



Cuestión 3 del
Orden del Día:

- Implantación de la Gestión de Afluencia del Tránsito Aéreo (ATFM)**
a) Procedimientos de coordinación entre dependencias FMP/FMP
b) Actualización del CONOPS ATFM

CALCULO DE CAPACIDAD DE PLATAFORMA COMO SUBSISTEMA DE
NAVEGACIÓN AÉREA

(Presentada por Argentina)

RESUMEN	
<p>Esta nota informativa tiene como objetivo proporcionar a los estados de la Región SAM una guía para la aplicación de una metodología común para el cálculo de capacidad de plataforma, lo que permitirá a los planificadores ATM iniciar planes de ser necesario para mejorar dicha capacidad con vistas a satisfacer la demanda actual o futura del sistema. La que contribuye a tareas para la implementación del ATFM.</p>	
<p>REFERENCIAS:</p> <ul style="list-style-type: none">- Declaración de Bogotá, 6/12/2013.- Documento OACI 9971 “Manual de la Gestión Colaborativa de la Afluencia de Tránsito Aéreo”.- Documento OACI 4444 PANS-ATM.- Documento OACI 9184 “Manual de Planificación de Aeropuertos” Parte 1 Planificación General.- Manual de Gestión de Afluencia del Tránsito Aéreo para el Caribe/Sudamérica.- “Planning and Design of Airports” (2010) – R. Horonjeff.	
<p>Objetivos estratégicos de la OACI</p>	<p><i>A - Seguridad Operacional</i> <i>B - Capacidad y eficiencia de la navegación aérea</i> <i>E - Protección del medio ambiente</i></p>

1 Antecedentes

1.1 A través de la Ley 27161 del honorable Congreso de la Nación Argentina se crea la EANA SE como prestador de servicios de navegación aérea, asignándole a este la responsabilidad del suministro del servicio ATFM y en la misma Ley a la ANAC le asigna la responsabilidad de normar al respecto.

1.2 El bloque ASBU B0-NOPS menciona medidas colaborativas ATFM para regular los picos de los flujos de tránsito.

1.3 El Documento 4444 de la OACI establece que “El número de aeronaves a las que se proporcione servicio ATC no excederá del que pueda tramitar en condiciones de seguridad la dependencia ATC interesada en las circunstancias reinantes. Para determinar el número máximo de

vuelos a los que pueda darse cabida en condiciones de seguridad, la autoridad ATS competente debería evaluar y declarar la capacidad del ATC respecto a áreas de control, sectores de control dentro del área de control y aeródromos”.

1.4 De la anterior definición se desprende la necesidad de conocer la capacidad ATC respecto a áreas de control, sectores de control y aeródromos. Un subsistema crítico de los aeropuertos es la plataforma.

1.5 Previo a la implantación de un servicio ATFM es de suma importancia encarar el desarrollo de un concepto operacional que contenga la política de desarrollo a corto, mediano y largo plazo.

1.6 En el Manual de Gestión de Afluencia de Tránsito Aéreo para el Caribe y Sudamérica se establece, en el párrafo 4.1, que:

“A fin de encontrar un equilibrio entre la demanda y la capacidad, es necesario determinar la capacidad aeroportuaria y del espacio aéreo. Una vez establecidas estas capacidades, se puede proceder a monitorear y evaluar la demanda de tránsito aéreo y tomar medidas (TMI) para lograr un equilibrio en el sistema.”

2 **Análisis**

2.1 **Calculo de capacidad de plataforma**

2.1.1 ANAC, siguiendo las mejores prácticas de la Región SAM, escogió el método de cálculo de capacidad de plataforma, un modelo analítico para calcular la capacidad teórica de la plataforma de estacionamientos, definido por R. Horonjeff *“Planning and Design of Airports”* (2010) basado en el número de estacionamientos disponibles y el promedio de tiempo de ocupación de puesto según el *mix* de aeronaves que solicitan el servicio, teniendo en cuenta las restricciones de uso de cada estacionamiento. El **Apéndice A** presenta la metodología de referencia.

2.1.2 ANAC entiende que es necesario trabajar en forma mancomunada en el desarrollo de una metodología común al respecto, puesto que la plataforma es un sistema complejo por su naturaleza, siendo que en ella interactúan otros subsistemas, algunos independientes entre sí y otros en una relación de dependencia lineal, impactando en su conjunto en la “gestión eficiente del sistema plataforma”, entendiéndose este como un elemento sensible para los planificadores ATM/ATFM.

3 **Acciones sugeridas:**

3.1 Se invita a la Reunión a:

- a) tomar nota de la metodología presentada en la nota informativa para ser evaluada.

APENDICE A

CALCULO DE CAPACIDAD DE PLATAFORMA

Presentación:

Incrementar la flexibilidad de la capacidad del sistema de navegación aérea es todo un desafío, para lo cual la dinámica de los despegues juega un papel importante se debe optimizar sus secuencias, es decir el orden de operaciones de salida con respecto a las llegadas, en esta dinámica la plataforma juega un papel fundamental. En ella se puede identificar en forma primaria cuatro variables críticas condicionantes: el tiempo de circulación de las aeronaves (pista/posición asignada y posición asignada/pista), cantidad de posiciones disponibles, tiempo de ocupación de la posición y por último el factor de utilización de estacionamiento (el tiempo muerto entre una aeronave que sale y otra que entra al estacionamiento). Si bien se puede identificar otras variables condicionantes como: pasajeros, equipajes, carga, vehículos *handling*, personal, consumos, etc. son secundarias, no por ser menos importante, sino se las considera secundaria porque tienen tiempos que se encuentran contenidos en el tiempo de ocupación de la posición.

