un sistema de información para la gestión de vuelos que incluirá la implementación de un algoritmo que permita la optimización de los tiempos de abordaje y la asignación de vuelos a puertas de embarque considerando los vuelos con prioridad como los de emergencia. Asimismo, se va a considerar dentro del sistema, la asignación de vuelos a controladores aéreos con la finalidad de tener la programación diaria de cada uno de ellos.

La información en tiempo real será proporcionada por la herramienta Flight Tracking and Flight Status API.

En efecto, con una mejor distribución del tiempo en cada una de las operaciones, se lograría convertir al Aeropuerto Internacional Jorge Chávez en el mejor de Latinoamérica, pues cumpliría sus servicios en las horas programadas y sin retraso alguno, cumpliendo estándares de calidad que son exigibles para el funcionamiento de un aeropuerto. Su aplicación ayudaría a cumplir los requerimientos de los clientes e incrementaría sus ingresos.

### 1.1 Objetivo General

Analizar, diseñar e implementar un sistema de gestión de vuelos de salida.

## 1.2 Objetivos específicos

- Objetivo 1: Modelar los procesos para la gestión de vuelos de salida para la planificación, control y monitorización de estos.
- Objetivo 2: Desarrollar una interface con el servicio web Flight Aware para la obtención de la información real de los vuelos programados.
- Objetivo 3: Diseñar un algoritmo Primero el mejor que permita la gestión de los vuelos de salida por prioridad considerando el número de puertas de embarque, cantidad de pasajeros, tiempo promedio de embarque por persona y tiempo de embarque promedio por equipaje, tiempo extra y velocidad máxima del avión en el interior del aeropuerto.
- Objetivo 4: Implementar un prototipo funcional del software que soporte los proceso para la gestión de vuelos de salida.

## 1.3 Resultados esperados

- Resultado 1 para el objetivo específico 1: Documento de modelado de procedimientos para los procesos de planes de vuelo, control y monitorización.
- Resultado 2 para el objetivo específico 2: Módulo que permita la lectura de la información en tiempo real de todos los vuelos que se aproximan al Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.
- Resultado 3 para el objetivo específico 3: Algoritmo Primero el Mejor que permita la gestión de los vuelos de salida por prioridad considerando el número de puertas de embarque, cantidad de pasajeros, tiempo promedio de embarque por persona y tiempo de embarque promedio por equipaje, tiempo extra y velocidad máxima para optimizar el tiempo de abordaje de los vuelos de salida.
- Resultado 4 para el objetivo específico 4: Prototipo funcional del software Sistema de Información que soporte los proceso para la gestión de vuelos de salida.

## 2. Herramientas, Métodos, Metodologías y Procedimientos

### 2.1 Introducción

A continuación se mostrarán las herramientas, métodos y procedimientos necesarios para alcanzar los resultados.

Resultados esperados	Herramientas a usarse
RE1: Documento de modelado de procedimientos para los procesos de	<b>Microsoft Word</b> es un software que es usado para el

<p>planes de vuelo, datos de vigilancia, control y monitorización; y simulación.</p>	<p>procesamiento de texto.</p> <p><b>Business Process Modeling Notation o BPMN (Notación para el Modelado de Procesos de Negocio)</b> es una notación gráfica estandarizada que permite el modelado de procesos de negocio en un formato de flujo de trabajo.</p> <p><b>Bizaggi Process Modeler</b> es una herramienta que permite realizar el modelado de los procesos de negocio.</p>
<p>RE2: Módulo que permita la lectura de la información en tiempo real de todos los vuelos que se aproximan al Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.</p>	<p><b>Método para lectura de Datos</b> el cual es la parte que permitirá la lectura de datos de la información siguiendo la estructura del archivo y será obtenida por la aplicación Flight Tracking descrita a continuación.</p> <p><b>Flight Tracking and Flight Status API</b> es un conjunto de funciones y procedimientos que proporciona, en tiempo real, datos sobre vuelos, información aeroportuaria, mapas meteorológicos, planificación de vuelos y cartas de navegación.</p>
<p>RE3: Algoritmo Primero el Mejor que permita la gestión de los vuelos de salida por prioridad considerando el número de puertas de embarque, cantidad de pasajeros, tiempo promedio de embarque por persona y tiempo de embarque promedio por equipaje, entre otros para lograr optimizar el tiempo de</p>	<p><b>Visual Studio</b> es un entorno de desarrollo integrado para sistemas operativos Windows que soporta varios lenguajes de programación como C#, Visual Basic, C++, etc.</p> <p><b>Algoritmo Primero el Mejor</b> es un procedimiento que permite</p>

<p>abordaje de los vuelos de salida.</p>	<p>ubicar el mejor de los elementos bajo ciertas condiciones que se deben cumplir.</p>
<p>RE4: Prototipo funcional del software Sistema de Información que soporte los proceso para la gestión de vuelos de salida.</p>	<p><b>Visual Studio</b> es un entorno de desarrollo integrado para sistemas operativos Windows que soporta varios lenguajes de programación como C#, Visual Basic, C++, etc.</p> <p><b>StartUML</b> es una herramienta desarrollada para el diseño de diagramas UML que serán requeridas dentro de algunas de las fases de RUP.</p> <p><b>RUP (Rational Unified Process)</b> es una metodología que se usará a lo largo de todo el proyecto para el desarrollo del proyecto.</p>

## 2.2 Herramientas

➤ Bizaggi Process Modeler:

Es una herramienta para el modelado de procesos de negocio de una empresa que ayuda en la comprensión de los procesos de negocio interno a través de una notación gráfica establecida. Esto ayuda a las empresas a entender sus propios procesos y también a los implicados en cada proceso. [BIZ, 2014].

*Justificación:*

El uso de esta herramienta beneficia el desarrollo del proyecto, ya que permite el modelado de los procesos de Asignación de puerta de embarque y Turno de vuelos de salida. Asimismo, esta herramienta permite identificar los actores involucrados en cada uno de los procesos antes mencionados.

➤ Visual Studio:

Es un IDE (entorno de desarrollo integrado) desarrollado por Microsoft, el cual posee un conjunto de herramientas de desarrollo de software basado en componentes para crear aplicaciones y servicios web. Su diseño cuenta con

estándares y protocolos de Internet tales como: XML y SOAP [Templeman & Vitter, 2001].

*Justificación:*

Esta IDE será de gran utilidad, pues se cuenta con los conocimientos necesarios para el uso de la IDE, de sus librerías y los frameworks existentes. Además de eso, brinda una interfaz amigable para el desarrollo de la aplicación. Esta herramienta será usada tanto para el desarrollo del sistema de información como para el algoritmo que se usará para la asignación de vuelos a puertas de embarque.

➤ StartUML:

Herramienta CASE (Computer Aided Software Engineering) de libre instalación que permite diseñar diagramas UML, facilitan el proceso de análisis y desarrollo de Software durante algunas etapas del ciclo de vida de desarrollo del Software.

A parte de eso, esta herramienta sirve para mejorar el producto final del software, ya que permite una normalización y automatización de cierta parte de los procesos de software, facilita el progreso de los procesos y permite saber cuál es el flujo de ejecución de las actividades involucradas.

Los diagramas que se pueden elaborar con la herramienta son las siguientes: diagramas de casos de uso, diagrama de clases, diagrama de secuencia, diagrama de estado, diagrama de actividades, diagrama de componentes, diagrama de despliegue y diagrama de estructura compuesta [López Ortega & Santa Villa, 2012].

*Justificación:*

La utilidad de esta herramienta es indispensable para el diseño de los diagrama de casos de uso, diagrama de clase, diagrama de estado, diagrama de componentes y diagrama de despliegue, los cuales son necesarios para la fase de análisis de la metodología RUP. Además, la elección de esta herramienta es porque se cuenta con los conocimientos necesarios para su uso sin alguna dificultad.

➤ Microsoft Word:

Es un software destinado al procesamiento de texto desarrollado por la empresa Microsoft y actualmente viene integrado en un paquete comercial conocido como Microsoft Office [WORD, 2014].

*Justificación:*

Herramienta de gran utilidad, pues será usada para la realización de la documentación necesaria en el desarrollo de todo el proyecto.

➤ Flight Tracking and Flight Status API:

Es una herramienta que proporciona, en tiempo real, datos sobre vuelos, información aeroportuaria, mapas meteorológicos, planificación de vuelos y cartas de navegación, así como también fotos y noticias del ámbito aeronáutico. Este web service recomienda el uso del FlightXML 2.0 con el "Simple Object Access Protocol" (SOAP). [Flight Aware, 2014].

*Justificación:*

Esta herramienta proporcionará información en tiempo real de los vuelos que salen del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, datos que serán necesarios como entrada del algoritmo que se desarrollará para la asignación de los vuelos. Esta información se puede acceder mediante una suscripción en la página web de la empresa desarrolladora llamada Flight Aware.

➤ Telerik UI WinForms:

Es un framework que está disponible para compra individual, o como parte de Telerik DevCraft- el paquete del producto final para los desarrolladores profesionales dirigidas a las plataformas de Microsoft. Se tiene acceso a un completo grupo de productos que ayudarán a construir una web, aplicación móvil o de escritorio. Está disponible para todas las plataformas .NET y ASP.NET AJAX HTML5, Silverlight, WPF, Windows Forms y Windows 8. Asimismo cuenta con incluye Telerik Reporting Q2 que permite darle estilos al reporte, crear interactivos gráficos y entregar información pertinente de cualquier base de datos [Telerik, 2014].

*Justificación:*

Este framework ayudará a obtener mejores reportes que puedan representarse mediante gráficos, además brinda varias opciones de componentes que permiten que la información pueda ser organizada de una mejor manera. La elección se debió a que se posee buenos conocimientos sobre el manejo de este framework y también a los buenos estilos de diseño que brinda.

## 2.3 Métodos y Procedimientos

### ➤ Algoritmo Primero el Mejor

Es un procedimiento iterativo de búsqueda heurística<sup>1</sup> que está basado en algoritmos de búsqueda basado en grafos. Esto significa que el espacio de búsqueda puede ser representado como una serie de nodos conectados por caminos. El funcionamiento del algoritmo se refiere a buscar el nodo con el mejor “puntaje” primero. Luego, una función de evaluación se utiliza para asignar una puntuación a cada nodo candidato. Este algoritmo mantiene dos listas, una que contiene una lista de candidatos aún por explorar (lista abierta) y otro que contiene una lista de nodos visitados (lista cerrada). Dado que todos los nodos sucesores no visitados de cada nodo visitado están incluidos en la lista abierta, el algoritmo no se limita a solo explorar nodos sucesores del nodo más reciente visitado. En otras palabras el algoritmo siempre elige el mejor de todos los nodos no visitados que han sido representados gráficamente, en lugar de limitarse a solo un pequeño subconjunto como vecinos inmediatos [Dechter, 1985].

El algoritmo es representado en pseudocódigo como se muestra en la Figura 3.

```

1  L ← nodo raíz.
2  Si L vacío, fallo, stop.
   Sino, n ← extra-mínimo-f(L)
3  Si n es solución, retornar el camino desde la raíz,
   stop.
   Sino, generar los sucesores de n.
4  Añadir a L los sucesores de n, etiquetando sus
   respectivos caminos desde la raíz.
   Ir a 2.
  
```

**Figura 3:** Estructura básica del Algoritmo Primero el Mejor [Ramirez, C., 2011].

## 2.4 Metodologías

### ➤ GUIA PMBOK DE PMI

La metodología que se usará para la gestión de los procesos de gerenciamiento del presente proyecto será la GUIA PMBOK de PMI (Project Management Institute). La elección de esta metodología se basó en varios motivos:

- Metodología aplicable a un amplio rango de proyectos.

<sup>1</sup> Heurística: Se refiere a una regla de resolución de problemas en general o conjunto de normas que no garantizan la mejor solución o incluso cualquier solución, pero sirve como una guía útil para la resolución de problemas.

- Es un estándar aplicable a la gestión de proyectos [IEEE Standar Association, 2008].
- Metodología que es descriptiva, pues permite mostrar el nivel de actividad de cada proceso basado en el tiempo.
- Permite mejorar las debilidades de la metodología RUP, el cual será usado en combinación con esta metodología [Wong, 2014].
- PMBOK se centra en el alcance de todo el proyecto. Para el monitoreo y control del alcance del proyecto, verifica e inspecciona el alcance de todo el proyecto. Esta verificación consiste en lograr la aceptación formal por parte de los interesados del alcance del proyecto y los entregables relacionados.
- Esta metodología propone un plan de comunicaciones que consiste en identificar de qué manera el desarrollador (el tesista) y los interesados se van a comunicar interna u externamente, su periodicidad, la forma o medio y sobre todo a quiénes va dirigida esta comunicación tales como uso de métodos y tecnologías de comunicación.

PMBOK reconoce 5 grupos de procesos básicos y 9 áreas de conocimiento para la cuarta edición. Dentro de los procesos básicos se tiene los siguientes:

- **Iniciación:**  
Autorización y justificación de los proyectos o fases de los mismos.
- **Planificación:**  
Definición de objetivos y planificación de las actividades.
- **Ejecución:**  
De los procesos destinados a completar el trabajo definido considerando la coordinación de personas y recursos.
- **Seguimiento y control:**  
Medición, supervisión del progreso y desempeño del proyecto.
- **Cierre:**  
Aceptación del producto, servicio o resultado.

Por tanto, las áreas de conocimiento que se considerarán para el proyecto son las siguientes:

- **Gestión de integración del proyecto:**  
Se considerará realizar los procesos y actividades involucradas, con la finalidad de identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades que existirán durante el proyecto. Asimismo, está

área es muy importante, pues permite definir los procedimientos para el cierre de las fases del proyecto.

*Aplicación al proyecto:*

Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto (Anexo 7: Documento de Visión)

Monitorear y controlar las actividades (Diagrama de Gantt)

Cerrar proyecto o fases (Estructura de descomposición del trabajo)

- Gestión del Alcance del proyecto:

Área importante que permite delimitar el alcance del proyecto para poder garantizar que el proyecto se ha completado con éxito. Asimismo, al aplicar esto, se lograría la división de las tareas con la finalidad de lograr una buena planificación de actividades que permitan completar los resultados esperados del proyecto de una manera efectiva haciendo uso de técnicas como EDT (Estructura de descomposición del trabajo), juicio de expertos o identificación de alternativas.

*Aplicación al proyecto:*

Recopilar requisitos (Anexo 1: Catálogo de requisitos)

Definir el alcance (Anexo 7: Documento de Visión)

Crear EDT (Estructura de descomposición del trabajo)

- Gestión del Tiempo del Proyecto:

La aplicación de esto generará un cronograma de desarrollo del proyecto para poder estimar los tiempos y realizar las actividades que se desarrollarán durante todos los procesos del proyecto. Además, esto permitirá localizar las dependencias de cada una de las actividades, el cual permitirá que el proyecto se culmine en el tiempo estimado.

*Aplicación al proyecto:*

Definir las actividades (Diagrama de Gantt)

Secuenciar las actividades (Diagrama de Gantt)

Estimar duración de las actividades (Diagrama de Gantt)

Desarrollar el cronograma (Diagrama de Gantt)

Controlar el cronograma (Diagrama de Gantt)

- **Gestión de la Calidad del Proyecto**  
Los diferentes entregables y resultados del proyecto deben cumplir con ciertos criterios para pasar a ser aceptados, es por ello que se realizan las tareas de aseguramiento de la calidad, las cuales al ser aprobadas garanticen la calidad de cada una de las partes que componen el proyecto.

*Aplicación al proyecto:*

Planificar la Calidad (Estrategia de Pruebas)

Realizar el aseguramiento de la calidad (Anexo 5: Documento Plan de Pruebas)

Realizar el control de la calidad (Anexo 5. Documento Plan de Pruebas)

- **Gestión de las Comunicaciones del Proyecto:**  
Se considerará realizar la planificación de las comunicaciones para controlar el desempeño del proyecto y las relaciones existentes tanto entre el tesista el asesor y los profesores durante el avance del proyecto. Asimismo, se va a poder realizar el seguimiento a la forma en que se está utilizando los recursos para lograr los objetivos del proyecto.

*Aplicación al proyecto:*

Planificar las Comunicaciones (Reuniones con Asesor, Profesores, Coordinadores y Usuarios especializados)

Informar el desempeño (Reuniones con Asesor, Profesores Coordinadores)

- **Gestión de los Riesgos del Proyecto:**  
Es de vital importancia definir los procesos de gestión de riesgos del proyecto para que estos sean identificados, planificados, monitorizados y controlados con la finalidad de que cuando ocurra algún riesgo se pueda usar el plan de contingencia y mitigación.

*Aplicación al proyecto:*

Planificar la gestión de riesgos (Anexo 6: Análisis de Riesgos)

Identificar los riesgos (Anexo 6: Análisis de Riesgo)

Planificar la respuesta a los riesgos (Anexo 6: Análisis de Riesgo)

- Gestión de los Costos del Proyecto  
Ya que el proyecto no está siendo desarrollado con un ajuste de presupuesto, pues no está siendo desarrollado para una empresa en particular, entonces no es relevante realizar una gestión de costos.
  
  - Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto  
No aplica al proyecto, ya que es realizado por una sola persona y no se incurrirá en el reclutamiento de recursos que tengan que ser tomados en cuenta.
  
  - Gestión de las Adquisiciones del Proyecto  
En referencia a esto no se incurrirá en una gran cantidad de adquisiciones por lo que no será necesario llevarlo a cabo.
- RUP (Rational Unified Process)
- La metodología que se usará para el desarrollo de software del presente proyecto ya que es aplicable para este sistema de información [RUP, 2014].
- Esta metodología será combinada con PMBOK, debido a que se tienen algunas debilidades con respecto al gerenciamiento de proyectos, pues se centra solo en el desarrollo del Software y no del proyecto.
- Asimismo, no se cuenta con técnicas o herramientas adecuadas para el desarrollo del plan de Gestión del Alcance del proyecto. Tampoco se permite el monitoreo y control del alcance del proyecto. Por último, esta combinación hará posible que, en un futuro, se pueda tener un mejor control de la Gestión de Costos, Recursos y Adquisiciones, así como también se podrá manejar la administración de acuerdos tomando como referencia al asesor y profesores del curso como los clientes.
- Por tanto, los procesos de Iniciación y Planificación del PMBOK se realizarán en la primera fase del RUP. Ejecución, Seguimiento y Control y Cierre se realizarían en las demás fases del RUP conforme avance el proyecto.
- RUP cuenta con 4 fases del ciclo de vida y cada una de ellas posee sus respectivos entregables entre los cuales se tiene:
- Iniciación:  
Definición del alcance del proyecto y los riesgos asociados. A su vez, este propone la visión general del software y las fases e iteraciones posteriores.
  - Elaboración:

Diseña la solución preliminar en base a los requisitos definidos en el alcance para poder definir la arquitectura del sistema.

- **Construcción:**  
Realización de la construcción del software contemplando todas las funcionalidades requeridas por el usuario e incluyendo los cambios que podrían darse en el transcurso del desarrollo del proyecto.
- **Transición:**  
Preparación del producto para la entrega final garantizando el funcionamiento correcto en la puesta a producción.

Sin embargo, para el desarrollo del presente proyecto se aplicarán las siguientes fases:

- **Iniciación:**  
Es muy importante ya que esto involucra considerar todos los procesos e actividades que se desarrollaran en el proyecto para poder definir, combinar, unificar y coordinar las diversas actividades y procesos que existirán durante todo el proyecto.

*Aplicación al proyecto*

Documento de Visión (Anexo 7)

Análisis de Riesgo (Anexo 6)

Plan de actividades

- **Elaboración:**  
Esta fase permite delimitar el alcance del proyecto para garantizar que el proyecto se complete con éxito. A su vez, también permite la división de las tareas para poder realizar una buena planificación de las actividades, las cuales permitirán completar los resultados del proyecto.

*Aplicación al proyecto*

Especificaciones de casos de uso (Anexo 2)

Documento de Análisis (Anexo 3)

Modelado de la base de datos (Anexo 3)

Documento de Arquitectura (Anexo 4)

Secuencias las actividades (Diagrama de Gantt)

Estimar duración de las actividades (Diagrama de Gantt)

- **Construcción:**

La aplicación de esta fase permite manejar un cronograma de desarrollo de proyecto de manera clara para distribuir y estimar los tiempos para cada una de las actividades que se desarrollaran en el proyecto. Asimismo, este permite identificar las dependencias de cada una de las actividades y poder así terminar el proyecto en el tiempo estimado.

*Aplicación al proyecto:*

Módulos con Implementación terminada (Primera Iteración, Segunda Iteración, Tercera Iteración)

Documento de Plan de Prueba (Anexo 5)

### **3. Alcance**

El presente proyecto está orientado a la gestión de vuelos de salida que se realiza en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez. La elección de esto se debe a que es la principal salida al país de varios turistas y peruanos que deben gozar de un servicio de calidad en relación al tiempo, el cual es primordial para el desarrollo de cualquier servicio.

En relación a la información que servirá como entrada para la ejecución del algoritmo, será extraída de una herramienta llamada Flight Aware, el cual posee un API que contiene la información necesaria.

El software permitirá la optimización de los tiempos de abordaje de los vuelos de salida desde la puerta de embarque hasta la pista principal. Además, se permitirá la asignación de vuelos a los controladores aéreos para la monitorización de estos. El sistema controlará todos los procesos involucrados antes de que el avión se encuentre en el aire.

En síntesis, este proyecto busca concientizar, en parte, a las personas involucradas sobre cuán importante es contar con un sistema que genere información sin errores permitiendo a los trabajadores disminuir la carga laboral que se puede tener en un puesto de trabajo con alto grado de riesgo operacional y estrés.

#### **3.1 Limitaciones**

- El software será desarrollado en un plazo no mayor a 3 meses.
- Será necesario contar con internet para poder obtener la información en tiempo real de los vuelos.

- El software será una aplicación para escritorio.
- La asignación de las puertas de embarque se realizará para todos los vuelos del día.
- Se deberá ejecutar el algoritmo entre 2 o 3 horas antes que comience el día.
- La asignación de vuelos a controladores será un máximo de 13 vuelos. Este número varía de acuerdo al flujo del tráfico aéreo.
- El software soportará la cantidad máxima de 23 puertas de embarque.
- Se considera el horario de trabajo permitido por los estándares internacionales de aeronáutica que es de 8 horas diarias.
- En caso no se cuente con internet, el sistema podrá cargar un archivo CSV (Valores separados por comas) con todos los vuelos programados o en su defecto, crearlos mediante el sistema uno por uno.

### 3.2 Riesgos

En esta sección, se presentará de forma detallada los posibles riesgos que se pueden presentar a lo largo de la ejecución del proyecto, así también, se mencionará su impacto sobre el proyecto, y las medidas correctivas para su mitigación.