Para los fines de ATFM es importante tener presente como pauta general a seguir postular escenarios operativos, que no va a ser la simple relación estacionamientos/demanda asociada al ciclo operativo, sino que se debe tener en cuenta condiciones operativas permanentes que se presenten, como: aeronaves que deban ser sometidas a mantenimiento, demoras en el aeropuerto de destino que no permitan la salida en tiempo pautado, meteorología adversa, aeronaves de gran porte que se demoran e invalidan otras posiciones, calles de rodaje cerradas, sectores de plataforma con trabajo de mantenimiento, etc. Para lo cual se debe postular un escenario operativo estándar y unos cuantos escenarios que se presentan en forma frecuente en el aeropuerto de análisis limitando la capacidad del uso de la plataforma.

Una vez definidos estos escenarios, identificadas y medidas las variables que los definen, disponiendo de la información que la ubica en que escenario estamos, se podrá realizar ajustes dinámicos minimizando el impacto de los cuellos de botella, esto permitirá optimizar los servicios prestados a los usuarios del sistema elevando al máximo el flujo dinámico de y a las pistas.

Introducción:

Los aeropuertos son infraestructuras con características complejas, debido a que están configurados por una serie de subsistemas altamente conectados entre sí. Estos subsistemas atienden a las distintas funciones que deben realizarse dentro de la infraestructura aeroportuaria: aterrizajes y despegues de aviones, movimiento de viajeros y equipajes a través del aeropuerto, acceso de vehículos por carretera (coches, taxis, autobuses), conexión con las redes de infraestructuras de otros modos de transporte (metro, tren) que existe en algunos aeropuertos, el elemento más restrictivo en términos de capacidad definirá la capacidad del sistema.

En la implementación de un ATFM¹ resulta crucial el análisis de la capacidad del lado aire de la infraestructura aeroportuaria, tanto de las ya existentes como de los incrementos de capacidad que aportan nuevos proyectos o el caso de una degradación del sistema frente a fallos previstos o imprevistos posibles. En particular, se debe medir la relación entre la capacidad y la demanda actual, lo cual permite identificar problemas de congestión, y sobre todo analizar cuál será esa relación en escenarios degradados posibles o escenarios con incremento/cambio de configuración de demanda futura o medio plazo.

En este documento nos vamos a enfocar en el cálculo de *capacidad de plataforma*² para lo cual se presenta un modelo teóricos de capacidad, con el objetivo de aportar información útil sobre cómo cuantificar la capacidad a través de relaciones funcionales de variables de cálculo: entre puestos disponibles, tiempo de ocupación del conjunto de las distintas clases de Aeronaves que operan en el aeropuerto, envergadura de la aeronave, tiempo de ocupación de estacionamiento de un avión.

En el subsistema “Plataforma” se inicia el proceso “vuelo” es donde la aeronave recibe como input los servicios para el mismo, pero también una vez finaliza este proceso, nuevamente se vuelve a preparar para reiniciar el proceso convirtiéndose en un proceso cíclico, se inicia donde finalizó.

La capacidad absoluta de plataforma en un aeropuerto (número de posiciones) viene condicionada por la superficie disponible, si bien el parámetro más relevante para la ATFM en el “subsistema plataforma” es la capacidad de rotación, definida como el número de aviones que pueden utilizar un puesto de estacionamiento por hora o por día, la que va a dar lugar al cálculo de la “capacidad dinámica”³ de este.

La plataforma se divide habitualmente en varias zonas, en cada una de las cuales se establecen puestos de estacionamiento que pueden estar o bien conectados directamente a la terminal (con pasarela), o separados de la terminal (remoto). Los puestos de estacionamiento se establecen para determinadas categorías de aviones, siendo algunos de ellos capaces de admitir aviones de gran tamaño, mientras que otros se ocupan solamente por aviones pequeños, existiendo un cierto grado de flexibilidad en el tipo de avión que puede ocupar cada plaza. La demanda de puestos de estacionamiento de un aeropuerto está determinada fundamentalmente por la programación de vuelos regulares, el tipo de servicios ofertados (domésticos, internacionales, etc.), y las aeronaves usuarias, pero también viene condicionada en la práctica por los vuelos no programados y por los retrasos en los vuelos. Por tanto, la composición de aeronaves que utiliza un aeropuerto y los tipos de estacionamiento que demandan las aerolíneas son factores que influyen notablemente en la capacidad de plataforma.

¹ Gestión de Flujo de Tránsito Aéreo, (Air Traffic Flow Management)

² La plataforma de un aeropuerto es aquel espacio destinado al estacionamiento de las aeronaves.

³ **Capacidad Dinámica:** Número de operaciones por hora a los que puede dar servicio una plataforma. (Por operación se considera la entrada + salida de la aeronave al puesto de estacionamiento).

Metodología de trabajo

Se ha seleccionado el modelo de cálculo analítico propuesto por R Horonjeff en “*Planning and Design of Airports*” (2010). Para poder ejecutarlo se debe realizar un estudio de las características de la plataforma, a través de la observación en terreno y posteriormente, un análisis de los datos históricos de las operaciones realizadas en el aeropuerto objeto de examen teniendo en cuenta la capacidad dinámica del mismo⁴.

En este análisis se van a desglosar y examinar todas las partes del proceso que conforman una operación, es decir, desde que el avión toca la pista de aterrizaje hasta que despegue.