Riesgo identificado	Impacto en el proyecto	Medidas correctivas para mitigar
Pocos conocimientos para un buen modelamiento de los procesos de negocio usando BPMN.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retraso en el proyecto</li> <li>• Modelado del proyecto sin considerar los procesos básicos importantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar sobre el modelado de procesos usando BPMN y buscar ejemplos de proyectos desarrollados usando la misma metodología.</li> </ul>
Falla de conexión de base de datos en el servidor elegido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demora en el testeo del proyecto.</li> <li>• Retraso del proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajar con una base de datos local.</li> </ul>
Falla de conexión a Internet del API para obtener la información de los vuelos en tiempo real.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacto bajo en el proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar data histórica de días anteriores como input para la ejecución del algoritmo.</li> </ul>
Equipo de trabajo en la que se implementa el	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retraso del proyecto</li> <li>• Desaprobación del</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar un repositorio disponible para ser</li> </ul>

proyecto puede presentar fallas técnicas, las cuales impiden que se pueda continuar con el desarrollo del proyecto.	entregable en el que se requería alguna presentación del avance del proyecto	usado en cualquier ordenador.  • Contar con la disponibilidad de otro ordenador para seguir con el desarrollo del proyecto.
Retraso en la recepción de las correcciones del asesor de los entregables del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retraso del proyecto.</li> <li>• Entregables que no cumplen con las correcciones generando poca aceptación o desaprobación de esa presentación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar el control de la ejecución de cada actividad del EDT</li> <li>• Coordinar con el asesor una fecha adecuada y pronta para la revisión del entregable.</li> </ul>
Mala planificación para la realización del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retraso del proyecto.</li> <li>• Ausencia de entregables completos</li> <li>• Desaprobación de la presentación del entregable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar el EDT para verificar que todo el alcance sea abarcado y que los entregables sean realizados y entregados a tiempo.</li> </ul>

Para mayor detalle de estos riesgos u otros riesgos relacionados con el proyecto véase Anexo 6: Análisis de Riesgos.

#### 4. Justificativa y Viabilidad del proyecto

##### 4.1 Justificativa

Se necesita un sistema de información de este tipo, ya que el tráfico aéreo se ha incrementado y esto genera mayores operaciones tanto de salida como de entrada de aviones. Debido a eso, se puede generar mayores complicaciones en los tiempos de abordaje de los vuelos de salida, pues se tendrá que mantener comunicación con varias personas para lograr una correcta asignación de un vuelo a una puerta de embarque como se hace hoy en día. El realizar estas operaciones de forma manual crea complicaciones en la coordinación y demoras en las asignaciones de los vuelos que a su vez genera retrasos en las horas de salida de cada uno de los vuelos.

Esta situación causaría un gran impacto económico, pues el Aeropuerto es la principal entrada y salida del país de varios turistas que podrían hacer comentarios negativos del servicio que brinda el Aeropuerto. Por tanto, el contar con un sistema que permita la gestión adecuada de cada una de las actividades que involucra la asignación de vuelos y puertas de embarque ayudaría a disminuir las complicaciones de coordinaciones que se presenten, mejoras en la distribución de los tiempos de abordaje y aumentaría la satisfacción en los usuarios. Asimismo, mejoraría el servicio que brindan las empresas como CORPAC y LAP, pues obtendrían un mayor prestigio y podrían seguir obteniendo la concesión del Aeropuerto.

El impacto social que tendría la implantación del software sería el grado de complacencia por parte de los usuarios y se vería reflejado en el Ranking que se realiza entre Aeropuertos elaborado por la empresa SKYTRAX que toma en consideración los mejores índices de puntualidad u OTP (on- time performance) para lograr una mejor posición dentro del Continente Americano [SKYTRAX, 2014]. Asimismo, generaría un impacto positivo en el servicio de abordaje, pues se podría evitar el abordaje tradicional mediante el uso de buses en el interior del aeropuerto.

#### **4.2 Viabilidad**

El desarrollo del presente proyecto de tesis es viable técnicamente, ya que se puede acceder a todas las herramientas y las metodologías para poder alcanzar el objetivo general. Estas herramientas han sido usadas durante todo el transcurso del estudio de la carrera de pregrado de Ingeniería Informática y ya se cuenta con la experiencia suficiente.

Asimismo, es viable económicamente ya que no se necesitarán licencias para el uso de las herramientas con las que se desarrollan el proyecto, pues se cuenta con licencias gratuitas estudiantiles dentro de las instalaciones PUCP o dentro de DreamSpark Premium, cuenta personal otorgada para uso exclusivo de alumnos de la carrera de Ingeniería Informática. El API Flight Aware para la consulta de vuelos en tiempo real, se podrá obtener con una suscripción a la página que desarrolla esa herramienta. Por tanto, deja sin efecto cualquier limitación financiera.

Por otro lado, es viable temporalmente, ya que se cuenta con un tiempo prudente para entregar el producto con todas las pruebas de calidad y rendimiento para garantizar el funcionamiento correcto. Asimismo, se ha realizado la descarga del Flight Aware API que

proporcionará la información en tiempo real con la finalidad de que este no retrase el desarrollo del proyecto. Las actividades que se realizarán a lo largo del proyecto y la duración del proyecto se podrán apreciar en el plan de actividades, que será mostrado en la Tabla 1.1.



5. Plan de actividades

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
<b>Proyecto de Fin de Carrera</b>	64 días	mié 20/08/14	lun 17/11/14
<b>Documento de modelado de procedimientos para los procesos de planes de vuelo, control y monitorización</b>	<b>9 días</b>	<b>mié 20/08/14</b>	<b>lun 01/09/14</b>
Modificaciones en los documentos previos realizados en Tesis 1	1 día	mié 20/08/14	mié 20/08/14
Desarrollo del documento previo del modelado - Recopilar información sobre los módulos restantes	3 días	jue 21/08/14	lun 25/08/14
<b>Reunirse con el asesor</b>	1 día	lun 25/08/14	lun 25/08/14
Realizar un manual de anotación (1)	1 día	lun 25/08/14	lun 25/08/14
Documento de modelado con avance al 75% - Realización de pruebas del modelo realizado en la herramienta Bizzagi	2 días	mar 26/08/14	mié 27/08/14
<b>Exponer el Entregable 1</b>	1 día	lun 01/09/14	lun 01/09/14
<b>Módulo de lectura de datos para obtener la información real de los vuelos de salida del Aeropuerto Jorge Chávez</b>	<b>9 días</b>	<b>mar 02/09/14</b>	<b>vie 12/09/14</b>
Documento de modelado con avance al 100% - Realización de pruebas del modelo realizado en la herramienta Bizzagi	2 días	mar 02/09/14	mié 03/09/14
Búsqueda de información para el uso del API - Implementación de la parte gráfica del Módulo de lectura	2 días	mié 03/09/14	jue 04/09/14
<b>Reunirse con el asesor</b>	1 día	lun 08/09/14	lun 08/09/14
Implementación del Módulo de lectura	3 días	lun 08/09/14	mié 10/09/14
<b>Exponer el Entregable 2</b>	1 día	lun	lun

		15/09/14	15/09/14
<b>Algoritmo Primero el mejor para gestión de vuelos de salida usando las variables de capacidad de pasajeros, tiempo promedio de abordaje por pasajero, tiempo promedio por equipaje, cantidad de puertas de embarque, entre otros.</b>	<b>11 días</b>	<b>lun</b> <b>15/09/14</b>	<b>lun</b> <b>29/09/14</b>
Avance con investigación para implementación de algoritmo Primero el mejor	2 días	mar 16/09/14	mié 17/09/14
Determinar las características/variables que serán usadas para el algoritmo	1 día	mar 16/09/14	mar 16/09/14
Implementar el algoritmo Primero el mejor para poder gestionar los vuelos de salida.	4 días	mié 17/09/14	lun 22/09/14
<b>Reunirse con el asesor</b>	1 día	lun 22/09/14	lun 22/09/14
Implementar el algoritmo Primero el mejor para poder gestionar los vuelos de salida - Avance del prototipo del software	4 días	mar 23/09/14	vie 26/09/14
<b>Exponer el entregable 3</b>	1 día	lun 29/09/14	lun 29/09/14
<b>Prototipo funcional de software del Sistema de Información</b>	<b>30 días</b>	<b>mar</b> <b>30/09/14</b>	<b>lun</b> <b>10/11/14</b>
Elaboración del documento necesario para el desarrollo del software	4 días	mar 30/09/14	vie 03/10/14
Desarrollar la interfaz gráfica y aplicación de los componentes (1)	2 días	sáb 04/10/14	lun 06/10/14
<b>Reunirse con el asesor</b>	1 día	lun 06/10/14	lun 06/10/14
Desarrollar la interfaz gráfica y aplicación de los componentes (2)	4 días	mar 07/10/14	vie 10/10/14
<b>Reunirse con el asesor</b>	1 día	lun 13/10/14	lun 13/10/14
Desarrollar la interfaz gráfica y aplicación de los componentes (3)	2 días	vie 17/10/14	lun 20/10/14
<b>Reunirse con el asesor</b>	1 día	lun	lun

		20/10/14	20/10/14
Modificaciones sugeridas por el asesor (1)	5 días	mar 21/10/14	dom 26/10/14
<b>Exposición Parcial</b>	1 día	lun 27/10/14	lun 27/10/14
Modificaciones sugeridas por el asesor (2)	2 días	mar 28/10/14	mié 29/10/14
Revisar que el software esté funcionando correctamente (1)	2 días	jue 30/10/14	vie 31/10/14
<b>Reunirse con el asesor</b>	1 día	lun 03/11/14	lun 03/11/14
Revisar que el software esté funcionando correctamente (2)	3 días	mar 04/11/14	jue 06/11/14
<b>Reunirse con el asesor</b>	1 día	jue 06/11/14	jue 06/11/14
Revisar que el software esté funcionando correctamente (3)	2 días	vie 07/11/14	lun 10/11/14
<b>Exposiciones Finales</b>	<b>6 días</b>	<b>lun 10/11/14</b>	<b>lun 17/11/14</b>
<b>Exposición Final - Grupo D</b>	1 día	lun 10/11/14	lun 10/11/14
<b>Exposición Final - Grupo C</b>	1 día	lun 17/11/14	lun 17/11/14
<b>Cierre del proyecto</b>	1 día	lun 15/12/14	lun 15/12/14

**Tabla 1.1:** Plan de actividades para el proyecto de tesis

## CAPÍTULO 2

### 1. Marco teórico

#### 1.1 Marco conceptual

##### 1.1.1 Introducción

El siguiente apartado tiene como finalidad describir los conceptos que son necesarios para el entendimiento de la problemática. Asimismo, se incluirá conceptos relacionados con la solución planteada.

##### 1.1.2 Objetivo del marco conceptual

El presente marco conceptual tiene por objetivo principal conocer todo lo relacionado a la problemática, describiendo algunos conceptos que involucran normas, estrategias, teorías, estándares, métodos y políticas que se deben cumplir para con esto lograr una mejor comprensión del problema que se quiere solucionar.

##### 1.1.3 Conceptos sobre aeronáutica

- Información de tráfico:  
Información emitida por una dependencia de servicios de tránsito aéreo para alertar a un piloto sobre el tráfico aéreo conocido u observado que puede estar en la proximidad de la posición o ruta prevista de vuelo y para ayudar al piloto a evitar una colisión [ICAO, 1996].
- Ruta Aconsejada:  
Una ruta designada a lo largo de la cual el servicio de asesoramiento de tránsito aéreo está disponible [ICAO, 2013].  
El Servicio de control de tráfico aéreo ofrece un servicio mucho más completo que el servicio de asesoramiento de tránsito aéreo, áreas de asesoramiento y rutas, por tanto, no se ha establecido dentro del espacio aéreo controlado, pero el servicio de asesoramiento de tránsito aéreo podrá realizarse por debajo y por encima de las zonas de control.
- FIS:  
Es un servicio de información que los Operadores de Estación Aeronáuticas y Operadores AFIS, brindan a los pilotos acerca del tránsito de otras aeronaves que se desplazan en su trayectoria y que son de interés para mantener la seguridad aérea [Corpac, 2014].

- AIRCON 2100:

Ofrece uno de los sistemas de control del tráfico aéreo automatizados que reúne los estándares y recomendadas prácticas en la gestión de tráfico aéreo de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). En la Figura 4 se muestra el flujo de tráfico aéreo con las respectivas direcciones que toman los aviones [INDRA, 2014].

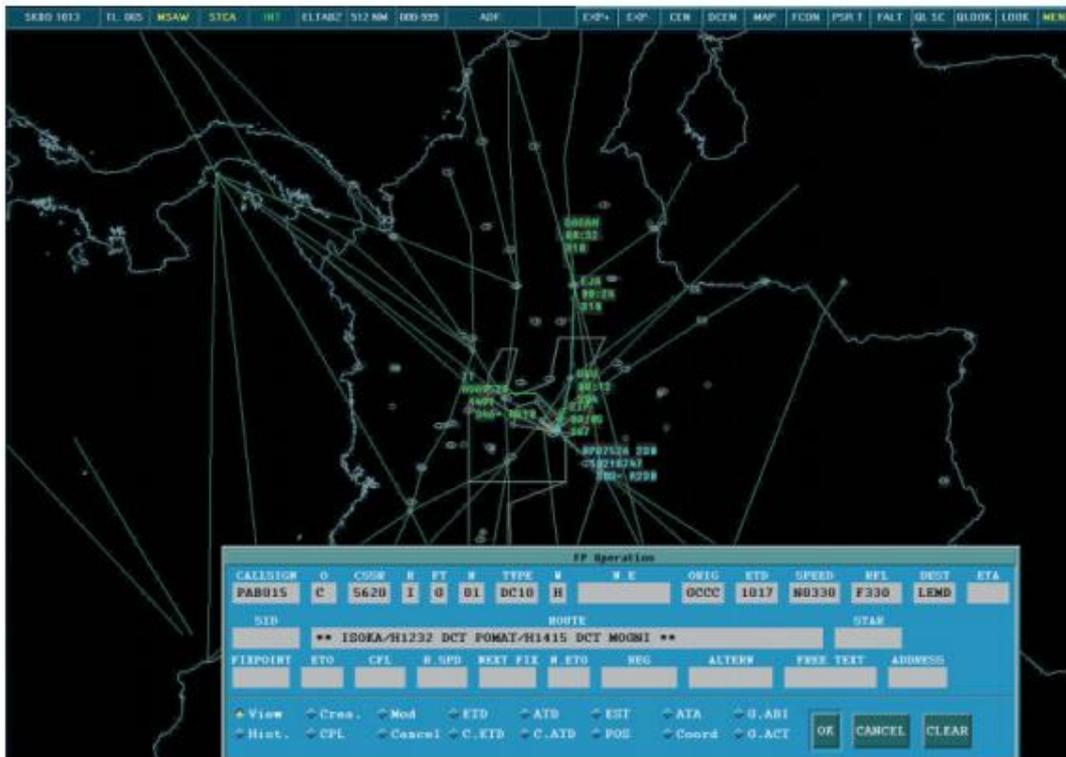


Figura 4: Sistema de Vuelo [INDRA, 2014]

- Agente de control:

Es la persona que puede tomar decisiones de control, tales como el flujo y asignación de puertas de embarque [Enami H, Derakhshan F., 2012] Enami, H; Derakhshan,F, 2012].

- Gestión del flujo de tráfico aéreo:

Considera la trayectoria de un avión tripulado o no tripulado durante todas las fases del vuelo y gestiona la interacción de esa trayectoria con otras trayectorias o riesgos para lograr el resultado óptimo del sistema, con una mínima desviación de la trayectoria de vuelo requerido por el usuario, siempre que sea posible. Además, contribuye con el objetivo de una circulación segura y ordenada del tránsito aéreo [Enami H, Derakhshan F., 2012].

- Flight Tracking and Flight Status API:

Es una herramienta que proporciona, en tiempo real, datos sobre vuelos, información aeroportuaria, mapas meteorológicos, planificación de vuelos y cartas de navegación, así como también fotos y noticias del ámbito aeronáutico [Flight Aware, 2014].

#### 1.1.4 Métodos recomendados

- Sistema de gestión de riesgos asociados a la fatiga (FRMS):

Medio que sirve de datos para controlar y gestionar los riesgos de seguridad operacional relacionados con la fatiga, basándose en principios y conocimientos científicos y en experiencia operacional, con la intención de asegurar que el personal pertinente esté desempeñándose con un nivel de alerta adecuado. Tiene por objetivo garantizar que los miembros que monitorean el vuelo y los de la tripulación estén suficientemente alerta para trabajar a un nivel satisfactorio de desempeño. Aplica a procesos y principios de los sistemas de gestión de vuelos para administrar los factores asociados con la fatiga de los trabajadores. Aparte de eso, busca lograr un equilibrio realista entre la seguridad operacional, la productividad y los costos.

Su objetivo es evaluar la carga de trabajo programado y en caso de existir un exceso, evaluar la asignación de la carga en exceso y asignarlo a otros miembros encargados de monitorear los vuelos. Esto se realiza con la finalidad de reducir los riesgos operacionales e identificar las posibles deficiencias tras eventos adversos. Por otro lado, también evaluaría que el realizar las coordinaciones para las asignaciones y turnos de vuelos incrementa el grado de fatiga, pues se tendrán que realizar varias confirmaciones con el personal de operaciones para lograr una correcta asignación de un vuelo a una puerta de embarque.

La prescripción de límites de horas de vuelo y de servicio representa un enfoque algo simplista de la seguridad operacional –si se cumplen los límites hay seguridad, mientras que si sobrepasan no la hay– y constituye una única estrategia defensiva. Aunque es adecuada para algunos tipos de operaciones, supone un enfoque unilateral que no tiene en cuenta las diferencias operativas o las existentes entre miembros de la torre de control, ya que el realizar las coordinaciones para la gestión de los vuelos genera información errónea y poco confusa.

El IATA [IATA, 2014] emplea estrategias defensivas de múltiples capas para gestionar los riesgos relacionados con la fatiga, independientemente de su origen. Incluye procesos dinámicos adaptables basados en datos, que pueden mitigar los riesgos asociados a la fatiga y a continuación elaborar, ejecutar y evaluar los controles y las estrategias de mitigación [Consejo de Aviación Civil Internacional, 2010].

- **Gestión de la fatiga:**

Su función será asegurar que los miembros de la torre de control y los de cabina del avión estén desempeñándose con un nivel de alerta adecuado. Esta gestión tiene dos características básicas importantes.

1. Junto a la consideración de las necesidades operativas, están obligados a tener en cuenta la dinámica de la pérdida de sueño transitoria y acumulada y la recuperación y la repercusión de la carga de trabajo sobre la fatiga.
2. Dado que la fatiga se ve afectada por todas las actividades de vigilia y no solo por las exigencias de trabajo, la reglamentación para su gestión deberá basarse imperativamente en la necesidad de una responsabilidad compartida entre el Jefe de Control y cada uno de los miembros de la torre de control [Consejo de Aviación Civil Internacional, 2010].

#### **1.1.5 Entidades Involucradas**

- **Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC):**

Organismo nacional de la República Peruana que realiza, a través del conjunto de sus funciones, las habilitaciones, certificaciones y aprobaciones que garantizan de por sí la confiabilidad del personal y material de vuelo así como todo lo relacionado con la aeronáutica. [Vargas, 2011].

- **International Civil Aviation Organization (ICAO):**

Organización que establece las normas y reglamentos necesarios para la seguridad operacional de la aviación, su protección y eficacia y la protección del medio ambiente a escala mundial [ICAO, 2011].

- **SKYTRAX:**

Es una empresa de asesoramiento que se encarga de ayudar a las aerolíneas y aeropuertos de todo el mundo a mejorar la experiencia del cliente en los últimos 25 años [Skytrax, 2014].

- Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA):  
Está asociación ayuda a las aerolíneas a simplificar los procesos e incrementar la conveniencia del flujo financiero de sus ingresos mientras se reduce costos y aumenta la eficiencia. Por otro lado, IATA provee soporte profesional esencial y una gama de productos y servicios expertos [IATA 2014].

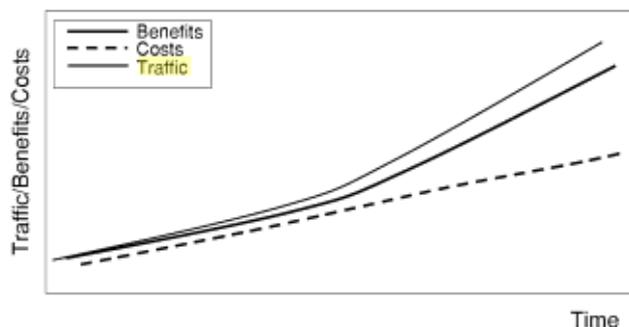
### 1.1.6 Conclusión

En conclusión, para poder realizar un sistema de gestión de vuelos es necesario familiarizarse con los términos técnicos que son necesarios para el rubro del sector de transporte aéreo. A su vez, es importante conocer el flujo del cual ATC (Control de tráfico aéreo) es responsable en colaboración con los pilotos, controladores, aeródromos, entre otros.

Contando con un sistema de gestión de vuelos se lograría disminuir costos (personas y tiempo), mejorar la efectividad y obtener mayores beneficios como en asignaciones de vuelos a puertas de embarque y controladores. Esto no se vería afectado si se incrementa el tráfico aéreo, ya que dentro de la solución sería una variable a considerar.

De esta manera se lograría brindar un mejor servicio a las personas que viajan, a los pilotos, al personal del control de tráfico aéreo, pues se lograría disminuir las comunicaciones para las asignaciones de vuelos a puertas de embarque y se mejoraría la distribución del tiempo entre los vuelos, logrando mayor efectividad.

En la Figura 5 se puede apreciar la aplicación de una estrategia aplicada a la gestión de vuelos que considera los efectos, causas y problemas que se pueden presentar y como resultado muestra una línea recta para los costos que se pueden dar en ese periodo; es decir, que teniendo una buena administración tanto del tráfico aéreo como de los vuelos se podrá disminuir o mantener los costos, mejorar los beneficios y considerar una variación mayor del incremento de los vuelos para que se pueda estar preparados a futuros con estas situaciones.



**Figura 5:** Un diagrama de la posible administración del crecimiento del aeropuerto (Strategy II) [Janic, M., 2011]

## 1.2 Marco regulatorio / legal

Para una adecuada gestión de vuelos, el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez hace uso de algunos estándares y normas, así como leyes que permiten tener una mejor administración no solo del flujo de vuelos, sino también de otros servicios que brinda el aeropuerto. Además de eso, se describirán algunos marcos u estándares que no son usados dentro del aeropuerto, los cuales probablemente ayudarían a mejorar todos los servicios que brinda.

### 1.2.1 Normas

- EMAS: [EMAS, 2014]

Es un instrumento de gestión desarrollado por la Comisión Europea que busca evaluar, informar y mejorar el comportamiento del ambiente de trabajo de las organizaciones u empresas. EMAS abarca todos los sectores económicos y de servicios y por último, puede ser aplicado en todo el mundo.

Este instrumento aún no ha sido aplicado en el Aeropuerto Jorge Chávez, sin embargo es muy importante su aplicación, ya que en la actualidad las empresas buscan que el ambiente de trabajo de las organizaciones mejore, logrando mayor incremento de productividad en sus labores. Varias empresas se han visto interesadas por el éxito que han tenido otras empresas al usar EMAS. Actualmente es aplicada en un gran número de aeropuertos ubicados en Europa. Con el apoyo de la norma se lograría mejorar las coordinaciones que se hacen entre los jefes de control, controladores aéreos y los operarios, ya que se permite la gestión en las comunicaciones, asignaciones laborales y consecución de objetivos.

- Gestión de la seguridad: [ICAO, 2011]

Enfoque sistemático para la gestión de la seguridad operacional que incluye las estructuras orgánicas, la obligación de rendición de cuentas, las políticas y los procedimientos necesarios.

Este enfoque es importante porque logra un equilibrio entre el riesgo identificado y evaluado. Por otro lado, permite conocer indicadores de seguridad operacional del transporte aéreo que consiste en aprobaciones de los Jefes de Control para que continúe el flujo de los procesos involucrados en la gestión de vuelos. Asimismo, ayuda a que se tenga un control de todas las actividades realizadas

por cada uno de los miembros de la torre de control tanto de los vuelos locales como internacionales.

### 1.2.2 Leyes

- Ley de seguridad y salud ocupacional: [MINTRA, 2011]

El Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo tiene como objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país. Para ello cuenta con la participación de los trabajadores, empleadores y del Estado, quienes a través del diálogo social velarán por la promoción, difusión y cumplimiento de la normativa sobre la materia.

Esta ley es de suma importancia, ya que promueve condiciones de trabajo dignas que les permita un estado de vida saludable, física, mental y social para que desarrollen sus actividades diarias de una mejor manera posible. Esto es de gran apoyo al problema de la gestión de vuelos, pues al no contar con un ambiente laboral adecuado podría causar retrasos en las actividades involucradas en la gestión de vuelos.

## 2. Estado del arte

### 2.1.1 Introducción

Actualmente existe una gran variedad de sistemas de gestión de vuelos que cubren las necesidades que requiere la empresa. Sin embargo, no todos los sistemas pueden resolver todos los problemas que se exponen dentro de la problemática, catalogándose como sistemas incompletos o que no han sido desarrollados para adaptarse al entorno de la empresa.

A continuación se presentarán algunos de los sistemas comerciales que se usan con mayor frecuencia y que se adecuan, en parte, a la problemática descrita.

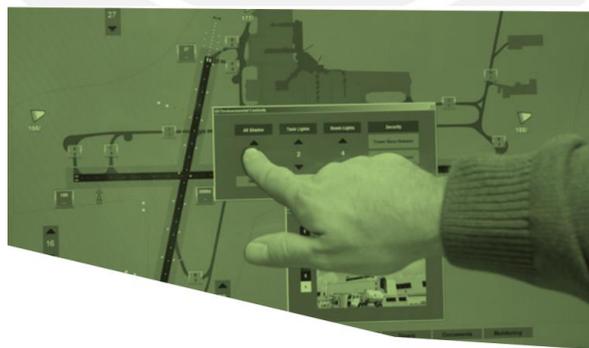
### 2.1.2 Objetivos de la revisión del estado del arte

El objetivo principal del estado del arte es poder identificar las soluciones que han sido desarrolladas sobre la gestión de vuelos y que puedan cumplir con solucionar parte de la problemática presentada. Esta revisión permitirá conocer el alcance de cada uno de los sistemas y medir si, mediante sus módulos y funcionalidades, pueden ser usados de ejemplo para el sistema que dará solución a la problemática.

### 2.1.3 NAVCAN ATM

Este sistema proporciona un acceso rápido y fiable a los aeropuertos críticos, la torre y la información de control del tráfico aéreo terminal. Lo particular de este sistema es que está diseñado para innovar y simplificar las estaciones de trabajo de los controladores aéreos. El NAVCANsuite cuenta con una posición de trabajo del controlador integrado con hasta cuatro monitores de pantalla táctil que proporcionan las siguientes tecnologías:

- NAVCANstrips: proporciona acceso inmediato a la información clave y todas las funciones críticas. Además, esto automatiza la gestión de datos de vuelo.
- NAVCANsitu: Es un innovador sistema de visualización de radar que proporciona una visualización de la ruta, terminal y de vigilancia terrestre. Su alta calidad y costo-efectividad, lo hacen ideal para instalaciones grandes y pequeñas. Aparte de eso, simplifica la carga de trabajo del controlador ya que combina los datos de pista fusionados con datos de la vigilancia en pantalla de diferentes instrumentos que cubren diferentes lugares, produciendo una exhibición perfecta y precisa de la cobertura de vigilancia en tiempo real desde el suelo al aire.
- NAVCANinfo: Sirve para la visualización de los datos operativos, proporcionando información crítica de seguridad en tiempo real en una sola pantalla configurable. Además, muestra de manera eficiente las condiciones climáticas (en formatos de texto y gráficos), reglajes de altímetro, el estado de ayuda a la navegación, el estado de la pista, el estado y las condiciones de las operaciones y la información de referencia. En la Figura 6 se puede ver a un usuario que usa el control táctil de software para ver el estado de la pista del aeropuerto y activar el estado de ayuda a la navegación.



**Figura 6:** NAVCANinfo [NAVCAN, 2006]

- NAVCANcontrol: Este componente controla el estado de iluminación de aeropuertos y control.

- NAVCANatis: Está diseñado para administrar y transmitir la información meteorológica y de rutina para llegada y salida de las aeronaves en los aeropuertos. Para las aeronaves que vuelan en rutas internacionales,
- NAVCANvolmet: Transmite tanto la información meteorológica y avisos de seguridad, como avisos de cenizas volcánicas en la atmósfera.
- NAVCANflow: Es un sistema de secuenciación del vuelo de llegada y de salida basado en computadora que ayuda a los especialistas en gestión del tránsito aéreo asignar franjas horarias de aterrizaje disponible de manera más eficaz [NAVCAN, 2006].

#### 2.1.4 Integrated Air Traffic Management Systems

El sistema ofrece la posibilidad de añadir módulos cuando sea necesario para una futura expansión. El sistema abre el camino para la toma de decisiones en colaboración. ATM también incluye una amplia gama de productos y servicios para operaciones de la torre, ayudas a la navegación, la formación, procedimientos de aterrizaje y de inspección en vuelo, por mencionar sólo algunos [SAAB, 2012].

Lo particular de este sistema es que cuenta con una herramienta que permite el monitoreo de los sistemas operativos conectados, ofrece detalladas advertencias de fallas tempranas y, por último, ofrece una visión completa de la red desde una estación de trabajo. De esa manera, este sistema proporciona un monitoreo constante de su red, sus procesos del sistema, equipos y las unidades individuales. Lo más beneficioso es que permite ahorrar tiempo y dinero, debido a la implementación de la mejora de búsqueda de fallos. En la Figura 7 se muestra un diagrama en la parte izquierda indicando con color rojo las fallas que requieren mayor atención y las de color verde las que aún pueden esperar si afectan los procesos involucrados en la administración del tráfico aéreo. En la parte derecha se observa el flujo de tráfico aéreo, el cual es distinguido por colores de acuerdo a la intensidad del flujo aéreo, por ejemplo el color anaranjado/rojo muestra que hay flujo intenso de aviones que se encuentran próximos a aterrizar en el aeropuerto.



**Figura 7:** Sistema de Control y Monitoreo, CMS [SAAB, 2012]

A pesar de ser un sistema que permite la optimización de varios recursos, no cuenta con la funcionalidad de brindar optimización de utilizados en la aerolínea. Aunque, sí permite el rastreo de vuelo y obtener la velocidad en tiempo real del avión, no hace mucho énfasis en la optimización de costos de varios procesos que necesitan un sistema de gestión, el cual es uno de los principales problemas que tiene el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

### **2.1.5 Gestión de colas OSYRIS de Barco**

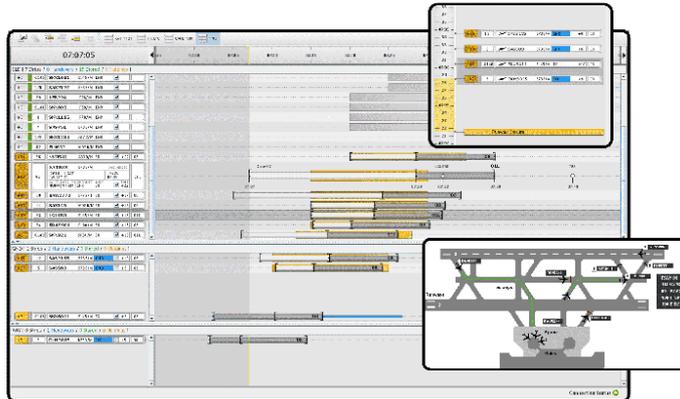
Este software se ha diseñado para garantizar una gestión integrada de las llegadas, las salidas y el tráfico aéreo, en función de las necesidades y requisitos específicos de los proveedores de servicios de navegación aérea y usuarios del espacio aéreo en todo el mundo. Debido al aumento del tráfico aéreo que se registrará en las próximas décadas, el control será cada vez más importante. En consecuencia, también aumentará la carga de trabajo de los controladores en los aeropuertos y los centros de control de tráfico. El software de gestión de colas OSYRIS de Barco le ayudará a reducir la carga de trabajo del usuario y a garantizará un flujo fluido y eficiente del tráfico aéreo.

El software Gestor de llegadas de Barco incrementa la capacidad del aeropuerto y reduce la carga de trabajo del controlador optimizando el flujo de tráfico. El Gestor de llegadas contribuye al uso óptimo de los recursos disponibles, aumenta la eficiencia de las operaciones de vuelo para las líneas aéreas, mejora los perfiles de vuelo y evita los circuitos de espera, por lo que ayuda a reducir los problemas ecológicos como la contaminación y el ruido. El Gestor de llegadas determina de forma automática las secuencias de llegada en función de las horas de llegada de los aviones y las limitaciones operativas dadas.

La línea de productos OSYRIS incluye un módulo de predicción de trayectoria en 4D para realizar cálculos precisos del perfil en función del tipo de avión y su rendimiento, su peso, los procedimientos operativos y las preferencias de la compañía aérea, la información meteorológica y la información del plan de vuelo y los procedimientos ATC. Este sistema de predicción de trayectorias avanzado proporciona asesoramiento activo a los controladores de ATC.

El Gestor de salidas se basa en los algoritmos del prototipo del Gestor de salidas del DLR (centro aeroespacial alemán). Esta herramienta ATM asiste a los controladores aéreos para obtener una secuencia de salidas óptima en función de las estrategias de planificación y optimización seleccionables. En la Figura 8 se puede observar el avance

de las diferentes operaciones que se realizan tales como los vuelos de llegada o de salida, los vuelos cercanos y se marca con un color la prioridad del vuelo [OSYRIS, 2013].



**Figura 8:** Software de Gestión

Lo importante de este sistema es que ayuda a sincronizar los vuelos para evitar congestiones. Además de eso, cuenta con una herramienta que facilita el flujo de colaboración, el cual está basada en una interfaz donde se puede modificar o priorizar las horas de salida planificadas. De esa manera se permita evitar los retrasos, el consumo menor de combustible y además, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### 2.1.6 Analysis, Modeling and Control of the Airport Departure Process

Este modelo mitiga los efectos adversos de la congestión del aeropuerto porque permite el análisis de las operaciones de los departamentos y la caracterización de la capacidad del aeropuerto. Además, permite el desarrollo de nuevos modelos de los procesos de cada departamento. Por último, propone y prueba algoritmos para el control de cada uno de los procesos de los departamentos [Simaiakis I., 2012].

Este enfoque es muy importante, ya que permite la caracterización y estimación de la capacidad del aeropuerto, el cual es esencial para la administración exitosa de la congestión. También, es conveniente que se aplique a la solución del problema, pues permite desarrollar nuevos modelos que incluyen variables de medición como los tiempos, los cuales forman parte para un buen análisis en la gestión de vuelos.

### 2.1.7 PRISMA - Air Traffic Management System

PRISMA posee arquitectura de sistema modular COMSOFT incorporado en su sistema de automatización ATM. Ofrece una solución avanzada y de gran alcance para ser

utilizado en los Centros de Control de Área, unidades de aproximación y aplicaciones de la torre.

PRISMA tiene un módulo que presenta toda la información de plan de vuelo en un formato compacto y bien estructurado. Los datos se pueden arreglar y se procesan en una sola pantalla, que muestra con precisión el estado de los vuelos. El asistente puede así gestionar de manera eficiente las cargas, incluso de alto tráfico. En la Figura 9 se puede observar la gestión de datos de los vuelos de llegada y salida atendidos, así como los vuelos que están pendientes por atender. Por último permite que se puedan asignar los vuelos según disponibilidad de los controladores y según el tráfico aéreo [Comsoft., 2014].

Lo importante de este sistema es que permite gestionar los vuelos, ver el estado de los mismos y asignarlo según disponibilidad a los controladores. Estas características servirán de guía para el desarrollo del proyecto.

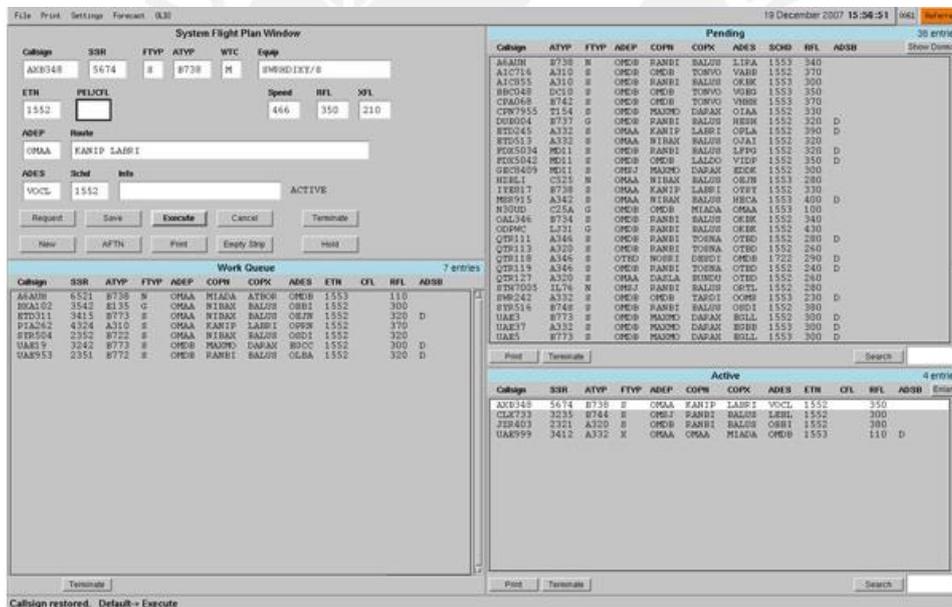


Figura 9: Software de Gestión

### 2.1.8 Cuadro comparativo

Característica\ Sistema	NAVCAN ATM	Integrated Air Traffic Management Systems	OSYRIS	AIRCON (Sistema actualmente usado)	PRISMA	Solución propuesta
Automatización de lectura de	No	Si	Si	Si	Si	Si

datos de vuelos						
Automatización de asignación de puertas de embarque	No	No	Si	No	No	Si
Variables configurables para asignación de vuelos a puertas de embarque	No	No	Si	No	No	Si
Manejo de fallos/ problemas	No	Si	No	No	No	No
Clientes	Canadá	Europa	-	América, Europa, Asia	-	Aeropuerto Jorge Chávez
Secuenciación de vuelos	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Gestión de Vuelos	No	No	Si	No	No	Si
Programación de Vuelos a controladores	No	No	No	No	No	Si
Precio	No se sabe.	Aprox. 15 M. de dólares	No se sabe.	34 M. de dólares	No se sabe.	15 mil soles aprox.

**Tabla 2.1:** Tabla de Cuadro Comparativo de los diferentes sistemas

### 2.1.9 Conclusiones sobre el estado del arte

Los sistemas mencionados presentan diversas formas de resolver el problema de gestión de vuelos en los aeropuertos y son pocos los que se encargan de la asignación de puertas de embarque, programación de vuelos y asignación de vuelos a controladores aéreos como es el caso del sistema AIRCON, el cual se usa actualmente; sin embargo la implantación del software en el país no ha sido una de las mejores, pues no se cuentan con los recursos necesarios para que el sistema funcione adecuadamente.

En síntesis, no ha sido un software hecho a la medida de las necesidades del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, por lo que se requiere de un sistema que tenga módulos para el control de vuelos, planes de vuelos y administración de puertas de embarque.

Por eso, para poder realizar una gestión adecuada de los vuelos se debe seguir los principios que sugieren la OACI y los requerimientos que debe cumplir el sistema. Gracias a la implementación de algoritmos dentro del sistema de gestión de vuelos, se podrán disminuir costo, distribuir mejor el tiempo y lograr mejores beneficios y un ambiente de trabajo adecuado.



## CAPÍTULO 3: Procesos para la Gestión de Vuelos de Salida

En el presente capítulo se va a detallar los pasos que se han seguido para alcanzar el objetivo específico 1, el cual está referido a modelar los procesos para la gestión de vuelos de salida.

### 1.1 Asignación de puerta de embarque

Proceso que apoya la asignación de vuelos a cada una de las puertas de embarque. Se ejecutará antes del proceso de turno de vuelos de salida, ya que este último usará la información procesada.

Este proceso deberá ser ejecutado una vez al día, exactamente dos o tres horas antes de que comience el día. Asimismo, el proceso podrá ser ejecutado en más de una oportunidad en caso se creen vuelos de emergencia.

#### 1.1.1 Actores involucrados

- Asistente de Controlador aéreo  
Actor involucrado en el control de tráfico aéreo cuya función es la de realizar las asignación y registro de algunas actividades principales para el proceso principal de la administración de vuelos de salida. Algunas de estas actividades serán aprobadas después por el Jefe de Control.

#### 1.1.2 Elementos del proceso

- Registrar plan de vuelo  
*Descripción:* Permitirá registrar todos los vuelos programados de un solo día. También considera el registro de vuelos de emergencia y se deberá seguir con el flujo del proceso.
- Evaluar plan de vuelo  
*Descripción:* Permitirá evaluar si los vuelos registrados van a seguir la programación correspondiente o podrán ser cancelados antes de tener un turno de vuelo.
- Pedir aprobación para vuelo de emergencia  
*Descripción:* Actividad que debe solicitar el asistente al Jefe de Control para que se pueda realizar el vuelo de emergencia.
- Asignar puerta de embarque

*Descripción:* Permitirá asignar una puerta de embarque al vuelo de manera rápida, teniendo en cuenta la prioridad del vuelo (emergencia o normal) y otras variables como tiempo promedio de abordaje por persona, tiempo promedio por equipaje, tiempo extra que se le da para evitar demoras y tiempo en llegar a la pista principal.

- Configurar variables de método de asignación

*Descripción:* Actividad que permite la configuración de las variables anteriormente descritas y que servirán como datos de entrada para el método de asignación.

- Cancelar Plan de vuelo

*Descripción:* Actividad que permite cancelar el vuelo dependiendo de factores climáticos u otros factores que impidan la salida del vuelo.

- Asignar vuelos a controladores

*Descripción:* Actividad que permite asignar los vuelos a cada uno de los controladores aéreos según su disponibilidad. La asignación será de forma manual.

- Pedir Aprobación de asignación de vuelos a controladores

*Descripción:* Actividad que debe solicitar el asistente al Jefe de Control para que se pueda aceptar la programación de vuelos asignados a controladores.

- Actualizar programación de vuelos asignados a controladores

*Descripción:* Actividad que permite actualizar la programación que aceptó anteriormente el Jefe de Control. Esta información será muy útil para los controladores aéreos, quienes serán responsables de dirigir al vuelo alrededor del aeropuerto.

## 1.2 Turno de vuelos de salida

Proceso que tiene la finalidad de gestionar los turnos de los vuelos de acuerdo a ciertas prioridades y a su vez a asignarlos a un controlador aéreo para el monitoreo de este en el espacio aéreo.

### 1.2.1 Actores involucrados

- Jefe de control

Actor involucrado en el proceso de administración de vuelos cuya función es dar seguimiento a los demás trabajadores como los controladores aéreos categoría I y II y los asistentes.

- Controlador Aéreo

Actor involucrado en la gestión del control de tráfico aéreo cuya función es el monitoreo de los vuelos programados o de emergencia que se ejecuten dentro del espacio aéreo y en tierra.

### 1.2.2 Elementos del proceso

- Aceptar vuelo de emergencia

*Descripción:* Permite al Jefe de Control dar su autorización para que los vuelos de emergencia puedan continuar con el flujo correspondiente.

- Visualizar turnos de vuelos

*Descripción:* Actividad que permite visualizar el inicio y fin de abordaje de todos los vuelos programados del día así como también, visualizar la puerta de embarque asignada.

- Evaluar asignación de vuelos a controladores

*Descripción:* Actividad que evalúa, según ciertos estándares que brinda la Organización de Aeronáutica, la cantidad de carga de trabajo asignado a cada uno de los controladores aéreos.

- Aceptar asignación de vuelos a controladores

*Descripción:* Actividad que acepta la programación realizada por el asistente de Controlador Aéreo. A su vez acepta que es conforme el número de vuelos que van a ser monitoreados por cada uno de los controladores, de acuerdo a los estándares de la aeronáutica.

- Enviar notificación de aceptación

*Descripción:* Actividad que permite saber que fue aceptado la asignación de vuelos a controladores y que permitirá informar a estos qué vuelos han sido asignados para ser monitoreados por ellos.

- Visualizar programación de vuelos asignados

*Descripción:* Actividad que permite la visualización de la programación de los vuelos para cada uno de los controladores.

### 1.3 Diagrama de procesos

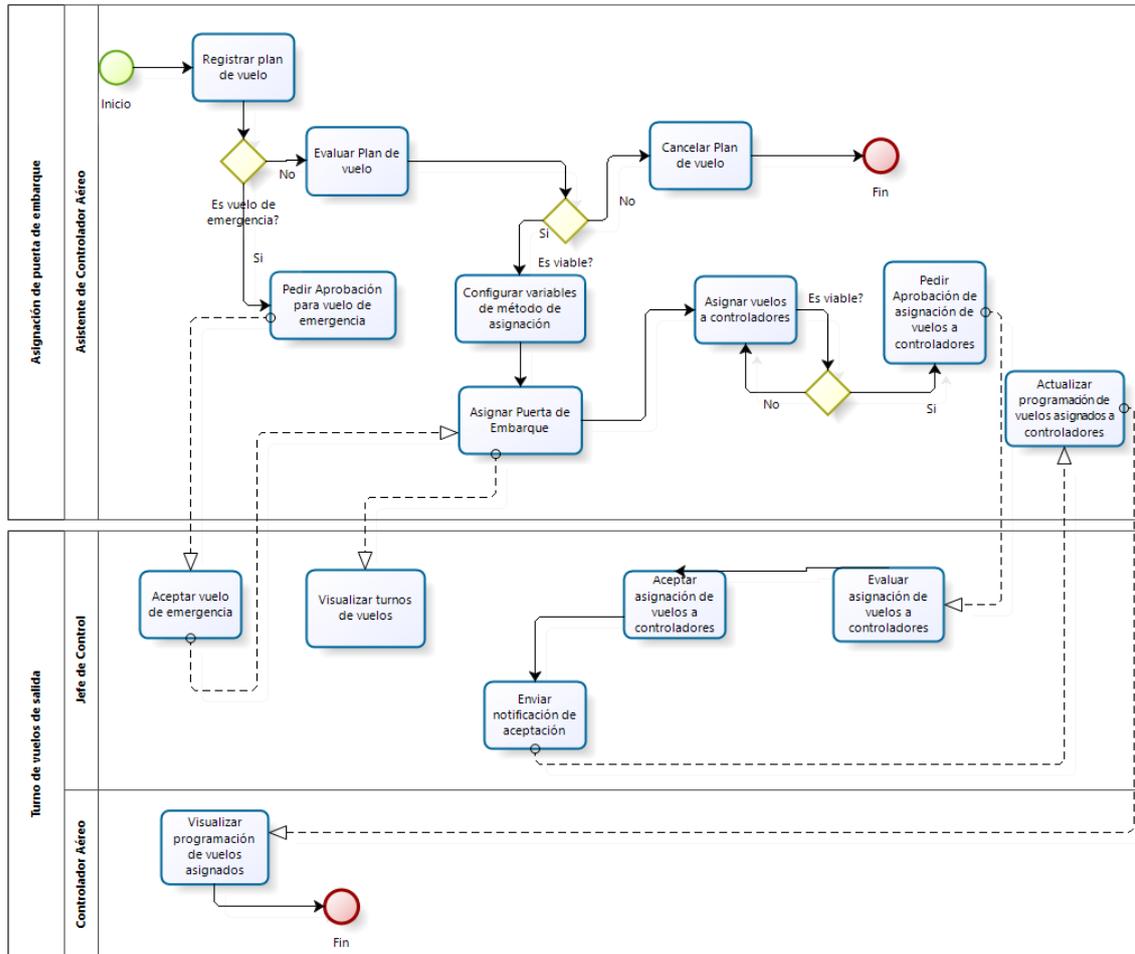
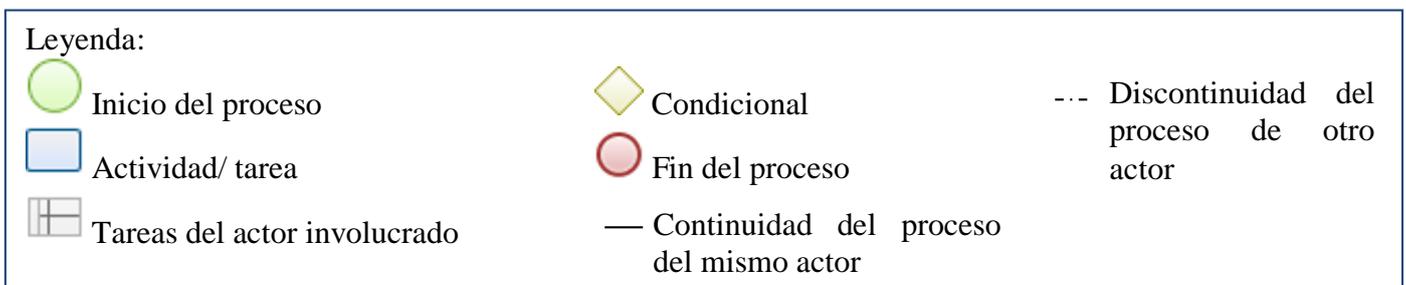


Figura 10: Diseño de procesos [Fuente propia]



## CAPÍTULO 4: Módulo de Lectura de datos

En el presente capítulo se va a detallar los pasos que se han seguido para alcanzar el objetivo específico 2, el cual está referido al desarrollo de un módulo de lectura de datos en tiempo real de los vuelos de salida.