Una vez identificadas las diferentes partes del proceso y su relación entre las partes, tomando los datos históricos de las operaciones del aeropuerto, se podrán conocer y promediar las variables del modelo, para posteriormente, proceder con los cálculos y cuantificar el número de aeronaves por hora que, en base a las características del tráfico actual en el aeropuerto, puede atender la plataforma de estacionamientos.

De realizarse los cálculos planteados por este documento, se puede proponer un plan de mejoras del uso de la plataforma a partir de los resultados y la información recopilada o también medir el impacto que tendrá en el sistema un evento no deseado que el aeropuerto deba afrontar, dando la posibilidad de planificar la mitigación apropiada a esa situación particular. Otra posibilidad es plantear escenarios posibles de desequilibrio de capacidad frente a factores frecuentes, estandarizando mitigaciones asociadas a estos escenarios identificados como posibles.

Planificación temporal de las tareas a realizar:

Para ello debemos identificar tareas a realizar agruparlas en ETAPAS, identificaremos cinco. Las TAREAS deben especificarse Principio y Fin, especificando el tiempo que nos demandará cada tarea, la sumatoria de las mismas y los responsables de llevarlas a cabo. Es importante destacar que debe estar todo documentado.

• Etapa 1 – Descripción del Sistema⁵:

- a) Se debe describir el aeropuerto con sus particularidades relevantes referentes a infraestructura, Información sobre capacidad aeroportuaria⁶ si las hubiere calculada para los fines comparativos.
- b) Describir la composición de la demanda.
- c) Describir el diseño y características de estacionamientos de aeronaves.⁷
- d) Describir o referenciar el modelo analítico para calcular capacidad de plataforma
- e) Análisis de la plataforma de estacionamientos del aeropuerto sus particularidades.

⁴ **Capacidad Dinámica:** Número de operaciones por hora a los que puede dar servicio una plataforma. (Por operación se considera la entrada + salida de la aeronave al puesto de estacionamiento)

⁵ Ver Adjunto 1

⁶ Ampliar información ADJUNTO 3

⁷ Diseño y características de estacionamiento se encuentran en el ADJUNTO 2

• Etapa 2 – Definición del objetivo y preparación para la aplicación del modelo

- a) Definición del objetivo principal a alcanzar y si corresponde objetivos secundarios. Podemos utilizar este cálculo para analizar el cambio de composición y/o incremento demanda, nueva infraestructura, trabajos de cierre parcial de aeropuerto, condiciones meteorológicas frecuentes, etc.
- b) Selección de la información necesaria para realizar los cálculos del modelo.
- c) Identificar las tareas a realizar.
- d) Definición de los recursos requerimientos necesarios.

• Etapa 3 – Realización del modelo

- a) Definir diferentes escenarios posibles con disímiles restricciones para realizar un estudio más completo. Esta tarea es muy importante, para la planificación estratégica ya que permite identificar degradaciones posibles en término de capacidad del sistema, planificar y estandarizar las mitigaciones a partir de lo conocido conteniendo el sistema en términos de capacidad/demanda.
- b) Filtrar y tratar los datos seleccionados para cada escenario, no es práctico considerar todos los escenarios, se agruparán por similitud y se tomarán los más críticos.
- c) Calcular las variables que afectan a cada escenario
- d) Calcular la capacidad de plataforma actual y calcular para cada escenario, este enfoque otorga la flexibilidad necesaria al Modelo.

• Etapa 4 – Interpretación de los resultados

- a) Comparar resultados obtenido para cada escenario evaluado con datos de capacidad actuales de la plataforma
- b) Analizar las variables que pueden influir en los resultados de los modelos, para estandarizar mitigaciones o procedimientos para afrontar la condición descripta en el escenario de análisis.
- c) Comparar resultados con otros aeropuertos de características similares al aeropuerto analizado, se puede establecer estándares de similitud entre aeropuertos y trabajar con ellos en caso de falta de información a los fines de acortar los tiempos mientras esperamos obtener los datos propios del aeropuerto.
- d) Proponer mejoras para el rendimiento de la plataforma.

• Etapa 5 – Redacción del documento final

Redacción del documento final, que contendrá la metodología aceptada por el Estado en evaluación de capacidad de plataforma de un aeropuerto, los objetivos claramente descriptos del trabajo, el relato de cada tarea realizada, recursos aplicados, interrelación de las tareas, análisis, conclusión final.

Consideraciones negativas del modelo

Como en todo modelo existe cierto nivel de considerandos que lo pueden afectar negativamente, lo que significa que hay alguna posibilidad de que el estudio no salga como se había planeado. Para poder hacer frente a dicha incertidumbre se van a identificar y catalogar el impacto de los posibles eventos negativos que conlleva realizar este estudio bajo esta metodología. Una vez identificados se va a definir un plan de contingencia de cómo se va a mitigar, con el fin de

contenerlos.

Eventos negativos a considerar:

- **Evento negativo 1:** Falta de datos: La falta de información por inexistencia puede conllevar a una pérdida de calidad en los resultados del modelo. Así mismo, también puede provocar retrasos en la duración, dependiendo de las tareas.
- **Evento negativo 2:** Información confidencial: definir si se harán públicos los resultados del trabajo más allá que el valor obtenido debe figurar en el AIP, definir qué y cómo se va a publicar, medir el impacto que este valor tendrá en la comunidad.
- **Evento negativo 3:** Información falsa: La no veracidad de los datos requeridos para realizar los cálculos de capacidad puede invalidar todo el trabajo.
- **Evento negativo 4:** Planificación temporal deficiente: Programar las tareas de manera demasiado Optimista puede provocar que no se cumplan a tiempo algunas tareas y llegar a retrasar todo el proyecto.
- **Evento negativo 5:** Modelo analítico inadecuado: Elegir un modelo erróneo, anticuado o que no se ajuste las características del aeropuerto para el cálculo de capacidad.
- **Evento negativo 6:** Realización incorrecta del modelo analítico: Disminución de la calidad del proyecto e incumplimiento de los objetivos establecidos.
- **Evento negativo 7:** No finalización del proyecto: Abandono del proyecto por no poder o no saber realizar el análisis de datos y el modelo para los cálculos.