### 1.1 Descripción

Para desarrollar el caso de uso, PDV-CU02: Lectura de datos en tiempo real, fue necesario realizar el módulo que permite la conexión con el API de Flight Aware para la consulta de los vuelos de salida que se darán en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

### 1.2 Arquitectura para conexión con el servicio web: Flight Aware API

#### 1.2.1 Introducción

Los servicios web se basan en archivos XML (lenguaje de marcas extensible) que permite a las aplicaciones compartir información. Estos servicios XML pueden vincularse para realizar una tarea, a pesar de que se ejecuten de forma independiente. Los estándares SOAP y WSDL permiten programar en Visual Studio .Net, Java o Perl.

#### 1.2.2 Componentes

- Simple Object Access Protocol (SOAP)  
Es un protocolo sencillo para intercambiar información estructurada en un entorno descentralizado y distribuido utilizando XML. SOAP no define por sí mismo una semántica de aplicación como un modelo de programación o implementación semántica específica [SOAP, 2000].
- Web Services Description Language (WSDL)  
Se trata de un lenguaje para describir los Servicios Web. La especificación define el lenguaje básico que puede usarse para describir servicios Web basados en un modelo abstracto de lo que ofrece el servicio [WSDL, 2001].

En la Figura 11 se puede observar el comportamiento de los servicios web con los componentes como SOAP y WSDL, los cuales son importantes, ya que hacen posible la circulación de la información.

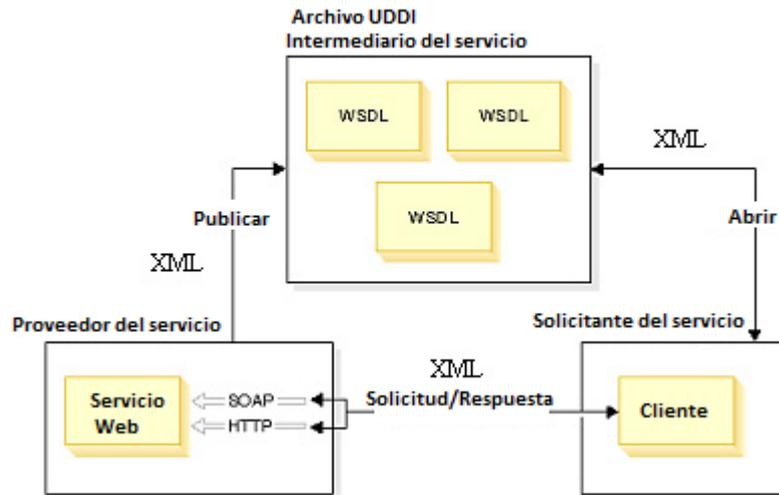


Figura 11: Comportamiento de los servicios web [WSDL, 2001]

### 1.3 Forma de conexión

Los pasos que se deben seguir son los siguientes:

- El administrador debe crear una cuenta en el siguiente enlace: <http://flightaware.com>
- Deberá obtener una clave de API propia.
- Ejecutar developer Command Prompt para la versión del Visual Studio que se tiene.
- Se deberá ejecutar el comando wsdl.exe
- A continuación descargará los archivos que el Flight Aware API necesita para su correcto funcionamiento. Cada clase tendrá su propio método llamado request y response.

Cabe recalcar que estos pasos se realizan solo una vez para lograr la conexión con el API de Flight Aware.

### 1.4 Estructura de las clases usadas

La aplicación Flight Aware API ofrece diferentes clases que contienen información con una estructura determinada y se elige la clase que se acomode a los datos que se desean obtener.

La clase que se usa es Sheduled y tiene la siguiente estructura:

- Entradas

Nombre	Tipo	Descripción
Airport	String	El Id del aeropuerto

HowMany	Int	Determina el número de resultados. El número máximo es de 100 a más según sea necesario.
Filter	String	Se pueden elegir opciones como “ga” para mostrar solo información general del tráfico de aviación o “airline” para mostrar el tráfico aéreo.
Offset	Int	Debe ser un valor entero. En la mayoría de los casos de request debe ser 0.

**Tabla 4.1:** Estructura de la clase Sheduled [FlightAPI, 2014].

- Retorno
  - Scheduled

Tipo	Descripción
ScheduledStruct	Resultado devuelto.

**Tabla 4.2:** Estructura de retorno de la clase Scheduled [FlightAPI, 2014].

- ScheduledStruct

Campo	Tipo
Next_offset	Int
Scheduled	SheduledFlightStruct()

**Tabla 4.3:** Estructura de ScheduledStruct [FlightAPI, 2014].

- ScheduledFlightStruct

Campo	Tipo
Aircrafttype	String
Destination	String
destinationCity	String

destinationName	String
Estimatedarrivaltime	Int
Filed_departuretime	Int
Ident	String
Origin	String
OriginCity	String
OriginName	String

**Tabla 4.4:** Estructura de SheduledFlightStruct [FligthAPI, 2014]

### 1.5 Métodos usados

- Método “ScheduledResponse”:  
Especifica el uso del método ScheduleResult.
- Método “ScheduledResult”:  
Define la estructura de ScheduledStruct.
- Método “Scheduled”:  
Define la estructura de Scheduled.
- Método llamada “FlightXML2 :  
System.Web.Services.Protocols.SoapHttpClientProtocol”:  
Especifica la clase de cliente que se derivan de los proxies cuando se utiliza SOAP.

### 1.6 Interfaz gráfica y resultado de la consulta al API

En la Figura 12 se muestra el módulo de plan de vuelo en el cual se gestionan los vuelos de emergencia y los vuelos que se realicen dentro de las 24 horas dadas por el API de Flight Aware.

Los datos de los vuelos se obtienen de métodos que son proporcionados por algunas clases que posee el API de Flight Aware. Mediante un método propio denominado “getScheduledFlights” se obtiene una lista con la estructura de “ScheduledFlightStruct”. Para obtener esa estructura, se debe usar el método propio del API denominado “Scheduled”, la cual necesita como datos de entrada

la identificación del aeropuerto<sup>2</sup> y otros campos más que se muestran en la Tabla 4.1.

El resultado de usar la clase “Scheduled” es una estructura denominada “ScheduledStruct” con los siguientes datos que se muestran en la Tabla 4.3. Finalmente, la estructura obtenida anteriormente (“ScheduledStruct”) es usado para obtener una lista con la estructura “SheduledFlightStruct”, el cual es el resultado del método propio descrito anteriormente. La estructura se puede ver a detalle en la Tabla 4.4.

La información resultante es del día actual y siguiente día. Para evitar confusiones de resultado solo se toma información del día siguiente, pues la lectura de datos se hará dos o tres horas antes de que empiece el siguiente día. La ejecución del algoritmo demora entre 3 a 10 segundos para una cantidad de 2000 vuelos por día.

Todas las estructuras definidas del API de Flight Aware tienen sus métodos de resultado (Result) y respuesta (Response) ya definidos, es por ese motivo que solo se hacen uso de estos para obtener los datos que proporciona el API.

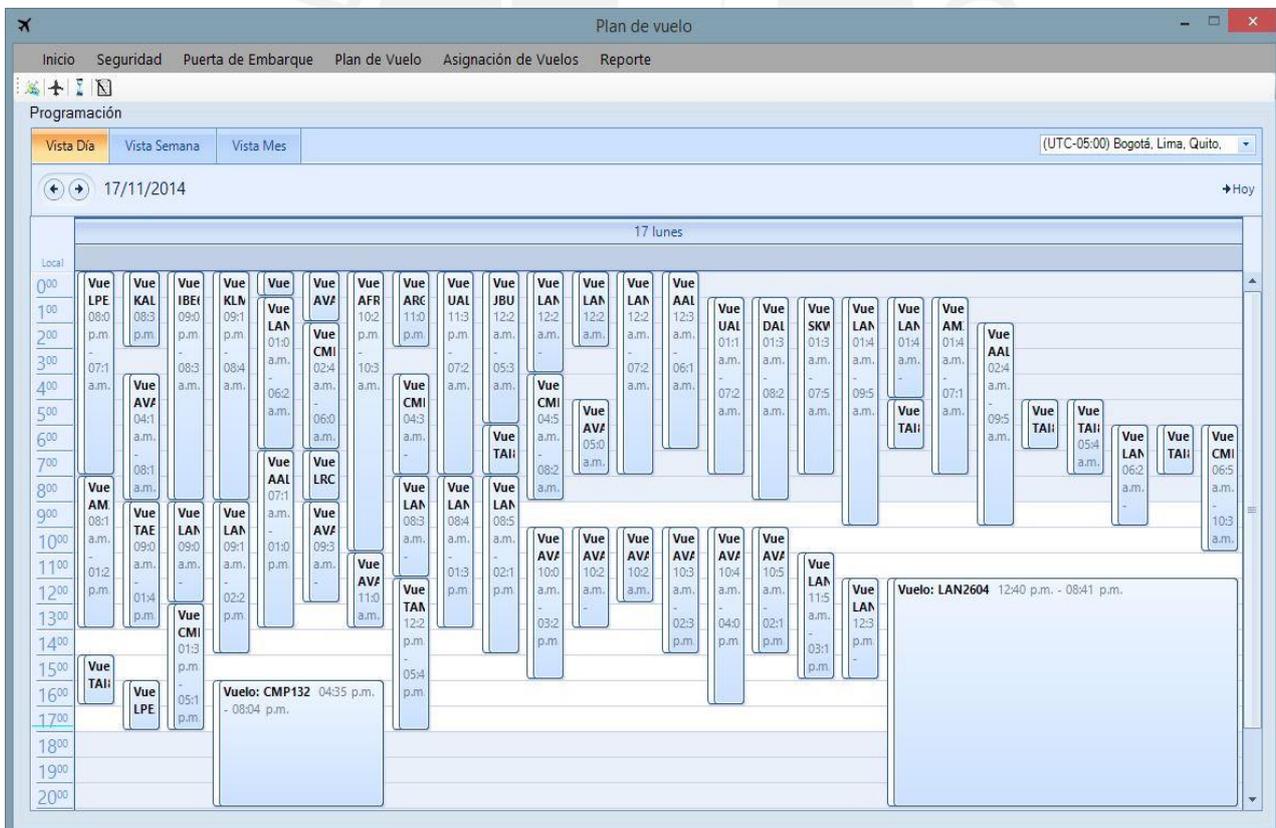
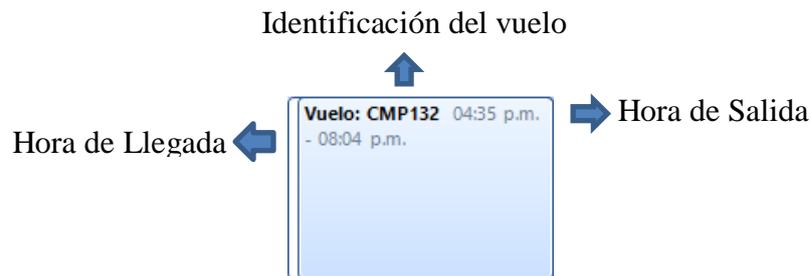


Figura 12: Plan de Vuelo [Fuente propia]

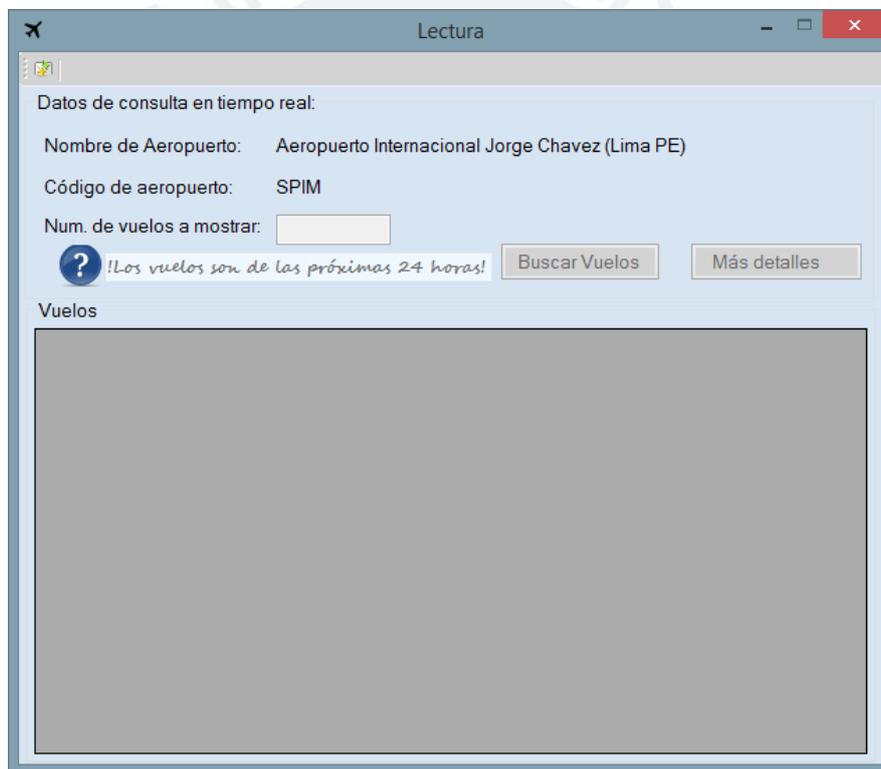
<sup>2</sup> La información con respecto al número de identificación de los aeropuertos se encuentra en la documentación que ofrece el API de Flight Aware.

La ventana principal de este módulo muestra la programación de todos los vuelos del día. Cada uno de estos contiene información sobre la identificación del vuelo, hora de llegada y hora de salida tal como se puede observar en la Figura 13.



**Figura 13:** Información de un vuelo programado [Fuente propia]

En la Figura 14 se muestra la ventana de la lectura de datos con un mensaje sobre la información de los vuelos que son de las próximas 24 horas.

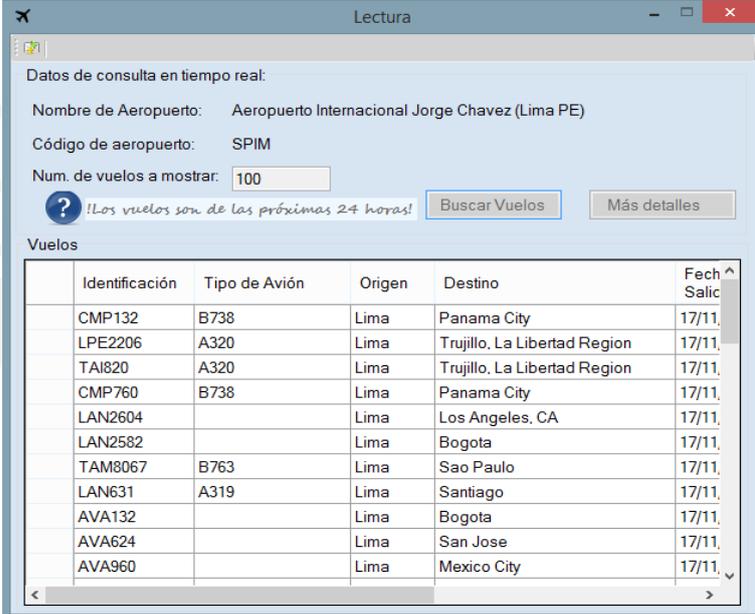


**Figura 14:** Lectura de datos [Fuente propia]

En la Figura 15 se muestra información de la consulta al API de Flight Aware, el cual muestra las siguientes columnas:

- Identificación: Es un estándar que es recomendado por la Organización de Aeronáutica y está formado por tres primeras letras de la aerolínea a la que pertenece más un código de identificación del avión.

- Tipo de Avión: Es una identificación usada para diferenciar que tipo de avión es el que usa y no es necesario que sea mostrado para todos los aviones, ya que es información relevante internamente para las aerolíneas.
- Origen: Información que describe desde donde va a salir el avión.
- Destino: Información que describe hacia donde debe llegar el avión.
- Fecha de Salida: Información que describe la fecha de salida del avión desde su origen.
- Hora de Salida: Información que describe la hora de salida del avión. Es expresado en formato de 24 horas.
- Fecha de Llegada: Información que describe la fecha de llegada del avión a su destino.
- Hora de Llegada: Información que describe la hora de llegada del avión a su destino. Es expresado en formato de 24 horas.



Datos de consulta en tiempo real:

Nombre de Aeropuerto: Aeropuerto Internacional Jorge Chavez (Lima PE)

Código de aeropuerto: SPIM

Num. de vuelos a mostrar: 100

!Los vuelos son de las próximas 24 horas!

Buscar Vuelos Más detalles

Vuelos

	Identificación	Tipo de Avión	Origen	Destino	Fecha Salic
	CMP132	B738	Lima	Panama City	17/11
	LPE2206	A320	Lima	Trujillo, La Libertad Region	17/11
	TAI820	A320	Lima	Trujillo, La Libertad Region	17/11
	CMP760	B738	Lima	Panama City	17/11
	LAN2604		Lima	Los Angeles, CA	17/11
	LAN2582		Lima	Bogota	17/11
	TAM8067	B763	Lima	Sao Paulo	17/11
	LAN631	A319	Lima	Santiago	17/11
	AVA132		Lima	Bogota	17/11
	AVA624		Lima	San Jose	17/11
	AVA960		Lima	Mexico City	17/11

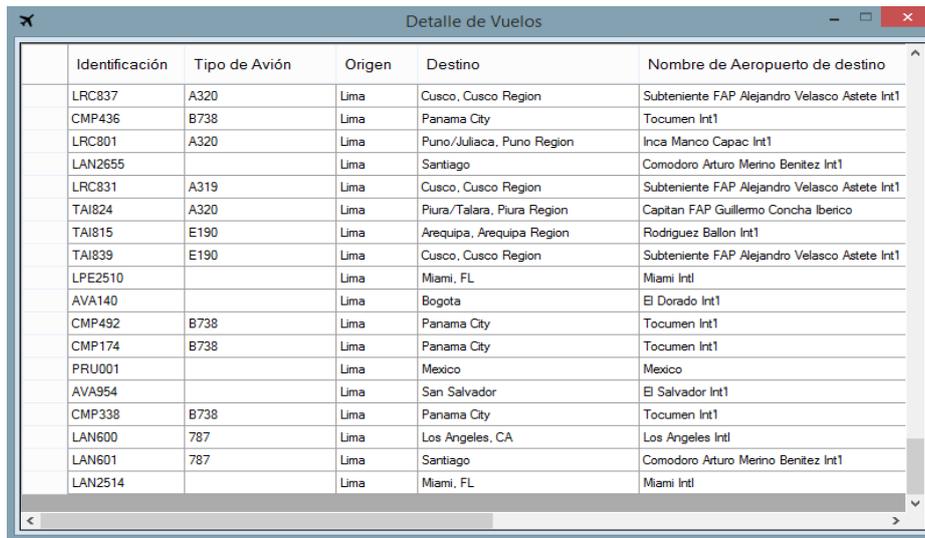
**Figura 15:** Resultado de la lectura de datos del Flight Aware API [Fuente propia]

En la misma pantalla se muestra la opción “Más detalles”, el cual permite mostrar mayor información sobre todos los vuelos de salida que ocurrirán en el transcurso del día como lo siguiente:

- Nombre de Aeropuerto de destino: Información que describe el nombre del aeropuerto de destino.
- Carga: Información que describe el número total de la carga del avión. Está información ha sido obtenida por una formula aproximada.

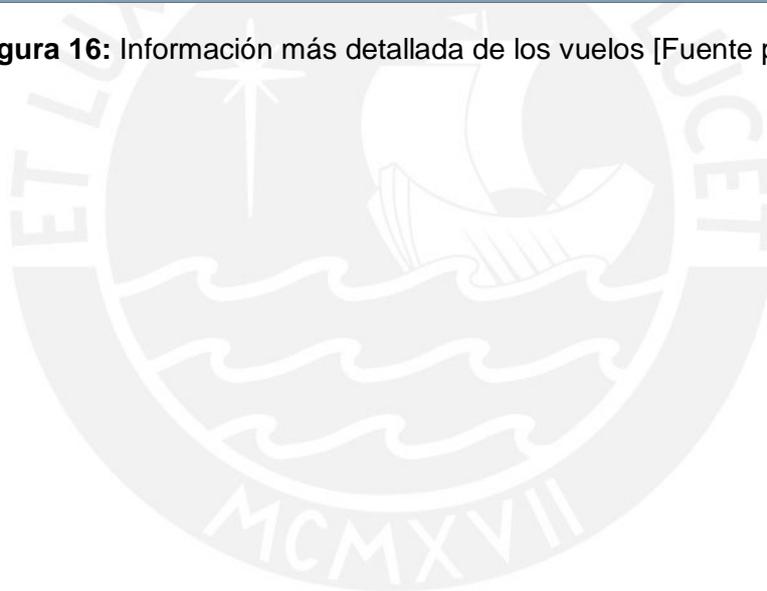
- Número de pasajeros: Información que describe el número total de pasajeros del avión.

Se puede observar en la Figura 16 la información a mayor detalle sobre los vuelos.



Identificación	Tipo de Avión	Origen	Destino	Nombre de Aeropuerto de destino
LRC837	A320	Lima	Cusco, Cusco Region	Subteniente FAP Alejandro Velasco Astete Int1
CMP436	B738	Lima	Panama City	Tocumen Int1
LRC801	A320	Lima	Puno/Juliaca, Puno Region	Inca Manco Capac Int1
LAN2655		Lima	Santiago	Comodoro Arturo Merino Benitez Int1
LRC831	A319	Lima	Cusco, Cusco Region	Subteniente FAP Alejandro Velasco Astete Int1
TAI824	A320	Lima	Piura/Talara, Piura Region	Capitan FAP Guillermo Concha Iberico
TAI815	E190	Lima	Arequipa, Arequipa Region	Rodriguez Ballon Int1
TAI839	E190	Lima	Cusco, Cusco Region	Subteniente FAP Alejandro Velasco Astete Int1
LPE2510		Lima	Miami, FL	Miami Int1
AVA140		Lima	Bogota	El Dorado Int1
CMP492	B738	Lima	Panama City	Tocumen Int1
CMP174	B738	Lima	Panama City	Tocumen Int1
PRU001		Lima	Mexico	Mexico
AVA954		Lima	San Salvador	El Salvador Int1
CMP338	B738	Lima	Panama City	Tocumen Int1
LAN600	787	Lima	Los Angeles, CA	Los Angeles Intl
LAN601	787	Lima	Santiago	Comodoro Arturo Merino Benitez Int1
LAN2514		Lima	Miami, FL	Miami Int1

Figura 16: Información más detallada de los vuelos [Fuente propia]



## CAPÍTULO 5: Algoritmo Primero el Mejor

En el presente capítulo se va a detallar los pasos que se han seguido para alcanzar el objetivo específico 3, el cual está referido a la implementación de un algoritmo “Best-first” (Primero el mejor) que permita la gestión de los vuelos de salida por prioridad.

### 1.1 Descripción:

Para desarrollar el caso de uso, PDE-CU02: Consultar asignación de puerta de embarque, fue necesario implementar un algoritmo que realice la asignación de las puertas de embarque en base al análisis de los datos de cada uno de los vuelos y a la información que se tenga de las puertas de embarque.

También, se encargó de volvió a asignar las puertas de embarque en caso se registre un vuelo de emergencia en base a prioridades que se deben tomar para la gestión de este tipo de vuelos. Cabe recalcar que los vuelos de emergencia se crean en el día, de acuerdo a las necesidades.

Para lograr lo anteriormente descrito se utilizó un algoritmo “Best-First” (Primero el mejor) que empezó a realizar la asignación de los vuelos a las puertas de embarque teniendo en cuenta varios factores como son:

- Tiempo promedio de embarque por pasajero
- Tiempo promedio por equipaje
- Cantidad total de pasajeros.
- Cantidad de vuelos programados del día.
- Cantidad de puertas de embarque disponibles.

El algoritmo empezó a buscar los vuelos programados del día y a ordenarlos de manera ascendente con respecto al inicio de abordaje, el cual es calculado restándole el tiempo de abordaje a la hora de salida. El objetivo es que se logre optimizar el inicio del tiempo de abordaje y la desviación de la programación de cada uno de los vuelos. Con esto se podría cumplir con la hora de salida del vuelo y, por ende, incomodidad en los pasajeros, ya que se podría evitar el embarque del vuelo de manera tradicional.<sup>3</sup>

En la búsqueda que realiza de los vuelos programados del día, el algoritmo está constantemente preguntando si existe algún vuelo de emergencia que deba ser atendido

<sup>3</sup> El embarque tradicional consiste en llevar al pasajero desde la puerta de embarque a la posición del avión usando buses

y vuelve a reasignar las puertas de embarque de los vuelos restantes a partir de la hora programada del vuelo. Asimismo,

A continuación se muestra el pseudocódigo del algoritmo implementado:

#### Inicio Algoritmo de Asignación

1. listaVuelos  $\leftarrow$  obtenerVuelos(fechaDía)
2. listaPuertaEmbarque  $\leftarrow$  obtenerPuertasEmbarque(fechaDía)
3. tiempo  $\leftarrow$  0
4. Mientras tiempo < finDia
5.     InicioAbordaje, FinAbordaje  $\leftarrow$  evaluarTiempo(listaVuelos, tiempo)
6.     Si tamaño(InicioAbordaje) > 0
7.         Inicializar vuelosEncolados
8.         For (j:=0; j<tamaño(InicioAbordaje); j++)
9.             puertaEmbarque  $\leftarrow$  existePuertaEmbarqueDisponible();
10.             Si puertaEmbarque  $\neq$  null
11.                 Inicializar AsignacionPuertaEmbarque
12.                 puertaEmbarque.disponible  $\leftarrow$  No
13.                 Actualizar InicioAbordaje
14.             Caso contrario
15.                 Agregar vuelosEncolados
16.             Fin de Si
17.         Fin For
18.         Si tamaño(vuelosEncolados) > 0
19.             listaVuelos  $\leftarrow$  reprogramarFinAbordaje(listaVuelos, vuelosEncolados, tiempo)
20.             listaVuelos  $\leftarrow$  ordenarVuelosPorPrioridad(listaVuelos, vuelosEncolados)
21.         Fin de Si
22.     Fin de Si
23.     Si tamaño(FinAbordaje) > 0
24.         For (k:= 0; k< tamaño(FinAbordaje); k++)
25.             AsignacionPuertaEmbarque  $\leftarrow$  BuscarAsigPuertaEmbarque
26.             AsignacionPuertaEmbarque.fin\_abordaje  $\leftarrow$  TiempoDia
27.             HabilitarPuertaEmbarque(AsignacionPuertaEmbarque.puertaEmbarque)

- 28. Fin de For
- 29. Fin de Si
- 30. Tiempo <- Tiempo + 1 segundo
- 31. Fin Mientras

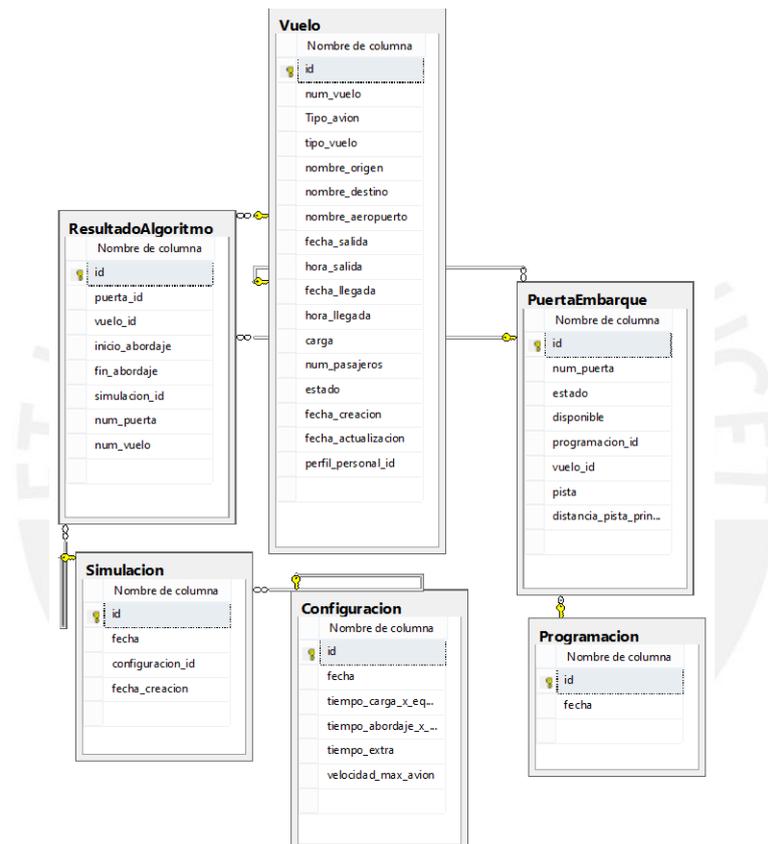
Fin Algoritmo de Asignación

A continuación se dará una breve explicación del pseudocódigo presentado:

- En la línea 1 se obtienen los vuelos ordenados por sus inicios de abordaje. En el método obtenerVuelos se está tomando en cuenta la configuración de datos iniciales del algoritmo.
- En la línea 3, la variable tiempo va a simular un reloj para evaluar cuales son los vuelos que necesitan iniciar y finalizar abordaje.
- En la línea 5 se procede a evaluar la lista de vuelos obtenida anteriormente con la variable tiempo que es el simulador de un reloj. Esta evaluación dará como resultado los vuelos que inician y finalizan su abordaje en ese instante de tiempo. Cada uno de ellos es una lista de índices.
- En la línea 6 se procede a verificar el tamaño de la lista que inician abordaje, el cual ha sido resultado del método evaluarTiempo.
- Desde la línea 8 hasta la línea 16 se realiza la asignación de puerta de embarque a los vuelos consultando la disponibilidad previa y actualizando el estado de las puertas a no disponible.
- En la línea 17 se verifica el tamaño de la lista de vuelos encolados y se atienden de acuerdo al tiempo esperado por el avión, es decir si no hay puertas de embarque disponibles entonces estos aviones se encolan esperando su atención. En caso exista alguna puerta disponible se procederá a atender a los vuelos que se encolaron primeros. Si se registra un vuelo de emergencia, este vuelo será atendido antes de los vuelos encolados.
- En la línea 18 se procede a reprogramar los fines de abordaje de los vuelos que aún no ha sido atendidos, en otras palabras que han sido encolados, debido a que no existen puertas de embarque disponibles. El método reprogramarFinAbordaje va a dar como resultado un nuevo tiempo de inicio y fin de abordaje.
- En la línea 22 se procede a verificar el tamaño de la lista que finalizan abordaje, la cual ha sido resultado del método evaluarTiempo.

- Desde la línea 22 hasta la línea 28 se procede a evaluar los vuelos que finalizan su abordaje en ese instante de tiempo, es por eso que se empieza a liberar a las puertas de embarque recientemente usadas.

El análisis para la realización del método de asignación se obtuvo del modelamiento de los procesos realizados en el capítulo 3. Además, la Figura 17 también ayudó a definir las relaciones de las entidades, en la cual se encuentran las estructuras modeladas con sus respectivas llaves foráneas y primarias.



**Figura 17:** Relación de entidades en la base de datos [Fuente propia]

La elección del algoritmo se debió, básicamente, a que en la actualidad el proceso se realiza de forma manual y siempre considerando el primer vuelo que necesite iniciar su abordaje.

Para la consideración del orden de los vuelos se tomó en cuenta los siguientes factores:

- Prioridad del vuelo (normal, emergencia).
- Tiempo máximo entre el tiempo de abordaje del total de pasajeros y el tiempo de carga de todo el equipaje al avión.

Es importante resaltar que el sistema a comparación de otros que existen en el mercado ofrece la característica de tomar acciones en caso de vuelos de emergencia, atendiendo en primero lugar estos para luego atender los consecutivos con la finalidad de evitar retrasos en la hora de salida de estos. Asimismo, permite que la configuración inicial usada pueda ser configurada cada cierto periodo con respecto al tiempo promedio tanto para el pasajero como para la carga. Por tanto, permite al algoritmo retroalimentarlo nuevamente y mejorar las asignaciones que se hacen.

El sistema permitirá también, que se pueda aplicar otros tipos de algoritmos más complejos para minimizar el tiempo de gestión de los vuelos, pero se eligió “Best-First” ya que, el comportamiento dentro de la administración de los vuelos es realizado, actualmente, de esta manera. Cabe recalcar que no se cuenta con un sistema adecuado para esta gestión tanto de los vuelos de salida como de llegadas, pues se realiza de forma manual.

La información que se usa para la configuración de las variables de entrada del algoritmo es extraída de reportes que maneja internamente el personal de la torre de control.

## 1.2 Definición de variables del algoritmo

Se presentan las variables que son analizadas para ejecutar el algoritmo de asignación:

Para el tiempo real del algoritmo:

- TReallnicial: Es el tiempo que es manejado por el algoritmo.

Para el tiempo de abordaje:

- NP: Número total de pasajeros
- CT: Número total de equipaje
- TPxP: Tiempo promedio en segundos por persona
- TPxE: Tiempo promedio en segundos por equipaje
- TE: Tiempo extra en segundos en caso de algún retraso.
- TAbordaje: Tiempo que el vuelo se demora en iniciar y terminar su abordaje

Para el tiempo ideal inicial:

- HS: Hora que el avión debe iniciar su despegue.
- TInicial: Tiempo ideal inicial sin asignar puerta de embarque.

Para el tiempo ideal final:

- TPP: Tiempo en segundos que se demora el avión de diferentes puertas en llegar a la pista principal de despegue.

- $T_{final}$ : Tiempo ideal final cuando se ha asignado a una puerta de embarque cada uno de los vuelos.

Para la prioridad de los vuelos:

- VE: vuelos de emergencia (tienen mayor prioridad que los vuelos normales)
- VN: vuelos normales

### 1.3 Función objetivo

A partir del valor de las variables definidas se calculó el mínimo de la sumatoria de la diferencia del tiempo real inicial menos el tiempo ideal final como resultado de la función objetivo. Para ello, primero debe calcularse el tiempo de abordaje considerando las variables de la siguiente fórmula:

$$T_{Abordaje} = (\text{Max}(CT \cdot TP_{xE}, NP \cdot TP_{xP}) + TE + TPP)$$

Seguido, se debe calcular el tiempo ideal inicial ( $T_{inicial}$ ) que se obtiene de la diferencia de la hora de salida menos el tiempo de abordaje como se puede apreciar en la siguiente fórmula:

$$T_{inicial}^4 = HS - T_{Abordaje}$$

Después, se debe calcular el tiempo ideal final ( $T_{final}$ ) que se obtiene tomando en cuenta la distancia de la puerta disponible y más cercana a la pista principal.

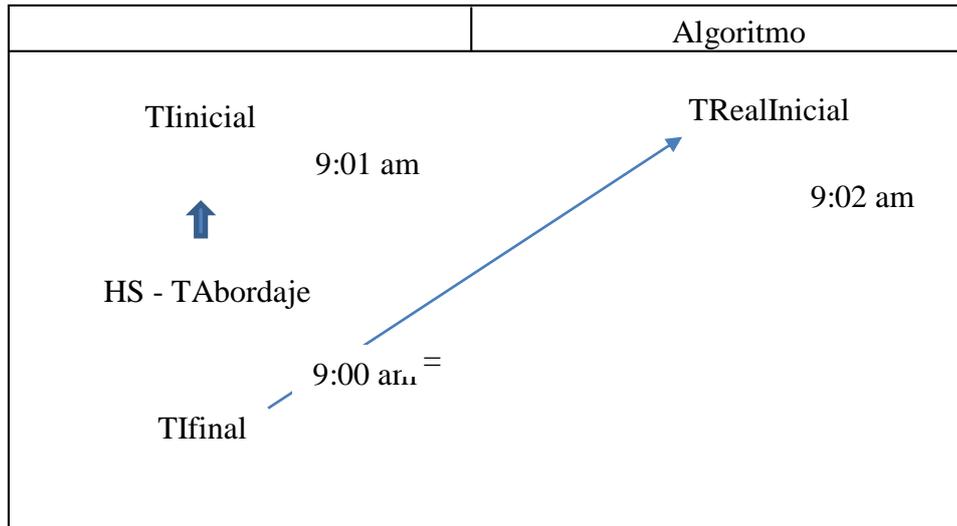
$$T_{final} = T_{inicial} - TPP$$

Por tanto, la función objetivo se define de la siguiente manera:

$$\text{Min} \sum_1^n T_{RealInicial} - T_{final}$$

En la Figura 18 se muestra un ejemplo gráfico de la función objetivo en la que se puede ver que la diferencia del  $T_{RealInicial}$  y  $T_{final}$  es mayor que 0. El caso ideal que se espera tener es 0.

<sup>4</sup>  $T_{inicial}$ : Este tiempo se obtiene sin asignar una puerta de embarque al vuelo.



**Figura 18:** Descripción gráfica de la función objetivo

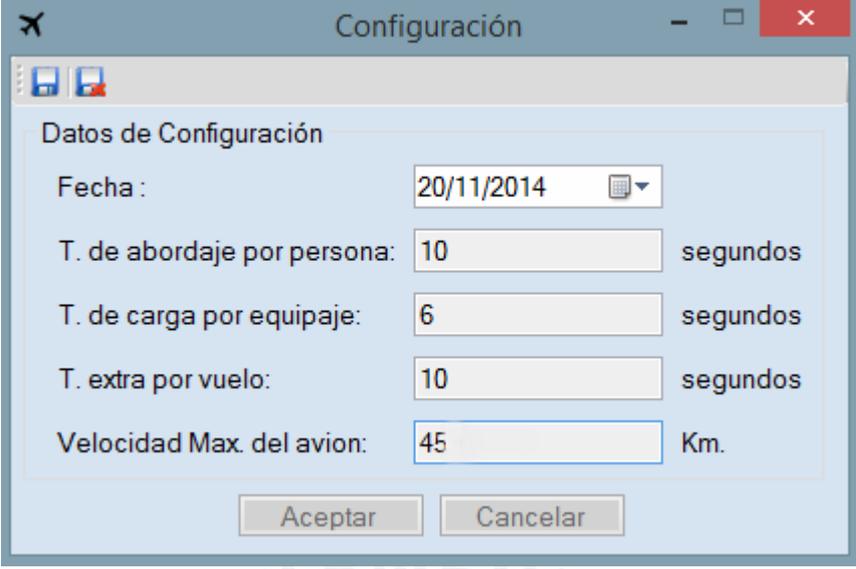
Los vuelos estarán ordenados por la hora de inicio de abordaje y de eso depende la prioridad que tenga. La distancia que se tiene de cada una de las puertas de embarque a la pista principal en conjunto con la velocidad máxima permitida del avión servirá para calcular el tiempo que se demora en llegar el avión a la pista principal. Esta información será necesaria para obtener el tiempo ideal final ( $T_{final}$ ) que considera la asignación de una puerta de embarque disponible y más cercano a la pista principal.

#### 1.4 Interfaz para el uso del algoritmo

En la Figura 18 se muestra la pantalla de configuración para algunos datos que serán necesarios para iniciar la asignación de las puertas de embarque a los vuelos programados. Los campos a considerar serán tiempo de abordaje por persona, tiempo de carga por equipaje, fecha del día y un tiempo extra que considera tiempo desde la puerta de embarque hasta la pista principal más tiempo adicional en caso de demoras en el abordaje.

Estos campos son necesarios para tener el turno de atención del vuelo, ya que actualmente se asigna un tiempo común para todos los vuelos sin importar estas variables. Si se consideraran en la actualidad, se podría mejorar la gestión de los vuelos evitando retrasos o aviones en una larga espera de atención.

Las variables de configuración serán ingresados una sola vez y antes del inicio del día.



The screenshot shows a window titled 'Configuración' with a standard Windows-style title bar. Below the title bar is a toolbar with save and print icons. The main area is titled 'Datos de Configuración' and contains five input fields with labels and units:

Label	Value	Unit
Fecha :	20/11/2014	
T. de abordaje por persona:	10	segundos
T. de carga por equipaje:	6	segundos
T. extra por vuelo:	10	segundos
Velocidad Max. del avion:	45	Km.

At the bottom of the window are two buttons: 'Aceptar' and 'Cancelar'.

**Figura 19:** Pantalla de configuración para datos iniciales del algoritmo [Fuente propia]

### 1.5 Resultados de algoritmo

En la Figura 19 se muestra el resultado de ejecutar la simulación con información de 20 vuelos que son asignados a 4 puertas de embarque disponibles, el cual se puede observar en la Figura 20. El resultado está compuesto del número de vuelo, número de puerta, número de simulación, inicio de abordaje y fin de abordaje. Asimismo, en la Figura 5.4 se puede observar los vuelos asignados para cada una de las puertas de embarque activas tales como las puertas N° 7, 8, 11,12; el resto de puertas están deshabilitadas y son marcadas con un círculo color rojo.

Es importante resaltar que la ejecución del algoritmo se debe realizar 3 o 2 horas antes del comienzo del día siguiente, debido a que se darán casos de vuelos que deben ser atendidos antes del comienzo del día. Además de eso, se podrá ejecutar el algoritmo cada vez que se registren vuelos de emergencia ocasionando que los vuelos restantes también se reasignen a otras puertas de embarque.

Por último, en la Figura 21 se puede observar los vuelos asignados a la puerta de embarque N°8. Este ejemplo ha sido elaborado para que se pueda entender la ejecución del algoritmo y sus resultados.

Fecha: 20/11/2014 Iniciar Simulación

Resultados de simulación

	Numero de vuelo	Número de puerta	Inicio de abordaje	Fin de abordaje
▶	LAN2514	7	20/11/2014 12:30 a.m.	20/11/2014 01:05 a.m.
	SKW150	8	20/11/2014 12:58 a.m.	20/11/2014 01:35 a.m.
	LAN601	7	20/11/2014 01:07 a.m.	20/11/2014 01:40 a.m.
	LAN600	11	20/11/2014 01:24 a.m.	20/11/2014 01:40 a.m.
	AAL988	7	20/11/2014 02:12 a.m.	20/11/2014 02:45 a.m.
	CMP338	8	20/11/2014 02:19 a.m.	20/11/2014 02:40 a.m.
	ACA81	7	20/11/2014 02:50 a.m.	20/11/2014 03:15 a.m.
	AVA954	7	20/11/2014 03:36 a.m.	20/11/2014 04:10 a.m.
	CMP174	8	20/11/2014 04:08 a.m.	20/11/2014 04:35 a.m.
	CMP492	7	20/11/2014 04:38 a.m.	20/11/2014 04:54 a.m.
	AVA140	8	20/11/2014 04:39 a.m.	20/11/2014 05:05 a.m.

Figura 20: Resultado de ejecución de algoritmo [Fuente propia]

Administrar Puerta de Embarque

Inicio Seguridad Puerta de Embarque Plan de Vuelo Asignación de Vuelos Reporte

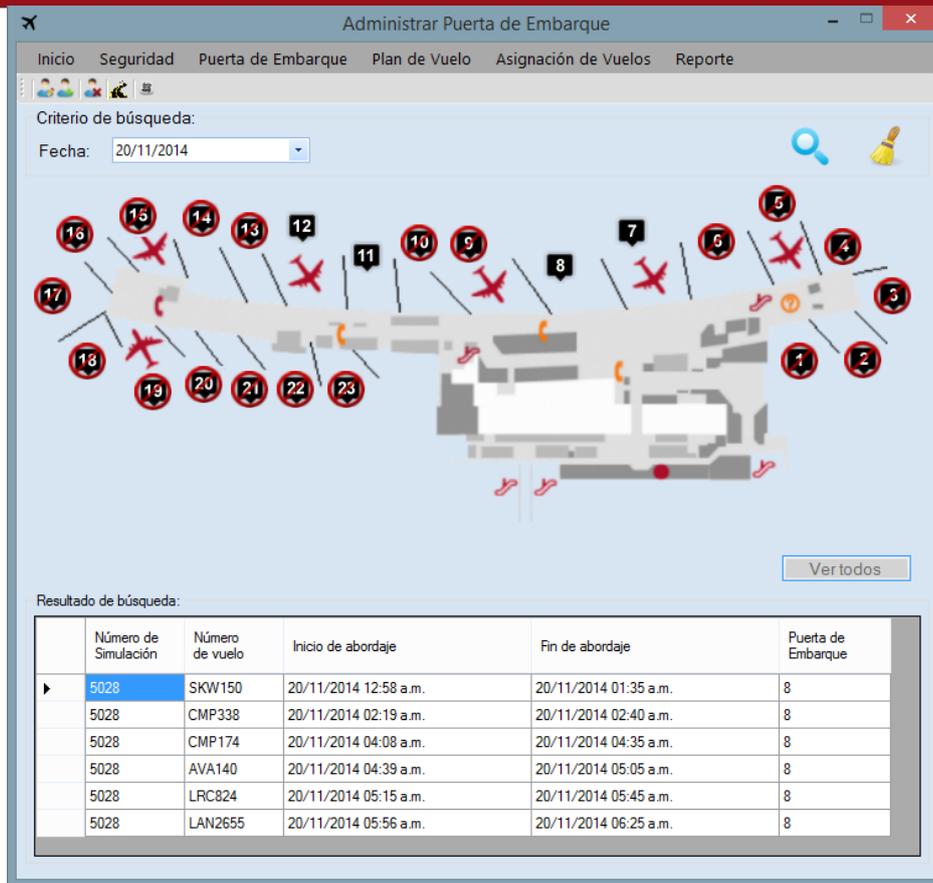
Criterio de búsqueda:  
Fecha: 20/11/2014

Ver todos

Resultado de búsqueda:

	Número de Simulación	Número de vuelo	Inicio de abordaje	Fin de abordaje	Puerta de Embarque
▶	5028	LAN2514	20/11/2014 12:30 a.m.	20/11/2014 01:05 a.m.	7
	5028	SKW150	20/11/2014 12:58 a.m.	20/11/2014 01:35 a.m.	8
	5028	LAN601	20/11/2014 01:07 a.m.	20/11/2014 01:40 a.m.	7
	5028	LAN600	20/11/2014 01:24 a.m.	20/11/2014 01:40 a.m.	11
	5028	AAL988	20/11/2014 02:12 a.m.	20/11/2014 02:45 a.m.	7
	5028	CMP338	20/11/2014 02:19 a.m.	20/11/2014 02:40 a.m.	8
	5028	ACA81	20/11/2014 02:50 a.m.	20/11/2014 03:15 a.m.	7

Figura 21: Resultado de asignación de puertas de embarque [Fuente propia]



**Figura 22:** Resultados de la puerta de embarque N°8 [Fuente propia]

Cabe recalcar que cada una de las simulaciones realizadas para la asignación de puertas de embarque se va a grabar automáticamente en conjunto con el valor asignado a las variables de configuración, es decir que por cada simulación que se haga se podrán guardar la configuración con el resultado del algoritmo.