Catalogación de los Eventos negativos

Se debe clasificar los eventos negativos según la probabilidad de ocurrencia y el nivel de impacto que estos supondrían al proyecto.

Plan de contingencia

- **Evento negativo 1:** Se debe captarse la información disponible y si fuera posible crear los datos “inexistentes” a partir de los datos disponibles por similitud, comparando información con aeropuertos de características similares⁸. Se tendrá que especificar que los datos son aproximados y no los reales, la fuente de obtención, como así también justificar por qué se seleccionó ese aeropuerto y no otro (qué similitud tiene). Esto aceleraría incluso los tiempos, hasta tanto se

⁸ La Aerolíneas, Los Servicios aeronáuticos, Los Aeropuertos (Aeródromos y Terminales Aéreas y de Cargas) Configuración del campo de vuelo, Condiciones orográficas y topográficas en que operan las aeronaves, Disponibilidad de ayudas a la navegación y de control del tránsito aéreo, entre otras cosas.

disponga de datos confiables.

- **Evento negativo 2:** No publicar datos sensibles, preferentemente datos globales.
- **Evento negativo 3:** Comparar información disponible con información obtenida de aeropuertos de características similares y cotejar si los datos obtenidos son similares, de no ser así, ver porqué.
- **Evento negativo 4:** Incrementar el número de horas dedicadas al proyecto o reducir el número de objetivos para que estos puedan ser concretos y entendibles.
- **Evento negativo 5:** Pedir asesoramiento sobre el modelo seleccionado a un ámbito académico si así se lo considera necesario.
- **Evento negativo 6:** Hacer y pedir a un tercero, revisiones exhaustivas de los cálculos.
- **Evento negativo 7:** Dependerá del compromiso de la alta gerencia, de disponer con los recursos y el compromiso necesario.

Modelo para el cálculo de capacidad teórico de Estacionamientos

En este trabajo se va a utilizar un modelo analítico para calcular la capacidad teórica de la plataforma de estacionamientos definido por R. Horonjeff “*Planning and Design of Airports*” (2010) basado en el número de estacionamientos disponibles y el promedio de tiempo de ocupación de puesto según el *mix* de aeronaves que solicitan el servicio, teniendo en cuenta las restricciones de uso de cada estacionamiento.

Se pueden encontrar dos variantes del modelo. El primero asume que todas las aeronaves pueden estacionarse en todos los stands disponibles. El segundo restringe el uso de stands en base a la envergadura máxima que este puede soportar, por lo que, no todas las aeronaves pueden estacionarse en todos los puestos disponibles.

1. Modelo sin restricciones de uso

Cuando no hay restricciones todos los aviones pueden estacionarse en todos los stands. La capacidad de plataforma se expresa como:

$$C = \frac{N}{T}$$

N = Número total de puestos disponibles

T = Media ponderada del tiempo de ocupación del conjunto de las distintas clases de Aeronaves que operan en el aeropuerto:

$$T = \sum T_i \times P_i$$

i = Código envergadura de la aeronave (A, B, C, D, E o F)

P_i = Proporción de aviones de clase i en el conjunto de los que solicitan el servicio

T_i = Tiempo de ocupación de estacionamiento de un avión de clase i

En este caso tomamos la variable Número total de puestos disponibles y la corregimos por el tiempo de ocupación de las aeronaves según su tipo, que figuran en el AIP que pueden operar en esa configuración de plataforma. En esta instancia estamos en un concepto estático.

2. Modelo con restricciones de uso

El segundo modelo asume restricciones en el uso de los stands en base al tamaño de estos. Este modelo supone que los estacionamientos diseñados para aeronaves de una clase pueden atender a aeronaves de menor tamaño que el de la clase diseñada. Para la restricción del uso de plataforma es necesario definir el número de puestos que pueden acomodar a cada grupo de aeronaves y calcular, por separado, la capacidad de cada tipo de estacionamiento.

La capacidad de plataforma vendrá dada por la mínima de las capacidades calculadas:

$$C = \min. C_i$$

Donde:

i = Código de envergadura la aeronave (A, B, C, D, E o F)

C_i = Capacidad de plataforma limitada por el grupo de estacionamiento disponible para aeronaves de clase i :

$$C_i = \frac{N_i'}{T_i'}$$

N_i' = Numero de posiciones diseñadas para acomodar aeronaves de clase i (puestos diseñados para aeronaves de tamaño i y mayores que i):

$$N_i' = N_i + N_{i+1} + \dots + N_n$$

T_i' = Tiempo de ocupación⁹ esperado del conjunto de aeronaves que pueden utilizar estacionamientos del grupo i :

$$T_i' = \sum_{j \geq i} P_j T_j$$

P_j = Proporción de aeronaves de clase j en el conjunto de aeronaves que demandan el servicio

T_j = Tiempo medio de ocupación de aeronaves de tipo j

Para realizar una estimación más realista se añade a la fórmula de capacidad el factor de utilización de estacionamiento, ya que las posiciones de estacionamiento no se ocupan inmediatamente después de ser abandonadas por la aeronave estacionada previamente.