Para mayor detalle del análisis del resultado del algoritmo se puede revisar el Anexo 9.

## CAPÍTULO 6: Prototipo del Sistema

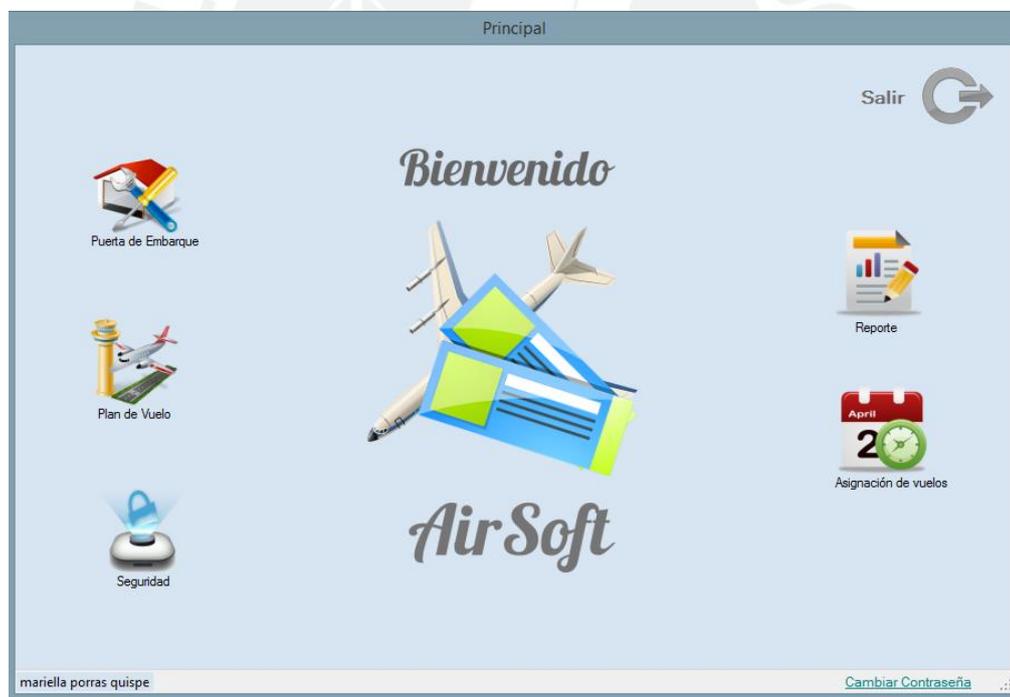
En el presente capítulo se va a detallar los pasos que se han seguido para alcanzar el objetivo específico 4, el cual está referido al prototipo funcional del sistema de gestión de vuelos de salida.

### 1.1 Descripción

Para desarrollar los casos de usos del sistema, fue necesario implementar el prototipo funcional de cada uno de los módulos que tiene el sistema de información de gestión de vuelos de salida. Para mayor detalle de las principales funcionalidades del sistema se puede revisar el Anexo 9.

### 1.2 Desarrollo de módulos

En el módulo principal se muestran los accesos a los módulos que tiene el sistema, información del usuario conectado y cambio de contraseña, tal cual se puede visualizar en la Figura 22.

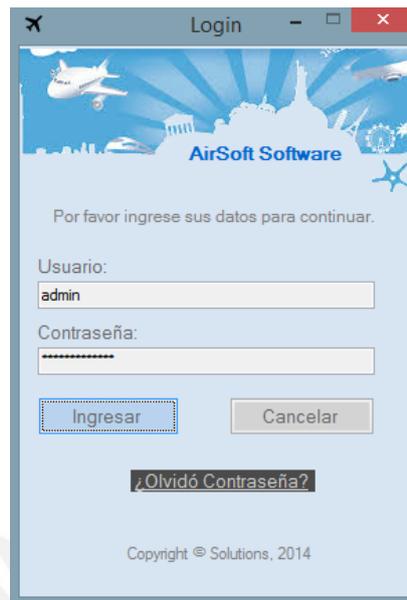


**Figura 23:** Prototipo de ventana principal del sistema [Fuente propia]

#### 1.2.1 Módulo de Seguridad

- **Iniciar Sesión:** Representa el caso de uso SEG-CU04: Iniciar Sesión, el cual permite el acceso al sistema mediante el ingreso de un usuario y una contraseña. Asimismo, se puede ver la opción ¿Olvidó Contraseña? cuando no se recuerda la

contraseña. Se puede visualizar en la Figura 23 el inicio de sesión con el usuario “admin”.



**Figura 24:** Prototipo de ventana para Iniciar Sesión [Fuente propia]

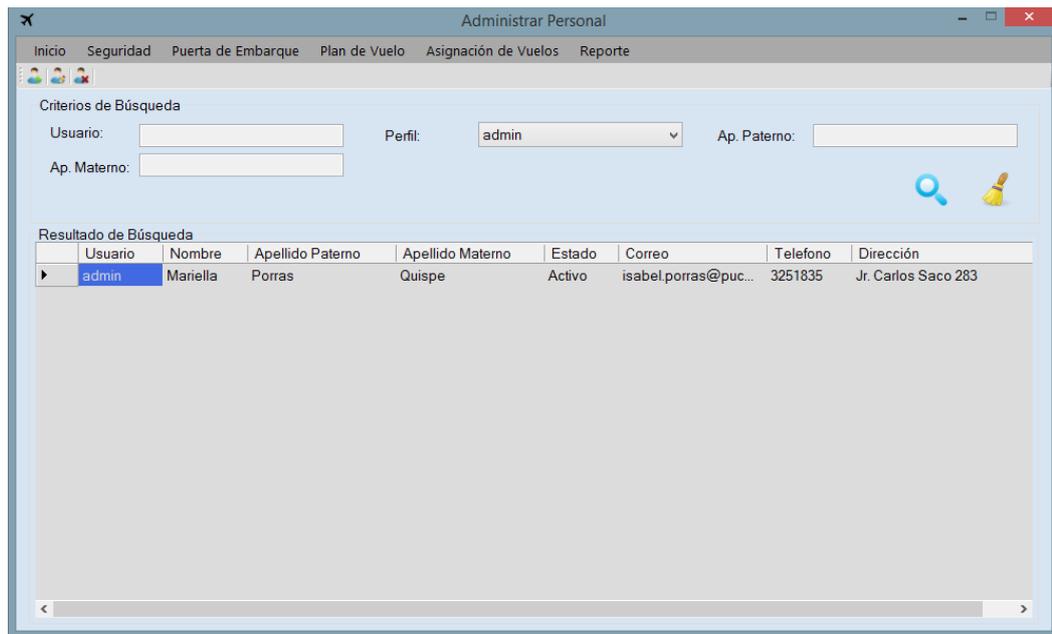
- Menú Módulo de Seguridad: Permite acceder al sub-módulo personal, Perfil y Auditoría. Se puede visualizar en la Figura 24



**Figura 25:** Prototipo de Menú Módulo de Seguridad [Fuente propia]

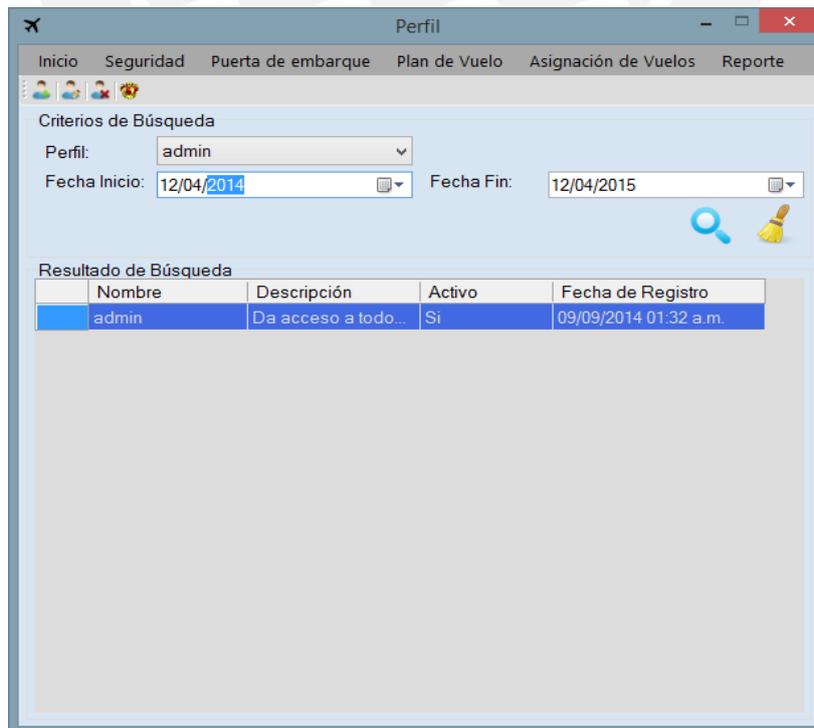
- Menú Administrar Personal: Representa el caso de uso SEG-CU01: Administrar usuarios del sistema, el cual permite agregar, editar y remover un personal. En este caso se muestra información del usuario “admin” y los detalles del usuario

como nombre, apellido materno, apellido paterno, estado de la cuenta de usuario, correo, teléfono y dirección. Se puede visualizar en la Figura 25.



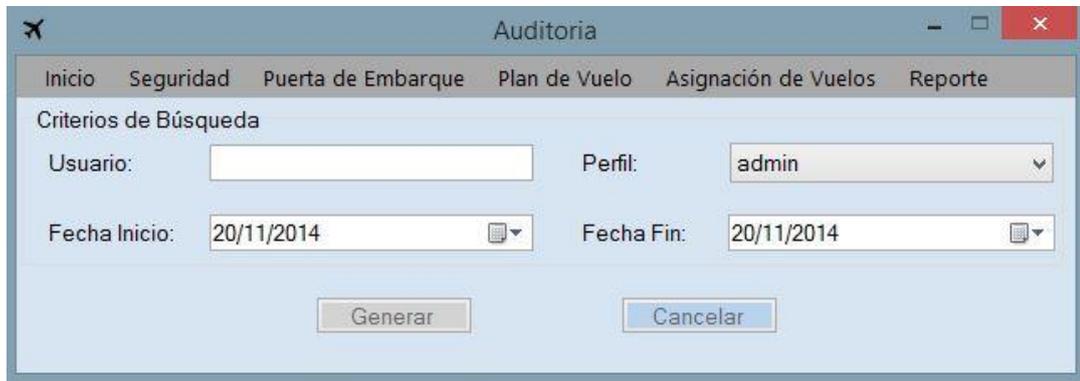
**Figura 26:** Prototipo de Menú Administrar Perfil [Fuente propia]

- Menú Administrar Perfil: Representa el caso de uso SEG-CU02: Administrar perfiles del sistema, el cual permite agregar, modificar y desactivar un perfil. Se puede visualizar en la Figura 26 información del Perfil Admin como descripción, estado y fecha de registro.



**Figura 27:** Prototipo de Menú Administrar Personal [Fuente propia]

- Auditoria: Representa el caso de uso SEG-CU03: Consultar registro de actividades, el cual permite ver todo el registro de actividades que los usuarios han realizado. Este formulario solo muestra los criterios de búsqueda. Al dar clic en “Generar” se generará el reporte de auditoria. Se puede visualizar en la Figura 27 la selección del registro de actividades para el perfil “admin” para el día 20 de noviembre.



The screenshot shows a window titled 'Auditoria' with a menu bar containing 'Inicio', 'Seguridad', 'Puerta de Embarque', 'Plan de Vuelo', 'Asignación de Vuelos', and 'Reporte'. Below the menu is a section for search criteria with the following fields:

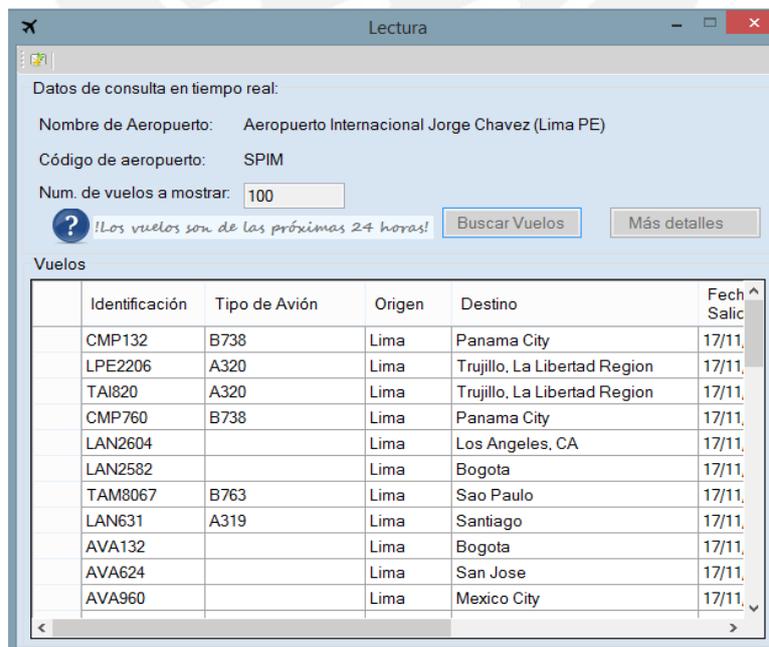
- Usuario: (empty text box)
- Perfil: dropdown menu with 'admin' selected
- Fecha Inicio: 20/11/2014 (calendar icon)
- Fecha Fin: 20/11/2014 (calendar icon)

At the bottom are two buttons: 'Generar' and 'Cancelar'.

Figura 28: Prototipo de Auditoria [Fuente propia]

### 1.2.2 Módulo de Plan de vuelo

- Lectura de vuelos: Representa el caso de uso PDV-CU02: Lectura de vuelos en tiempo real, el cual permite la lectura de vuelos de los vuelos de salida del Aeropuerto Internacional Jorge Chavez. Se puede visualizar en la Figura 28 información sobre los vuelos como identificación, tipo de avión, origen, destino, fecha de salida, hora de salida, fecha de llegada, hora de llegada, carga del avión, y total de pasajeros. Para información más detallada sobre estos campos se podrá revisar el Capítulo 2. La lectura de vuelos ha sido realizada para el día 20 de noviembre.



The screenshot shows a window titled 'Lectura' with the following information:

Datos de consulta en tiempo real:

- Nombre de Aeropuerto: Aeropuerto Internacional Jorge Chavez (Lima PE)
- Código de aeropuerto: SPIM
- Num. de vuelos a mostrar: 100

Buttons: 'Buscar Vuelos' and 'Más detalles'. A message says: '¡Los vuelos son de las próximas 24 horas!'.

Table of flights:

	Identificación	Tipo de Avión	Origen	Destino	Fecha Salic
	CMP132	B738	Lima	Panama City	17/11,
	LPE2206	A320	Lima	Trujillo, La Libertad Region	17/11,
	TAI820	A320	Lima	Trujillo, La Libertad Region	17/11,
	CMP760	B738	Lima	Panama City	17/11,
	LAN2604		Lima	Los Angeles, CA	17/11,
	LAN2582		Lima	Bogota	17/11,
	TAM8067	B763	Lima	Sao Paulo	17/11,
	LAN631	A319	Lima	Santiago	17/11,
	AVA132		Lima	Bogota	17/11,
	AVA624		Lima	San Jose	17/11,
	AVA960		Lima	Mexico City	17/11,

Figura 29: Prototipo de Lectura de vuelos [Fuente propia]

- Administrar Vuelos: Representa el caso de uso PDV-CU03: Administrar vuelos, el cual permite agregar, modificar y cancelar vuelos. Se puede visualizar en la Figura 29 la búsqueda de vuelos para el día 20 de noviembre.

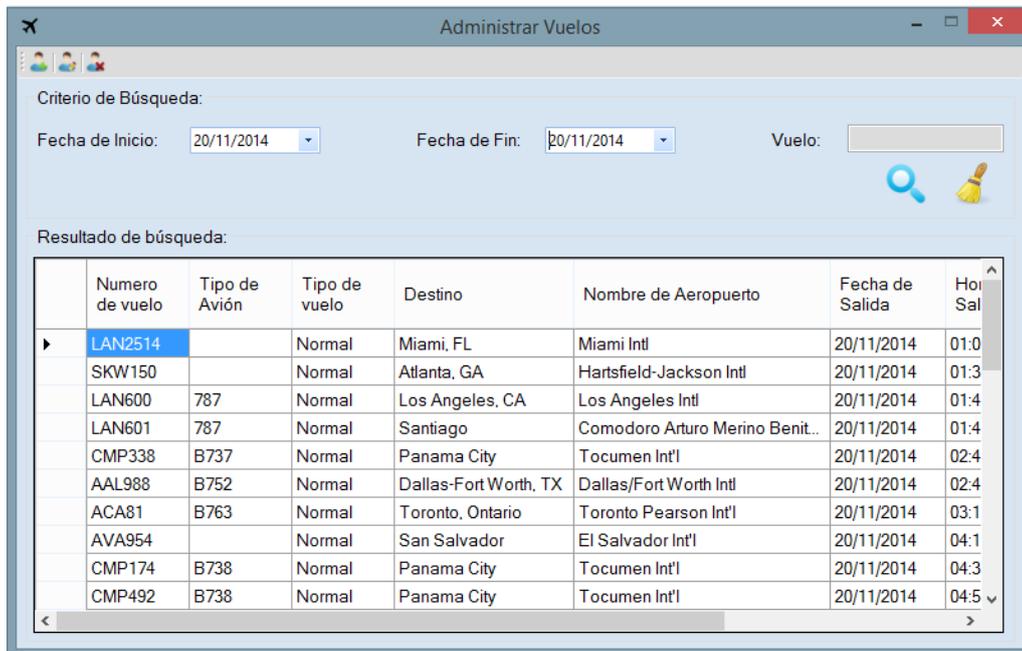


Figura 30: Prototipo de Administración de Vuelos [Fuente propia]

- Pendiente de aprobación: Representa el caso de uso PDV-CU04: Consultar vuelos pendientes de aprobación, el cual permite obtener todos los vuelos que están pendientes para aprobar por el Jefe de Control. Estos vuelos pendientes son de tipo Emergencia. Se puede visualizar en la Figura 30 que se tiene un vuelo pendiente de aprobación.

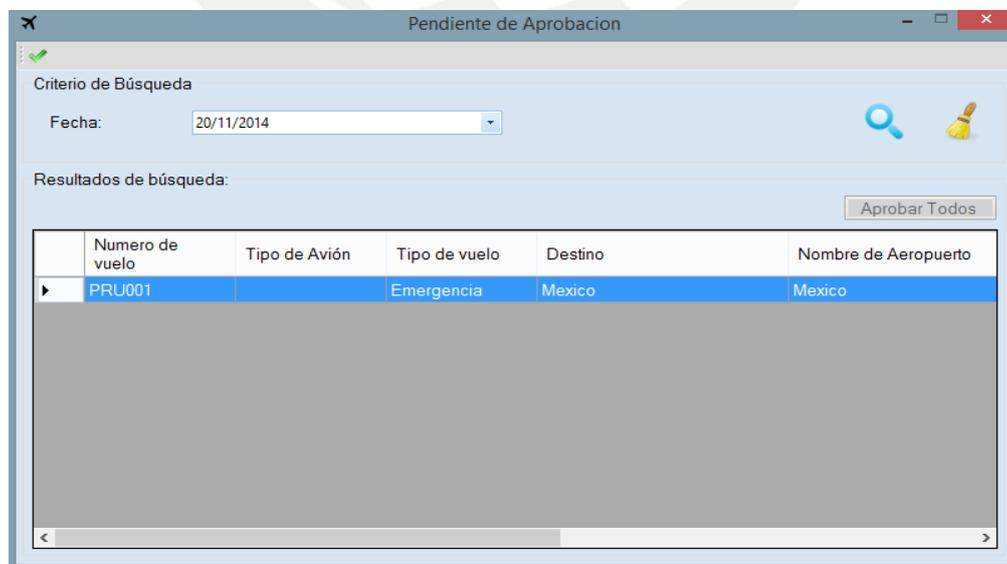
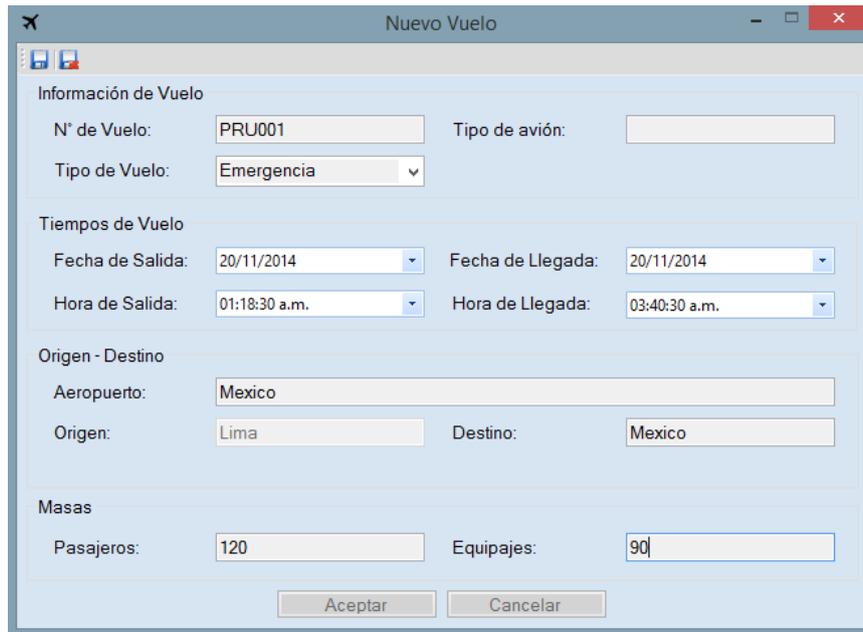


Figura 31: Prototipo de Pendiente de Aprobación [Fuente propia]

Previo a ello, se tuvo que crear el vuelo de emergencia como se muestra en la Figura 31 ingresando los datos que se muestran en la ventana de Nuevo Vuelo.



**Nuevo Vuelo**

Información de Vuelo

N° de Vuelo: PRU001      Tipo de avión:

Tipo de Vuelo:

Tiempos de Vuelo

Fecha de Salida: 20/11/2014      Fecha de Llegada: 20/11/2014

Hora de Salida: 01:18:30 a.m.      Hora de Llegada: 03:40:30 a.m.

Origen - Destino

Aeropuerto:

Origen:       Destino:

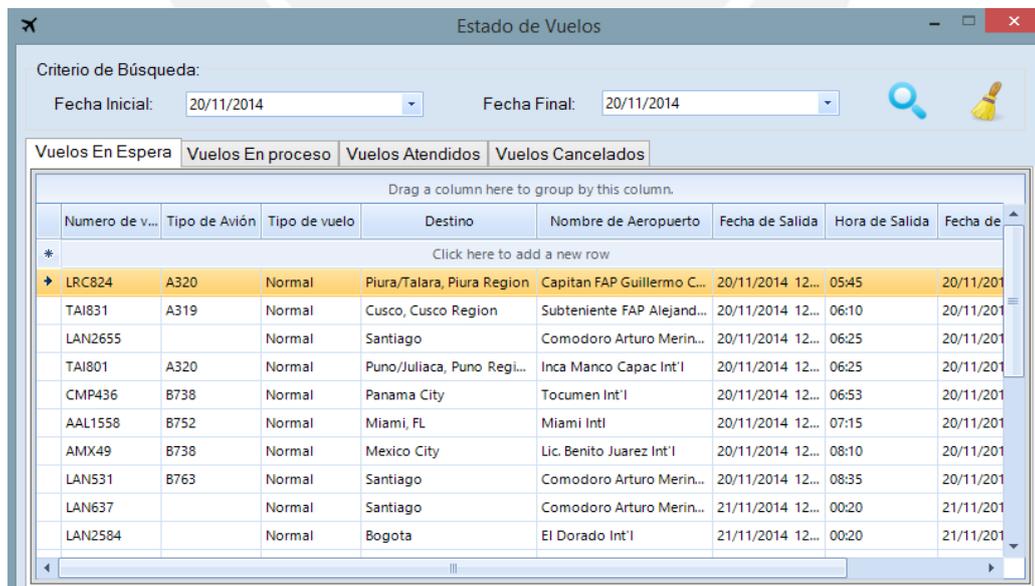
Masas

Pasajeros:       Equipajes:

**Figura 32:** Prototipo de Pendiente de Aprobación [Fuente propia]

- Estado de Vuelos: Permitirá visualizar el estado de todos los vuelos programados. Se puede visualizar en la Figura 32 información sobre los vuelos en espera tales como nombre del vuelo, tipo de avión, tipo de vuelo, destino, nombre de aeropuerto, fecha de salida, hora de salida, fecha de llegada y hora de llegada. La misma información será mostrada para los vuelos en proceso, vuelos atendidos y vuelos cancelados.



**Estado de Vuelos**

Criterio de Búsqueda:

Fecha Inicial: 20/11/2014      Fecha Final: 20/11/2014

Vuelos En Espera    Vuelos En proceso    Vuelos Atendidos    Vuelos Cancelados

Numero de v...	Tipo de Avión	Tipo de vuelo	Destino	Nombre de Aeropuerto	Fecha de Salida	Hora de Salida	Fecha de
* Click here to add a new row							
LRC824	A320	Normal	Piura/Talara, Piura Region	Capitan FAP Guillermo C...	20/11/2014 12...	05:45	20/11/201
TAI831	A319	Normal	Cusco, Cusco Region	Subteniente FAP Alejand...	20/11/2014 12...	06:10	20/11/201
LAN2655		Normal	Santiago	Comodoro Arturo Merin...	20/11/2014 12...	06:25	20/11/201
TAI801	A320	Normal	Puno/Juliaca, Puno Regi...	Inca Manco Capac Int'l	20/11/2014 12...	06:25	20/11/201
CMP436	B738	Normal	Panama City	Tocumen Int'l	20/11/2014 12...	06:53	20/11/201
AAL1558	B752	Normal	Miami, FL	Miami Intl	20/11/2014 12...	07:15	20/11/201
AMX49	B738	Normal	Mexico City	Lic. Benito Juarez Int'l	20/11/2014 12...	08:10	20/11/201
LAN531	B763	Normal	Santiago	Comodoro Arturo Merin...	20/11/2014 12...	08:35	20/11/201
LAN637		Normal	Santiago	Comodoro Arturo Merin...	21/11/2014 12...	00:20	21/11/201
LAN2584		Normal	Bogota	El Dorado Int'l	21/11/2014 12...	00:20	21/11/201

**Figura 33:** Prototipo de Estado de Vuelos [Fuente propia]

- Menú Plan de Vuelo: Representa el caso de uso PDV-CU01: Consultar vuelos programados, el cual permitirá visualizar la programación de todos los vuelos, la administración de estos, aprobar los vuelos pendientes y ver los estados de todos los vuelos. Se puede visualizar en la Figura 33 información de 20 vuelos programados para el día 20 de noviembre. Además se pueden distinguir los vuelos cancelados que están con color rojo en una barra vertical. Los vuelos demás vuelos tienen un color blanco en la barra vertical siempre y cuando estén en proceso de atención y los vuelos que no poseen ninguna barra vertical son los vuelos que ya han sido atendidos.

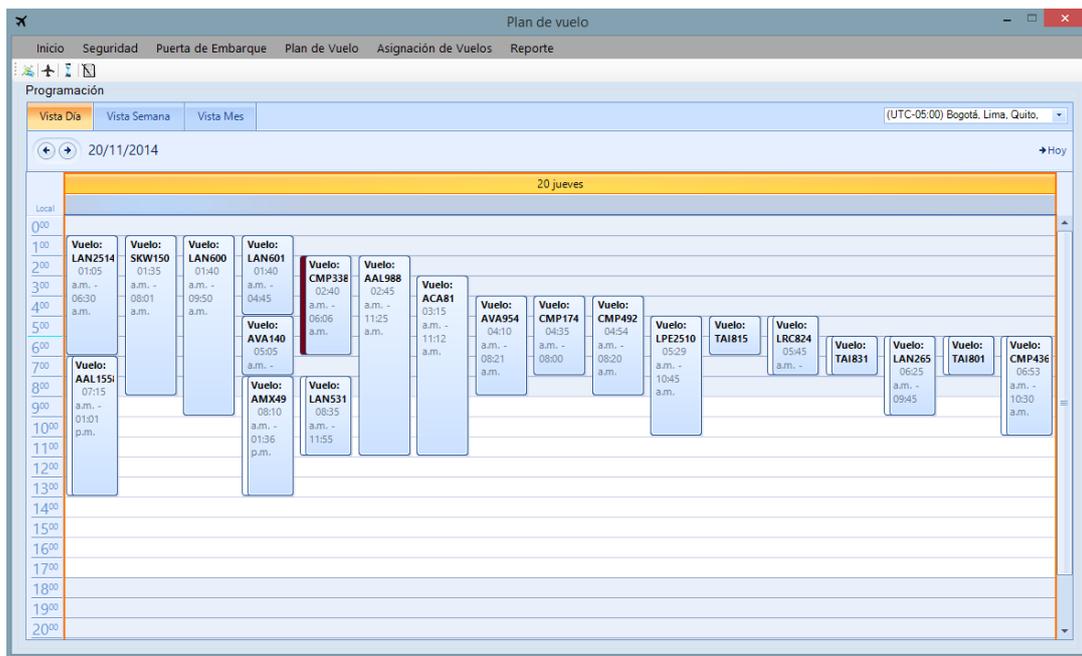


Figura 34: Prototipo de Plan de Vuelo [Fuente propia]

### 1.2.3 Módulo de Puerta de Embarque

- Administrar Puerta de Embarque: Representa el caso de uso PDE-CU01: Administrar puerta de embarque, el cual permitirá saber los vuelos que han sido asignados a las puertas de embarque, asimismo se podrá visualizar las puertas que están disponibles, poder editarlas y deshabilitarlas. En la Figura 34 se podrá visualizar que solo se tienen activas 4 puertas de embarque como la puerta N°7, 8, 11 y 12. Las demás puertas de embarque están inactivas y se muestran con un círculo de color rojo. La información que se muestra es para el día 20 de noviembre para un total de 20 vuelos y muestra los siguientes campos como número de simulación, número de vuelo, inicio de abordaje, fin de abordaje y puerta de embarque asignada.

Es importante resaltar que para obtener la información de los vuelos asignados a las puertas de embarque, se debió ingresar primero la configuración de las variables de

entrada del algoritmo y luego iniciar la simulación, es decir la ejecución del algoritmo. Existen validaciones que no dejarán que se vea la información si no se ha realizado los pasos descritos.

- Consultar distancia a Pista Principal: Representa el caso de uso PDE-CU05: Consultar información de distancia de puerta de embarque, el cual permitirá consultar la distancia a la pista principal de todas las puertas. Asimismo, se podrá modificar la información. La Figura 35 muestra la información del número de puerta, si está disponible, número de pista, distancia a la pista principal en kilómetros.

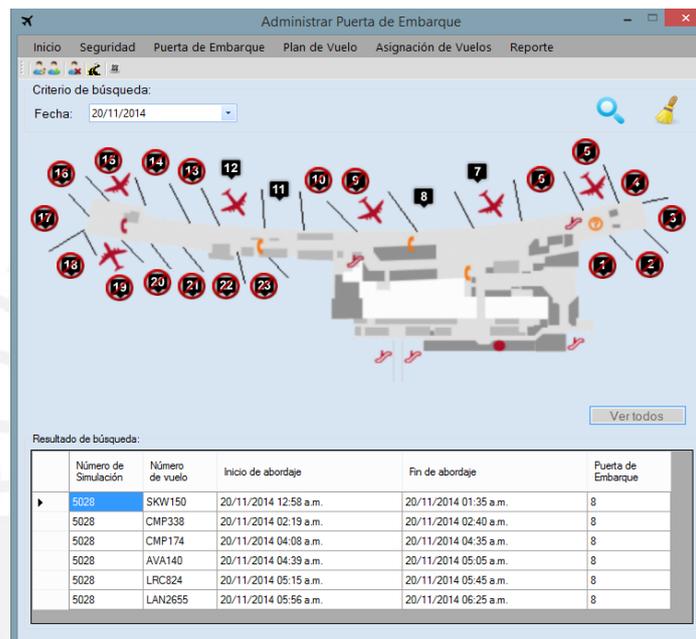


Figura 35: Prototipo de Administrar Puerta de Embarque [Fuente propia]

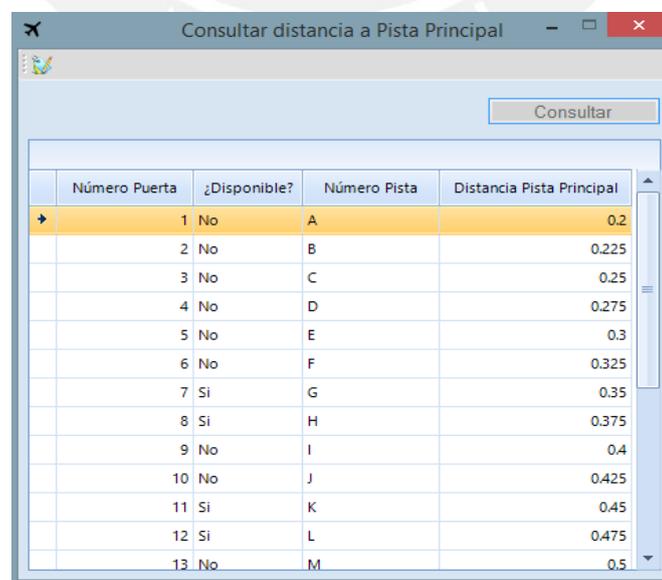
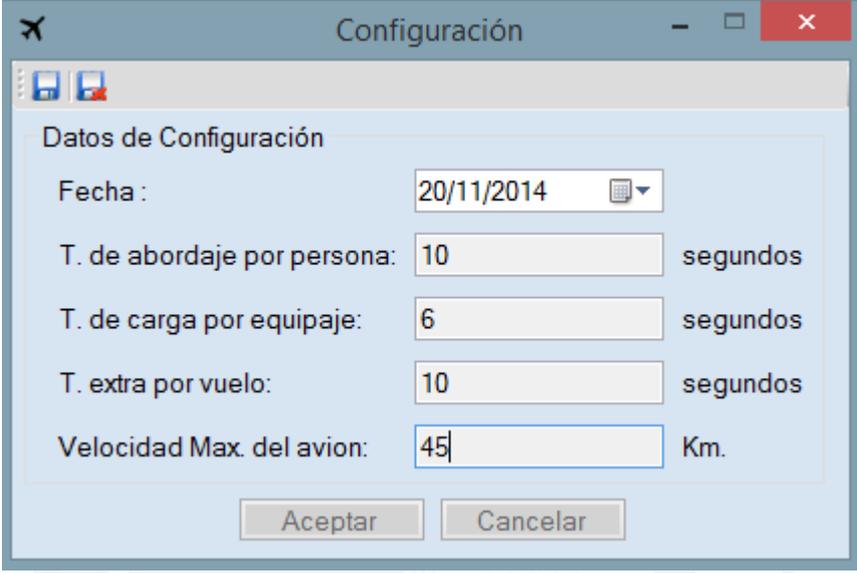


Figura 36: Prototipo de Consulta de distancia [Fuente propia]

- Configuración: Representa el caso de uso PDE-CU03: Configurar variables para algoritmo de asignación, el cual permitirá ingresar los datos de las variables que son los datos de entrada del método de asignación. Para obtener la configuración del día se debe ingresar información como fecha, tiempo de abordaje por persona, tiempo de carga por equipaje, tiempo extra por vuelo y velocidad máxima del avión tal cual se muestra en la Figura 36. Estos datos se obtienen de reportes que se manejan internamente en el área de la Torre de Control.

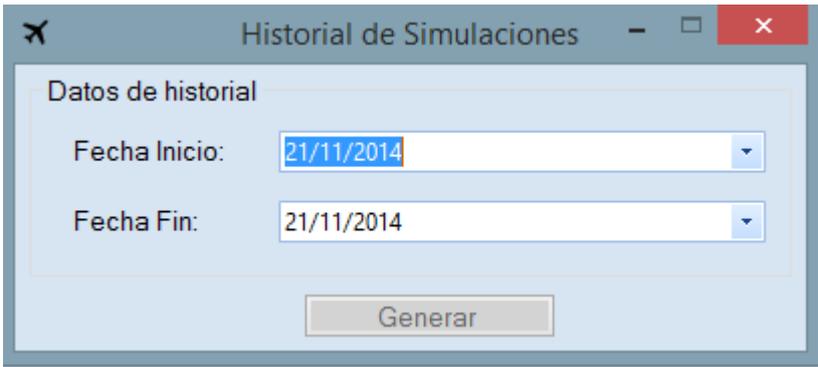

 A screenshot of a software window titled "Configuración". The window contains a form with the following fields:
 

- Fecha: 20/11/2014 (with a calendar icon)
- T. de abordaje por persona: 10 segundos
- T. de carga por equipaje: 6 segundos
- T. extra por vuelo: 10 segundos
- Velocidad Max. del avion: 45 Km.

 At the bottom of the window are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

**Figura 37:** Prototipo de Configuración [Fuente propia]

- Historial de Simulaciones: Permitirá ver todas las simulaciones realizadas tanto de los vuelos normales como de los vuelos de emergencia, ya que estos últimos generan reasignación de puertas de embarque. En la Figura 37 se podrá visualizar la pantalla para el ingreso del rango de fechas de las que se desea consultar y haciendo clic en el botón "Generar" se obtendrá el reporte que tendrá la opción de ser exportado a varios formatos como pdf y excel.

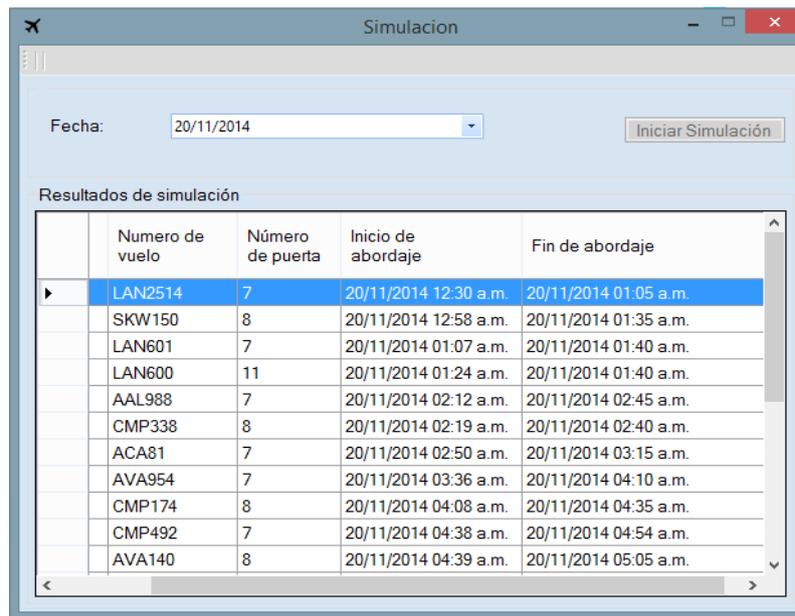

 A screenshot of a software window titled "Historial de Simulaciones". The window contains a form with the following fields:
 

- Fecha Inicio: 21/11/2014 (dropdown menu)
- Fecha Fin: 21/11/2014 (dropdown menu)

 At the bottom of the window is a button labeled "Generar".

**Figura 38:** Prototipo de Historial de Simulaciones [Fuente propia]

- Simulación: Representa el caso de uso PDE-CU04: Simulación, el cual permitirá iniciar el método de asignación de los vuelos a las puertas de embarque. Es necesario que se ingresen las variables de configuración antes de iniciar la simulación. Si la inicia, los datos de la configuración que usará el algoritmo será la última configuración guardada. En la Figura 38 se puede ver la información del resultado de la asignación como el número de vuelo, número de puerta de embarque, inicio de abordaje, fin de abordaje y número de la simulación.

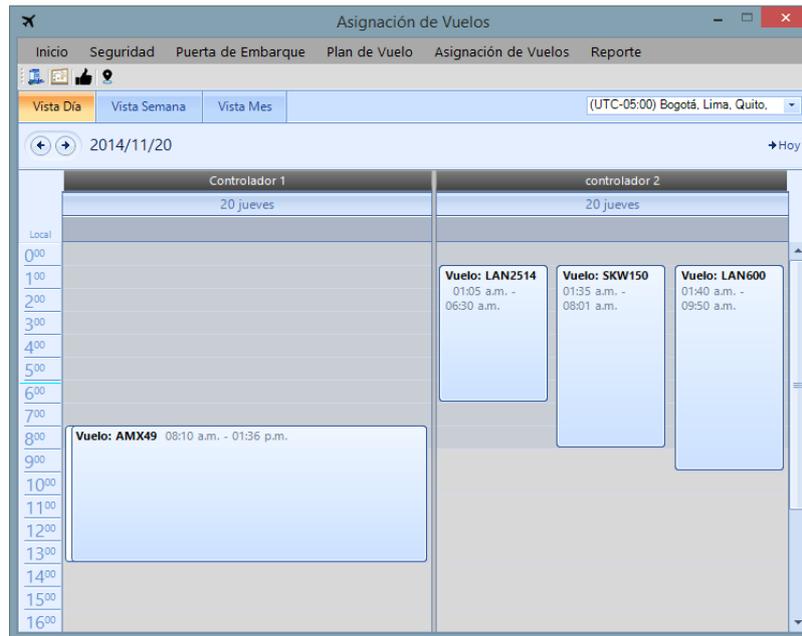


	Numero de vuelo	Número de puerta	Inicio de abordaje	Fin de abordaje
▶	LAN2514	7	20/11/2014 12:30 a.m.	20/11/2014 01:05 a.m.
	SKW150	8	20/11/2014 12:58 a.m.	20/11/2014 01:35 a.m.
	LAN601	7	20/11/2014 01:07 a.m.	20/11/2014 01:40 a.m.
	LAN600	11	20/11/2014 01:24 a.m.	20/11/2014 01:40 a.m.
	AAL988	7	20/11/2014 02:12 a.m.	20/11/2014 02:45 a.m.
	CMP338	8	20/11/2014 02:19 a.m.	20/11/2014 02:40 a.m.
	ACA81	7	20/11/2014 02:50 a.m.	20/11/2014 03:15 a.m.
	AVA954	7	20/11/2014 03:36 a.m.	20/11/2014 04:10 a.m.
	CMP174	8	20/11/2014 04:08 a.m.	20/11/2014 04:35 a.m.
	CMP492	7	20/11/2014 04:38 a.m.	20/11/2014 04:54 a.m.
	AVA140	8	20/11/2014 04:39 a.m.	20/11/2014 05:05 a.m.

Figura 39: Prototipo de Simulación [Fuente propia]

#### 1.2.4 Módulo de Asignación de vuelo

- Asignación de vuelos: Permitirá visualizar la asignación de vuelos a controladores, la administración de las tareas asignadas a los controladores y aprobar las tareas pendientes. En la Figura 39 se podrá visualizar la asignación de los vuelos a los controladores 1 y 2 de acuerdo a sus horarios de trabajo. La asignación de los vuelos se hace considerando la disponibilidad de los controladores, el horario de trabajo y la ubicación del controlador. Este último se refiere al sector en el que se encuentra el controlador. En este caso se encuentran distribuidos dentro de tres sectores tales como A, B y C. Actualmente, no se han tomado en cuenta esta distribución.



**Figura 40:** Prototipo de Asignación de vuelos [Fuente propia]

- **Administrar Tareas:** Representa el caso de uso ADV-CU01: Administrar tareas a controladores, el cual permitirá crear y eliminar la asignación de los vuelos a los controladores. En la Figura 40 hay información de los vuelos que han sido asignados a los controladores como los datos del número de vuelo, nombres y apellidos del controlador, fecha de salida y hora de salida. Para realizar esta prueba se crearon dos controladores aéreos, se agregó una nueva tarea para cada uno de los controladores como se muestra en la Figura 42. La asignación se realiza haciendo clic en el botón “Agregar” y se mostrará una pantalla como la Figura 41 acerca de los vuelos de acuerdo al horario de trabajo del controlador, es decir que si el controlador aéreo tiene un turno de trabajo en las mañanas, solo se mostrarán los vuelos que estén dentro del rango de trabajo del controlador. El ejemplo que se muestra es del Controlador 1 con turno de trabajo de tarde y el del Controlador 2 con un turno de trabajo en las mañanas tal cual se muestra en la Figura 40.

El horario de trabajo de los controladores está dividido en 3 turnos: mañana, tarde y noche empezando desde las 12am y cumpliendo 8 horas de trabajo según los estándares de la Organización de Aeronáutica. Asimismo, se considera una cantidad máxima entre 12 a 14 vuelos que deben ser asignados a un controlador aéreo.

Como requisito para comenzar con la asignación de los vuelos a controladores, se debe, en primero lugar, haber asignado los vuelos a las puertas de embarque.