⁹ Tiempo de ocupación de una posición: T . Este tiempo depende de varios factores, como son los tamaños de los aviones y los tipos de escala (terminal, tránsito doméstico, tránsito internacional). Las empresas fabricantes de aviones proporcionan referencias aproximadas de estos tiempos, si bien la práctica señala que son generalmente optimistas.

Entonces:

$$C = \frac{N_i'}{T_i'} \cdot U_i'$$

U_i' = Factor de utilización de estacionamiento: tiempo de rotación, que se da entre dos ocupaciones consecutivas: Los valores de tiempos intermedios entre dos ocupaciones son muy inferiores al tiempo de ocupación (aproximadamente, una décima parte). Este tiempo varía según las calles de rodaje existentes

en el aeropuerto, la configuración de la plataforma, y las técnicas de salida de aeronaves de la posición.

Cálculos

Limitación de los cálculos, es necesario prestar suma atención a los aspectos que se detallan a continuación, los que puede ser que se presenten, no necesariamente en su totalidad:

a) Un aspecto muy importante en la gestión de un aeropuerto es el manejo de la información, ya sea para la toma de decisiones, la planificación, estadísticas de tráfico, etc. Generalmente se cuenta con un legado de tecnología obsoleta, una cultura empresarial anticuada basada en tratos de favoritismos y un caos en el manejo de la información. Como consecuencia, un estudio de esta índole se puede ver afectado por uno de los eventos negativos identificados al inicio del trabajo: **la falta de datos (evento negativo 1)**. En muchos casos no existe una planificación a largo o medio plazo del uso de la plataforma de estacionamientos, sino que la organización se ejecuta a nivel operativo, es decir, se realiza día a día, la asignación de puestos de estacionamiento se efectúa en base al tiempo que la aerolínea solicita estar en el aeropuerto para recibir sus servicios.

b) Las operaciones de tiempo prolongado que estacionan en posición y en remoto quedan registradas como dos operaciones distintas dentro del concepto estacionamiento remoto.

El concepto “estacionamiento remoto” puede referirse a más situaciones a parte de la descrita anteriormente:

- Cuando una aeronave solicita servicio de pernocte
- Cuando una aeronave necesita una operación de mantenimiento de la misma aeronave
- Cuando una aeronave ha iniciado o completado la maniobra de estacionamiento en una posición o remoto cuando no le correspondía y debe desplazarse a la correcta.

Esto causa varios problemas para el trato de la información, volviéndose incongruente:

- No hay un registro de la planificación del tiempo total que la aeronave ha estado en el aeropuerto.
- No hay registro del tipo de estacionamiento remoto realizado.
- Hay lapsos de tiempo donde la información de la posición de la aeronave se desconoce (como en el ejemplo de arriba).

Se puede presentar las siguientes situaciones a tener en cuenta a modo de ejemplo, las compañías que abarcan alrededor del 90% de las operaciones de un aeropuerto, tienen su propio hangar, lo

que supone que muchos de sus vuelos siguen la siguiente pauta:

- Llegan a posición, desembarque de pasajeros, mantención, etc.
- Se trasladan a su correspondiente hangar.
- Pasado un cierto tiempo realizan el traslado del hangar hacia posición para embarcar pasajeros y realizar su salida.

Esta información “traslado” no queda registrada, por lo que no se puede saber las aeronaves que realizan el traslado a los hangares y las que permanecen la totalidad del “tiempo de rotación” en la plataforma del aeropuerto.

La falta de información sobre los tiempos de ocupación de los vuelos es la principal limitación de este análisis afecta directamente el cálculo de la variable “Factor de utilización de estacionamiento”. Para hacer frente a este problema se puede actuar siguiendo un plan de contingencia:

Adaptar la información disponible y crear datos inexistentes a partir de los datos disponibles, por lo que se puede implementar una serie de filtros al registro de operaciones realizadas en el aeropuerto:

- Se filtra las operaciones con estacionamiento remoto inferiores a 30 minutos, se saca el tiempo promedio de ocupación de estas.
- Se filtra las operaciones de las compañías de mayor operación anotadas dentro del concepto estacionamiento remoto se tome la cantidad de operaciones.
- Para hallar los tiempos reales de ocupación de las operaciones restantes a los dos primeros filtros se debe cruzar la información de la programación de los vuelos que solicitaron el servicio (segundo filtro) con el registro de los tiempos reales promedio (primer filtro) y aplicárselos a la cantidad de operaciones del segundo filtro. Esta limitación supone una disminución en la calidad del estudio, ya que la falta de información repercute en la veracidad de resultados. En caso de enfrentar esta limitación se debe dejar registrada la misma y la medida de contingencia que se adoptó al respecto.

Diseño semana y día tipo

Para dar un valor a las variables de tiempo de ocupación y factor de ocupación es necesario cuantificar la demanda actual del aeropuerto. Para eso, es necesario determinar el “peak” de operaciones que soporta el aeropuerto en la actualidad.

Para este estudio se debe utilizar la medida de intensificación de la demanda para efectos de dimensionamiento utilizada por la International Air Transport Association (IATA): La denominada “*Busy Day*” en Ingles, en que “*busy*” alude a intensa actividad. El *Busy Day* representa al segundo día más activo de la semana promedio para el mes punta. Se selecciona el mes punta, luego se identifica una semana promedio y se selecciona el día de mayor flujo de la semana tipo.