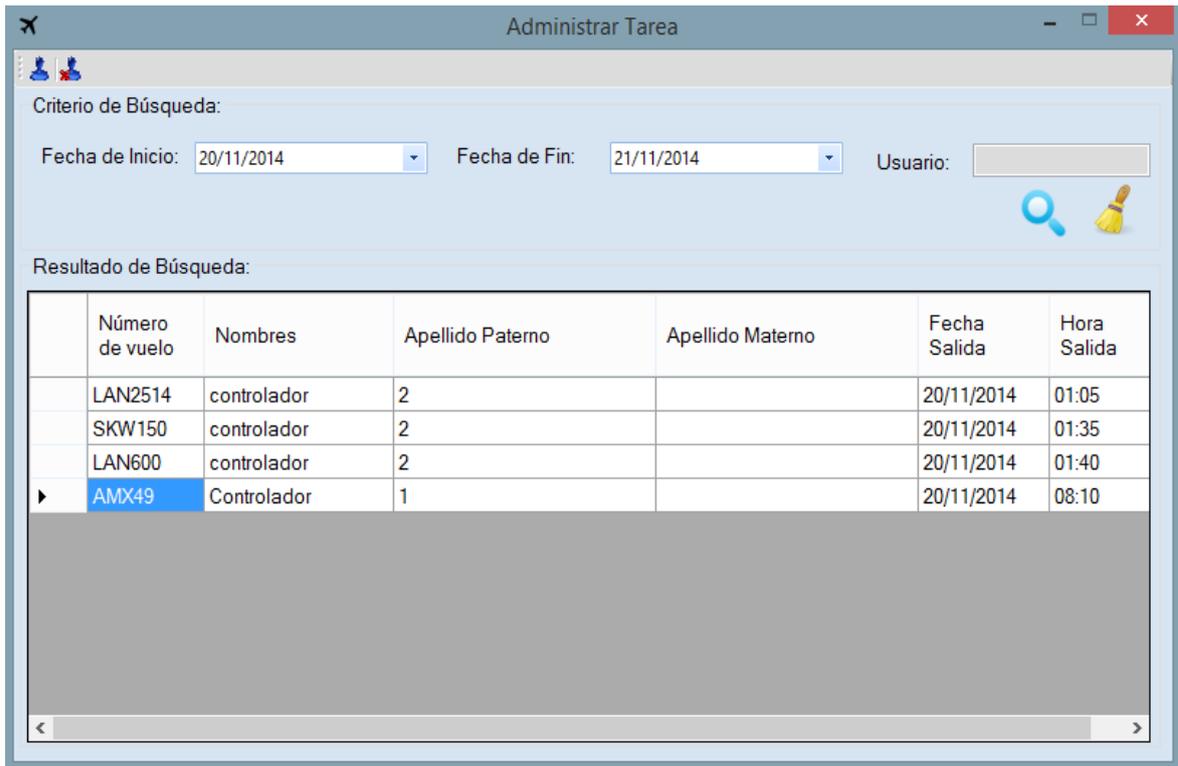


Figura 41: Prototipo de Administrar Tarea [Fuente propia]

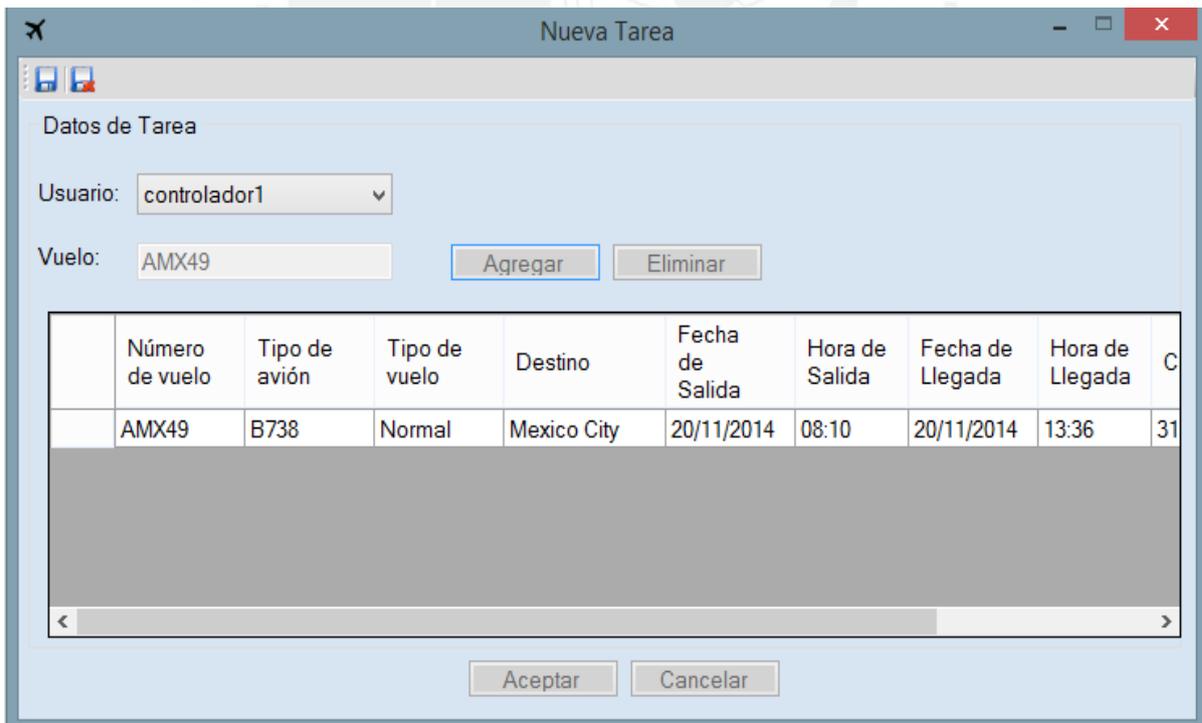
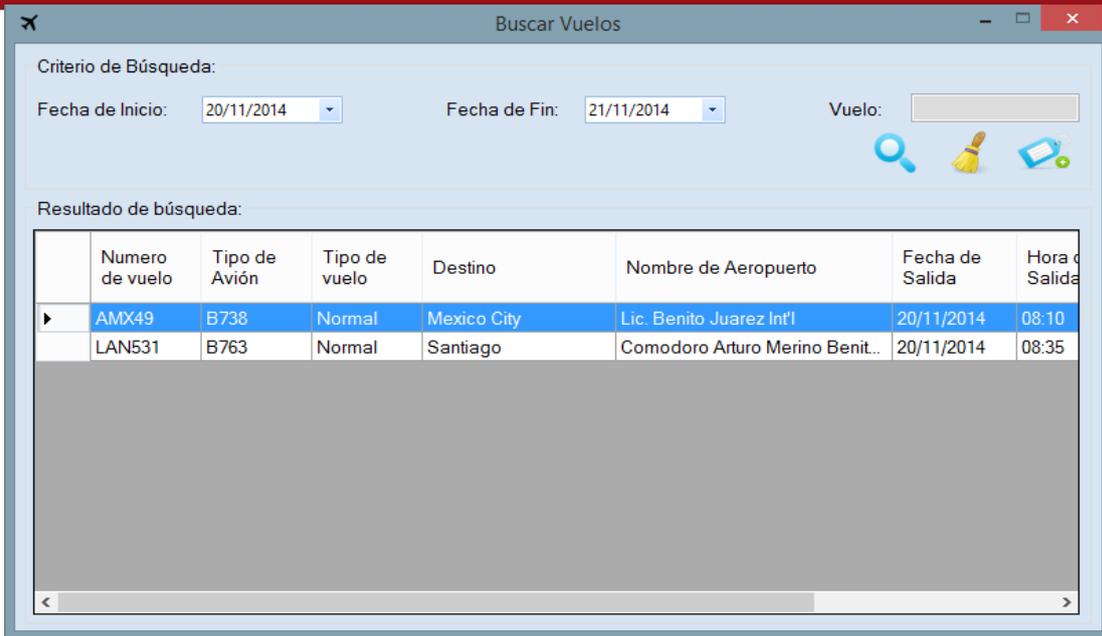
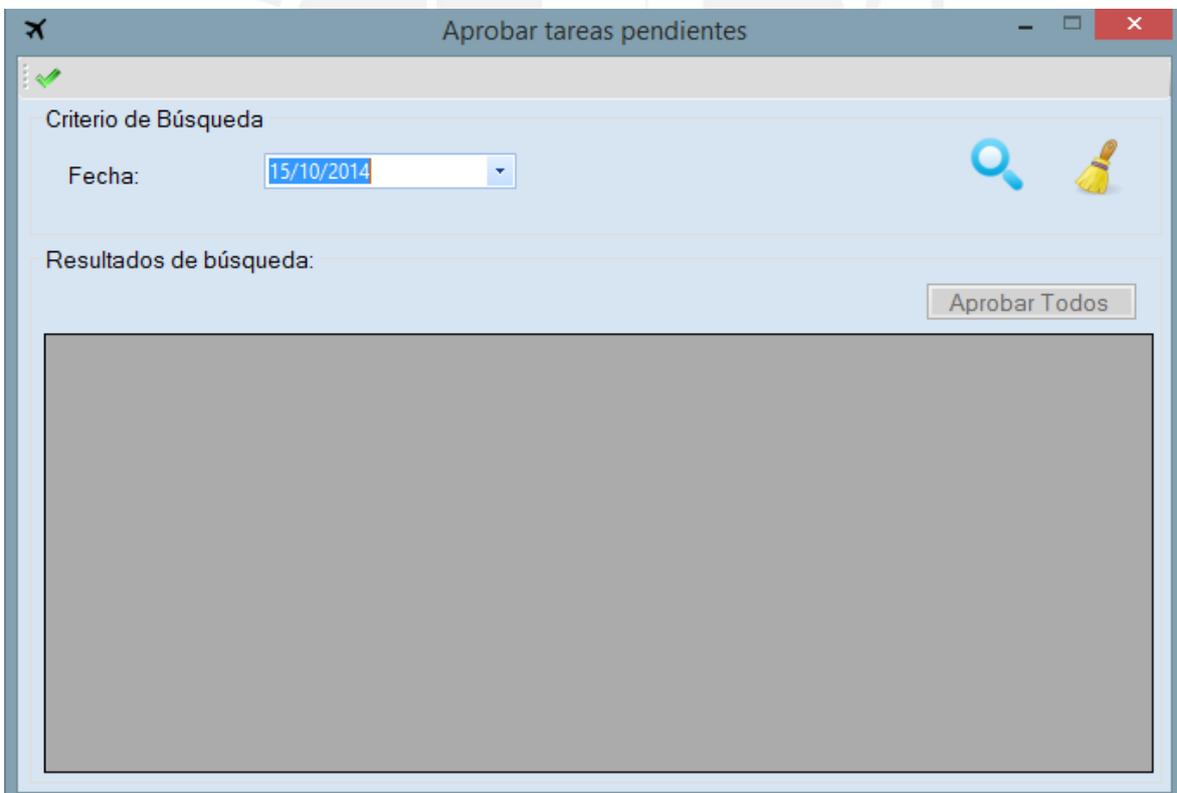


Figura 42: Prototipo de Administrar Tarea [Fuente propia]



**Figura 43:** Prototipo de Administrar Tarea [Fuente propia]

- Aprobar tareas pendientes: Permite obtener todas las tareas que están pendientes para aprobar por el Jefe de Control. Se puede visualizar en la Figura 43 la pantalla.



**Figura 44:** Prototipo de Aprobar tareas pendientes [Fuente propia]

## CAPÍTULO 7: Conclusiones y recomendaciones

En el presente capítulo se detallan las conclusiones a las que se ha llegado y las recomendaciones que se tienen para el sistema.

### 1.1 Conclusiones

A continuación se detallan las conclusiones del presente proyecto:

- Al inicio del proyecto se tuvo ciertas complicaciones con respecto a la información del manejo interno de la gestión de los vuelos, pues es un área restringida. Pese a ello, se logró comunicar con algunas personas que laboran en el área y debido a eso la información de la identificación de las personas es sensible.
- En el caso de la lectura de vuelos en tiempo real, se tuvo ciertas complicaciones con el API, debido a que no se podía tener acceso desde acá a la información que se necesitaba. Sin embargo, gracias a un chat que la aplicación tiene se pudo lograr una comunicación con un personal que trabaja en la empresa y se obtuvo el código de acceso para la extracción de la información mediante el uso del API.
- El desarrollo de la solución permite que las actividades realizadas en la torre de control, con respecto a las asignación de puertas de embarque y vuelos, sean automatizadas generando una mejor coordinación entre el personal que labora.
- El desarrollo de la solución permite una mejor administración y verificación de las asignaciones de los vuelos a controladores, ya que ellos podrán contar con una programación actualizada de los vuelos que posteriormente van a monitorear.
- El desarrollo de la solución permite que se puedan distinguir el estado de cada uno de los vuelos, pues se marcan con varios colores para diferenciar los vuelos cancelados, en proceso (los vuelos que están abordando) y los atendidos (los vuelos que ya han despegado).
- El desarrollo de la solución permite que se tenga varias simulaciones realizadas para los vuelos del día en el caso que existan varios vuelos de emergencia que se tengan que atender.

- Se implementó una solución acorde a las necesidades del personal que labora en la torre de control y de acuerdo al flujo del proceso que involucra la gestión de vuelos de salida, pues se tomó en consideración cada uno de los requerimientos exigibles.
- La solución permite que se logre un mejor control de todas las actividades que requieren de verificaciones y aprobaciones de acuerdo a los estándares sugeridos por la Organización de Aviación Civil de Aeronáutica.
- La solución permite que se puedan mejorar los tiempos de abordaje de cada uno de los vuelos y también la disponibilidad de las puertas de embarque.
- La solución permite que se puedan atender los vuelos que tienen mayor prioridad como los vuelos de emergencia que son los primeros en ser atendidos y los vuelos restantes son atendidos de acuerdo a su nuevo turno de atención, el cual es definido por el algoritmo de asignación que tiene la solución.

## 1.2 Recomendaciones

A continuación se detallan las recomendaciones para futuros proyectos relacionados con la problemática planteada:

- Se recomienda que se pueda ingresar información de los vuelos del día mediante un archivo cuando no se cuente con internet.
- Si se desea se puede agregar una interfaz para que se pueda comunicar con otro sistema para la lectura de los vuelos.
- Si se desea aplicar el sistema a otro aeropuerto dentro del país, la única condición que se requiere es que se actualice la distribución de las puertas de embarque del aeropuerto al que desea aplicar.
- Si se desea, se puede usar otro tipo de método de asignación de vuelos a puertas de embarque que pueda brindar una mejora a los tiempos de abordaje tomando en consideración las variables actuales de configuración o se pueden agregar nuevas variables que se consideren relevantes.

- En caso se desee considerar algunos estándares más con respecto al control de fatiga de los trabajadores y más a los controladores, se puede agregar un módulo que permita el control y seguimiento a cada una de las tareas que se realizan midiendo porcentajes de rendimiento, estrés y nivel de riesgo operativo.
- En relación a la presentación de la información con respecto a las programaciones, se recomienda usar herramientas que permitan mejorar la organización de estos, ya que es información que causan gran impacto si no se organizan de una buena manera.



## Referencias bibliográficas

### Referencias Web

- [ALN, 2014] AEROLATIN News. 28 de marzo de 2014.  
Consulta: 14 de abril de 2014  
<http://aerolatinnews.com/2014/03/28/aeropuerto-jorge-chavez-de-peru-el-mejor-de-sudamerica-por-sexta-vez/>
- [ATC, 2013] Air Traffic Controllers Association Peru. 07 de agosto de 2013.  
Consulta: 14 de abril de 2014  
<http://atcperu.com/13.08.06.%20Carta%20GG%20-%20Deficiencias%20observadas%20en%20sistema%20AIRCON2100%20y%20nuevo%20ACC.pdf>
- [BIZ, 2014] Bizagi Process Modeler  
Consulta: 31 de mayo de 2014  
<http://www.bizagi.com/index.php/es/productos/bizagi-process-modeler>
- [Corpac, 2014] CORPAC S.A. 2014.  
Consulta: 12 de abril de 2014.  
<http://www.corpac.gob.pe/Main.asp?T=4232>
- [Comsoft., 2014] COMSOFT, 2014.  
Consulta: 21 de noviembre de 2014.  
<http://www.comsoft.aero/products-solutions/atm-automation/prisma/>
- [Flight Aware, 2014] Flight Aware. 2014.  
Consulta: 28 de mayo de 2014  
<http://es.flightaware.com/live/flight/JZA7665>
- [ICAO, 1996] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION.1996  
“RULES OF THE AIR AND AIR TRAFFIC SERVICES”.  
Consulta: 12 de abril de 2014.  
<http://www.gcaa.com.gh/extweb/images/stories/ais/icaodoc4444.pdf>

- [ICAO, 2013] ICAO Standards and Recommend Practices.2013.  
“Compliance Checklist (CC) / Electronic Filing of Differences (EFOD)”.  
Report on entire Annex. Annex2.  
Consulta: 12 de abril de 2014.  
[https://www.caa.govt.nz/ICAO/Annex\\_2\\_Amdt\\_44\\_EFOD.pdf](https://www.caa.govt.nz/ICAO/Annex_2_Amdt_44_EFOD.pdf)
- [ICAO II, 2013] ICAO Standards and Recommend Practices.2013.  
“Compliance Checklist (CC) / Electronic Filing of Differences (EFOD)”.  
Report on entire Annex. Annex11.  
Consulta: 12 de abril de 2014.  
[https://www.caa.govt.nz/ICAO/Annex\\_11\\_Amdt\\_49\\_EFOD.pdf](https://www.caa.govt.nz/ICAO/Annex_11_Amdt_49_EFOD.pdf)
- [ICAO, 2011] INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). 2011.  
Consulta: 12 de abril de 2014  
[http://www.icao.int/safety/Documents/ICAO\\_State-of-Global-Safety\\_web\\_SP.pdf](http://www.icao.int/safety/Documents/ICAO_State-of-Global-Safety_web_SP.pdf)
- [INDRA, 2014] INDRA COMPANY. 2014.  
Consulta: 12 de abril de 2014  
<http://www.indracompany.com/sobre-indra/compania-global-de-ti>
- [INDRA, 2014] INDRA COMPANY. 2014.  
Consulta: 12 de abril de 2014  
<http://www.indracompany.com/en/sectores/transporte-y-traffic/nuestra-oferta/4201/4199/air-traffic-control-automation-system-aircon>
- [IATA, 2014] IATA. 2014.  
Consulta: 13 de abril de 2014  
<http://www.iata.org/>
- [IEEE Standar Association, 2008] IEEE Estándar Asocciation. 2008. IEE Guide:  
Adoptions of the Project Management Institute (PMI) Standard  
Consulta: 28 de mayo de 2014  
[http://standards.ieee.org/develop/wg/1490\\_WG.html](http://standards.ieee.org/develop/wg/1490_WG.html)
- [INEI, 2014] INEI. Producción Nacional 2013.  
Consulta: 14 de abril de 2014

[http://www.inei.gob.pe/media/principales\\_indicadores/01-produccion-nacional-dic-2013.pdf](http://www.inei.gob.pe/media/principales_indicadores/01-produccion-nacional-dic-2013.pdf)

[LAP, 2012] LAP. Memoria Anual 2012.

Consulta: 14 de abril de 2014

[http://www.lap.com.pe/lap\\_portal/pdf/memoriaanual2012.pdf](http://www.lap.com.pe/lap_portal/pdf/memoriaanual2012.pdf)

[OSYRIS, 2013] Barco. OSYRYS, Software de gestión del tráfico aéreo: Gestión de colas.

Consulta: 08 de mayo de 2014

<http://www.barco.com/es/productos-y-soluciones/software>

[Rivera L., 2013] RIVERA, Luis. 2013.

Consulta: 13 de abril de 2014

<http://www.andina.com.pe/Ingles/noticia-transito-aereo-mas-seguro-y-mayor-puntualidad-habra-peru-479879.aspx>

[López Ortega & Santa Villa] López Ortega, D., & Santa Villa, J. 2012. Recuperado el 04 de Junio de 2013.

Consulta: 31 de mayo de 2014

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2737/1/0053L864e.pdf>

[SKYTRAX, 2014] SKYTRAX. 2014.

Consulta: 13 de abril de 2014

<http://www.skytraxresearch.com/>

[RUP, 2014] RationalUnifiedProcess

Consulta: 28 de mayo de 2014

[http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/content/03July/100/1251/1251\\_bestpractices\\_TP026B.pdf](http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/content/03July/100/1251/1251_bestpractices_TP026B.pdf)

[WORD, 2014] Microsoft Word

Consulta: 28 de mayo de 2014

<http://office.microsoft.com/es-es/word/>

## Libros

[Janic, M., 2011] Janic, Milan, 2011, Greening Airports: Advanced Technology and Operations, Springer.

[Templeman & Vitter, 2001] Templeman, J., & Vitter, D. 2001. *Visual Studio. NET: The .NET Framework*. (U. Coriolis Group, Ed.)

[Salvendy, G., Smith, M., 2009] Salvendy, Gavriel, Smith, Michael J, 2009, Human Interface and the Management of Information: Symposium on Human Interface, San Diego, CA USA.

### Leyes y Normas

[EMAS, 2010] EMAS  
EU Eco-Management and Audit Scheme. 11 de enero de 2010.

[ISO 14001, 1996] ISO 14001  
International Organization for Standardization 14001. 1996.

[ISO 9001, 2008] ISO 9001  
International Organization for Standardization 9001. 2008.

[MINTRA, 2011] MINTRA  
Decreto Supremo N° 009-2005-TR. Ley de seguridad y salud ocupacional. 20 de agosto del 2011.

### Artículo

[BCR, 2013] Banco Central de Reserva del Perú. 2013.  
“Panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2014 - 2015” Reporte de Inflación. Abril 2014. pp.15-30

[Corporación FONAFE, 2005] Corporación FONAFE. 2005-2006 .  
“Texto Único Ordenado de la Directiva de Gestión y Proceso Presupuestario de las Empresas bajo el ámbito de FONAFE”. Aprobado mediante Acuerdo No. 007-2005/006-FONAFE. 2005-2006. pp.2-2

[Dechter, 1985] Dechter,R & Pearl,J.

“Generalized Best-First Search Strategies and the Optimality of A\*. Journal of the Association for Computing Machinery. 1985. pp. 505-536

[Enami H, Derakhshan F., 2012] Enami, H; Derakhshan,F. 2012.

“An overview on conflict detection and resolution methods in air traffic management using multi agent systems”.Artificial Intelligence and Signal Process(AISP). 2012. 16th. pp. 293-298

[Kobsa, A., 2001] Kobsa, Alfredo. 2001.

“Generic User Modeling Systems”. User Modeling and User-Adapted Interaction. 2001. pp. 1-2

[ICAO, 2007] ICAO. 2007.

“Procedures for Air Navigating Services”. Air Traffic Management. pp.83-83

[MINTRA, 2011] MINTRA. 2011.

PRINCIPALES INNOVACIONES DE LA LEY 29783 – LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. 2011. Boletín 010.

[NAVCAN, 2006] NAVCAN ATM. 2006.

“Integrated air traffic management Proven. Trusted. Applied. Product Details” 2006. pp. 8-8

[OACI, 2010] ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL. 2010.

“Parte I Transporte aéreo comercial internacional -Aviones”. Anexo 6 al convenio sobre Aviación Civil Internacional. 2010. Novena edición. pp. 3-3

[SAAB, 2012] SAAB. 2012

“Integrated air traffic management systems”. Integrated ATM. 2012. pp. 3-3

[SOAP, 2000] SOAP 2000

“Simple Object Access Protocol (SOAP) 1.1”. W3C Note 08 May. 2000. pp. 2-3

[Wong, 2014] Revista de investigación de Sistemas e Informática  
“Mejorando las debilidades de RUP para la Gestión de proyectos”.  
2010. ISSN 1816-3823(version electronica) pp. 49-56

[WSDL, 2001] WSDL 2001  
“Web Services Description Language (WSDL) 1.1. W3C Note 15  
March. pp. 2-3

### Tesis

[Premysl, V., 2013] Premysl, Volf  
2013, Doctoral Thesis, Multiagent Simulation of Air Space and Air  
Traffic Management, Electrical Engineering and Information  
Technology

[Simaiakis I., 2013] Simaiakis, Ioannis  
2013, Doctor of Philosophy in Aeronautics and Astronautics,  
Analysis to the Department of Aeronautics and Astronautics.  
Massachusetts Institute of Technology.