ADJUNTO 1 AEROPUERTOS¹⁰

Los aeropuertos son infraestructuras aeronáuticas diseñadas para atender las operaciones de las aeronaves tales como el aterrizaje, despegue, estacionamiento, mantención, embarque y desembarque de pasajeros y o carga. Estas infraestructuras están divididas en dos sectores:

- El lado aire: Zona donde operan las aeronaves
- El lado tierra: Zona de actividades generales y asistencia a los pasajeros

El lado aire es la zona que atiende las operaciones y funciones que corresponden directamente a la aeronave y a todo lo que esta necesita. Se compone principalmente del área de maniobras (pista y calles de rodaje) y de la plataforma de estacionamientos.

En el lado tierra la atención se centra en los pasajeros y sus necesidades. Esta zona está compuesta por el edificio terminal, que enlaza con el lado aire, la urbanización (parking de coches y vías de acceso al aeropuerto). La terminal de pasajeros incluye zonas de comercio, aduanas, manejo de equipajes, estacionamientos de coches y servicios, entre otros.

El diseño y planificación de las infraestructuras de un aeropuerto está determinado por el volumen de pasajeros y el tipo de tráfico que este tendrá que atender. A continuación se van a describir diferentes diseños de construcción de los principales componentes que afectan a la capacidad de plataforma.

Estos conceptos que detallaremos más adelante nos servirá para describir el sistema aeroportuario

-Terminal

La función de la terminal o terminales de un aeropuerto es atender a los pasajeros, tripulaciones y carga para facilitarles los servicios necesarios para el desplazamiento hasta, o desde el lado aire. La terminal debe lograr un **equilibrio entre las necesidades de los pasajeros, la eficiencia operativa**, la inversión en infraestructura e instalaciones y la estética. Para lograrlo existen diferentes diseños de infraestructuras, que han ido evolucionando en tamaño y complejidad con el paso del tiempo a causa del aumento del tráfico y de las nuevas necesidades que este incremento implica (Wells & Young, 2004) :

- **Terminal Simple:** Centraliza todos los servicios y necesidades del proceso que efectúan los pasajeros en un mismo edificio, incluyendo oficinas e instalaciones de control y seguridad. Este diseño estaba pensado para atender a una sola aerolínea.
- **Terminal combinada:** El diseño de “Combined Unit Terminals”, en el cual, dos o más aerolíneas comparten el mismo edificio terminal, pero con pasajeros e instalaciones de

¹⁰ Doc 9184, OACI “Manual de Planificación de Aeropuertos” Parte 1 Planificación General

procesamiento de equipaje separados. La mayoría de nuestros aeropuertos se encuadran en este concepto.

- **Terminal con Múltiples unidades:** Característico en las grandes aéreas metropolitanas, donde cada aerolínea tiene su propia terminal con todas las instalaciones necesarias para atender sus necesidades, ejemplo Ezeiza.
- **Linear Terminals:** Con el aumento de público en el transporte aeronáutico, el Linear Terminal sigue el mismo concepto de diseño que el Simple Unit terminal, pero se expande de manera horizontal con el objetivo de aumentar el número de estacionamientos de aeronaves manteniendo distancias cortas entre el edificio y los stands. A medida que aumenta la longitud, aumenta las distancias a pie, lo que conduce a los Pier Finger terminals.
- **Curvilinear Terminal:** En algunos casos, los aeropuertos se extendieron de forma curvilínea, lo que permite aún más aviones para estacionarse en la terminal mientras se mantiene cortas distancias desde la entrada del aeropuerto a la puerta de la aeronave.
- **Pier Finger Terminals:** Este es un diseño de terminales descentralizadas, donde de la terminal se extienden muelles o fingers y las aeronaves se estacionan en los dos lados de estos muelles. De esta manera se maximiza el número de estacionamientos de aeronaves con menos infraestructura.
- **Pier Satellite Terminals:** Son terminales descentralizadas similares a los Pier Finger Terminals, pero en estas las aeronaves se estacionan alrededor de un satélite situado al final de muelle.
- **Remote Satellite Terminals:** Los satélites no están conectados físicamente a la terminal, sino que el enlace se realiza mediante algún tipo de transporte terrestre (autobuses por ejemplo)

En la actualidad, los aeropuertos mezclan varios de los diseños mencionados anteriormente, ya que no existe una configuración única que sea la mejor para todos los aeropuertos.

-Plataforma de estacionamientos

La plataforma de estacionamientos es el área destinada a las maniobras y estacionamiento de las aeronaves. Esta zona conecta la terminal con el lado aire e incluye los parkings o estacionamientos y las calles de rodaje para acceder a estos.

En este apartado se van a presentar los distintos factores que influyen en el diseño de las plataformas:

1. Tamaño de las aeronaves (capacidad y envergadura)

Los estacionamientos están diseñados en función de la envergadura y la longitud de las aeronaves, por lo que un factor clave para realizar la planificación y el diseño de la plataforma de

estacionamientos es la previsión de la demanda del tipo de aeronave que solicite el servicio del aeropuerto. Existen 6 tipos de aeronaves según la envergadura:

Tabla 1-1. Clave de referencia de aeródromo
(véanse 1.7.2 a 1.7.4)

Núm. de clave (1)	Elementos 1 de la clave		Elementos 2 de la clave	
	Longitud de campo de referencia del avión (2)	Letra de clave (3)	Envergadura (4)	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal ^a (5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4,5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1 200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1 200 m hasta 1 800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1 800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)	Desde 14 m hasta 16 m (exclusive)

a. Distancia entre los bordes exteriores de las ruedas del tren de aterrizaje principal.

Referencia de tabla: ANEXO 14 OACI, Volumen 1 Diseño y operaciones de aeródromos, de esta tabla tomamos la letra clave (3) y el valor envergadura (4).

No todas las aeronaves pueden estacionarse en todos los puestos, pero en la actualidad, un requisito importante en el diseño la plataforma de un aeropuerto es la **flexibilidad**, en tanto que, con las características de la demanda del tráfico aéreo y las limitaciones de terreno, es necesario optimizar recursos y no derrochar espacio. Es por eso que, normalmente, **un estacionamiento diseñado para cierto tamaño de aeronaves puede atender a estas y a aeronaves de menor tamaño.**

2. Tipo de maniobras utilizadas por la aeronave para la entrada y salida del puesto de estacionamiento

El tipo de maniobras que usan las aerolíneas en el aeropuerto condiciona, en gran medida, las dimensiones y los espacios requeridos en los estacionamientos. Existen tres tipos básicos de maniobras en la plataforma de estacionamientos:

- **Power-In, Power-Out:** Las maniobras de entrada y salida al estacionamiento se realizan de forma manual por el piloto. Para poder ejecutarlas de esta forma es necesario que exista espacio y visibilidad suficiente para poder ejecutarlas sin poner en peligro la infraestructura y el personal aeroportuario.

- **Power-In, Push-Back:** La maniobra de entrada al estacionamiento es realizada de forma manual por el piloto. Cuando la aeronave esta lista para salir se solicita el servicio de un tractor, que se une a las ruedas de la nariz del avión, para empujar la aeronave hasta la calle de rodaje, donde el avión tiene suficiente espacio para maniobrar y ser puesto en marcha de forma segura. Llegado este punto el tractor se separa del avión para que este continúe a través de sus propios medios.

- **Tug-In, Push-Back:** En terminales con limitación de espacio y visibilidad reducidas, las maniobras de entrada y salida se realizan mediante la ayuda de un tractor.

Diseño de la terminal

El diseño de la terminal influye directamente a la plataforma y al diseño de los estacionamientos.

Tipos de servicios u actividades que requieren las aeronaves en la plataforma

Las aeronaves que solicitan acomodarse en el aeropuerto durante un lapso de tiempo requieren de varios servicios, tales como:

- Asistencia de combustible y lubricante
- Asistencia a equipajes
- Asistencia de carga y correo
- Asistencia de aseo y mantenimiento
- Sistema de agua potable
- Sistema de aire acondicionado
- Asistencia a pasajeros (posición, escaleras de aire, etc.)
- Catering
- Sistema de electricidad (*ground power*)

Calles de rodaje de entrada y salida a la plataforma y vías de servicio

Los estacionamientos están conectados a la pista de aterrizaje mediante calles de rodaje (“*Taxiways*” en inglés). La plataforma tiene que tener un diseño que permita construir calles de rodaje adecuadas para movimientos fluidos, seguros, eficientes y flexibles desde la pista de aterrizaje hasta los puestos de estacionamientos.

Servicio Aeroportuario Balanceado:

Es el servicio combinado adecuado entre la demanda de pasajeros y de aeronaves que se prevé que el aeropuerto va utilizar. Cualquier interferencia en el procedimiento que los vincula genera demoras en el sistema en su conjunto

ADJUNTO 2

DISEÑO Y CARACTERÍSTICAS DE ESTACIONAMIENTO

La función de un estacionamiento (“*Stand*” en inglés) es dar cabida a las aeronaves durante la carga y descarga de pasajeros y/o de carga.

EXISTEN DIFERENTES TIPOS DE ESTACIONAMIENTOS EN LOS AEROPUERTOS:

a) Estacionamientos de la terminal

Este tipo de estacionamientos se sitúan de manera adyacente a la terminal. Generalmente hay dos categorías dentro de este tipo de estacionamientos: Puestos de contacto (“*Contact gates*”) y de no contacto (“*noncontact gates*”). Los primeros están suficientemente cerca como para conectarse a la terminal mediante posiciones de embarque/desembarque. Los puestos de no contacto utilizan escaleras de aire, rampas, o escaleras móviles para el embarque y desembarque de pasajeros.

Existen 4 formas de estacionar la aeronave en relación con la posición hacia la terminal:

- ***Nose-in***: La aeronave se posiciona con el morro encarado hacia la terminal y se conecta con el edificio mediante un posición. Esta forma de estacionamiento es la que requiere menor cantidad de espacio. Las aeronaves pueden entrar en esta parking de manera autónoma, pero necesitan ayuda para realizar la maniobra de salida . Esta forma de estacionar la aeronave solo permite el desembarque de pasajeros por las puertas delanteras, ya que, las traseras se encuentran demasiado lejos para poder ser conectadas a través del posición.
- ***Angled nose-in***: La aeronave se estaciona de manera angular hacia la terminal, de manera que permite a las aeronaves realizar de forma autónoma las maniobras de entrada y salida al estacionamiento. Este tipo de parking requiere mayor espacio que el *nose-in* y escaleras de aire para embarcar y desembarcar pasajeros. Suele ser usado por aeronaves de tamaño pequeño.
- ***Angled nose-out***: El avión se estaciona un poco más lejos de la terminal que el *nose-in* y el *angled nose-in*, ya que los reactores o las hélices pueden causar daños al edificio de la terminal. Este tipo de estacionamiento es mayormente usado por aeronaves de tamaño grande en aeropuertos con niveles relativamente bajos de actividad.
- ***Parallel parking***: El estacionamiento paralelo es el más fácil de maniobrar para las aeronaves, aunque es el que mayor espacio requiere. En esta configuración se pueden usar las puertas delanteras y traseras para el embarque y desembarque de pasajeros. Este tipo de estacionamiento se emplea solo para aeronaves de tamaño pequeño y también en aviones cargueros, en tanto que, facilita la carga y descarga del avión.

b) Estacionamientos remotos

Cuando hay estacionamientos de la terminal limitados disponibles la aeronave puede estacionarse durante largos periodos de tiempo en aéreas de estacionamiento remoto lejano a la terminal

compuestos por una serie de filas de plazas con dimensiones adecuadas para alojar a diferentes tipos de aviones. Los pasajeros son transportados a la terminal (o de la terminal) vía autobús.

c) Estacionamientos de carga

Los estacionamientos de carga están dedicados exclusivamente a aeronaves cargueras. Disponen de los recursos necesarios para este tipo de operaciones. Como los estacionamientos de terminal, estos están, normalmente, cerca de la terminal de carga.

Requisitos referidos a señales y distancias libres entre aeronaves y/u objetos

Existen una serie de señales, medidas y distancias estándares de separación entre los diferentes elementos que conforman la plataforma y las calles de rodaje. Estos requisitos están dictados en el Anexo 14 la International Civil Aviation Organization.

ADJUNTO 3 CAPACIDAD

Capacidad Aeroportuaria¹¹:

CAPACIDAD de un aeropuerto es el rendimiento, o sea es el número máximo de operaciones que puede llevarse a cabo en periodos de tiempo específicos, siendo capaz de ser atendido por la infraestructura aeroportuaria.

CAPACIDAD ULTIMA/TEORICA número máximo sostenido de operaciones en un intervalo determinado, cuando existe una demanda sostenida independiente de la demora.

CAPACIDAD PRACTICA número máximo sostenido de operaciones en un intervalo determinado, sin que existan demoras medias por encima de un nivel tolerable (FAA 4 min.).

DEMORA es la diferencia en tiempo entre la operación de una aeronave restringida y otra no restringida

Variables que definen capacidad:

Existen diferentes factores que determinan la capacidad de un aeropuerto, tales como:

- Pista de aterrizaje,
- espacio de plataforma de estacionamientos,
- procedimientos ATC,
- diseño de las calles de rodaje,
- tamaño y localización de la terminal, hangares, etc.

Estos factores, a su vez, están influidos por la demanda del aeropuerto, la cual está determinada por: Los proveedor principal de servicios de apoyo a los operadores de aviación en general en un aeropuerto, instalaciones aeroportuarias, servicios ATC, características locales, el estado actual de la economía, legislación, etc.

A través de un análisis de la demanda y la capacidad se pueden identificar las fortalezas y las deficiencias de la infraestructura aeroportuaria actual, y por ende, ayudar a entender y determinar las necesidades que este requiere.

Hay que mencionar que todos los factores están relacionados entre sí, y por lo tanto, todos son importantes, pero para realizar un estudio completo de capacidad y demanda es necesario hacer un análisis distinto para cada factor, el más crítico será el que defina la capacidad del aeropuerto en cuestión y donde se debe centrar los esfuerzos para la mejora del sistema “aeropuerto en cuestión”.

¹¹ ***Def Capacidad Aeroportuaria:*** Conjunto de instalaciones aeroportuarias necesarias y como mínimo igual a la demandada que deben ajustarse a la oferta, para dar un servicio adecuado.

Sistema de Capacidad Aeroportuaria se puede dividir inicialmente en 2 grupos:

- Lado aire Capacidad: ATC, Pista y calle de rodaje, **Plataforma**
- Lado tierra Capacidad: Terminales, vías de acceso y estacionamiento.

Capacidad de plataforma

La capacidad de la plataforma es el máximo número de aeronaves que un aeropuerto puede atender con un número fijo de estacionamientos en un intervalo determinado y con una demanda continuada. Esta capacidad viene determinada por varios factores, tales como:

- **Capacidad estática de plataforma:** Se refiere al número y tipo de estacionamientos disponibles. El tipo de parking viene definido por el tamaño y diseño de este. El tamaño varía según los diferentes tipos de aeronaves que el parking puede atender a en base a la longitud y envergadura del avión. El diseño del estacionamiento¹² se refiere a la manera en que el avión se posiciona respecto a la terminal.
- **Capacidad Dinámica:** Número de operaciones por hora a los que puede dar servicio una plataforma. (Por operación se considera la entrada + salida de la aeronave al puesto de estacionamiento)
- **Tipo de aeronaves que piden el servicio:** Dependiendo del tamaño de la aeronave que solicite el servicio (código A, B, C, D, E, o F) podrá estacionarse en un estacionamiento u otro. El tamaño de la aeronave también influirá en el tiempo de ocupación del estacionamiento.
- **Tiempos de ocupación de estacionamiento:** El tiempo de ocupación es el tiempo comprendido entre la entrada y salida de la aeronave en una posición. Dicho tiempo depende de varios factores, tales como el tipo de avión (tamaño), tipo de tráfico (de pasajeros o de carga), tiempo de *turnaround*, etc. Otro factor influyente, es si se trata de ocupación por aerolíneas basadas o no basadas, en tanto que, las primeras, al tener su base en el aeropuerto, suelen ocupar menores tiempos la plataforma, ya que se trasladan a sus correspondientes hangares.
- **Otras restricciones:** En aeropuertos de gran tamaño suele darse una restricción extra en base al tipo de tráfico y el diseño de la terminal, dividiendo así la plataforma en tres sectores según la naturaleza del tráfico: Internacional (INT), Nacional (NAC), y carga (CRG).

Para calcular la “**capacidad teórica de la plataforma**” existen diferentes métodos de cálculo analítico y modelos de simulación.

¹² Ver ADJUNTO 1