



ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL
Oficina Regional Sudamericana

Proyecto Regional RLA/06/901

**Taller para instructores sobre cálculo de capacidad de pistas
y sectores ATC**

Modulo 3: Principios de Capacidad ATC

Lima, Perú, 24 al 28 de octubre de 2011

1. INTRODUCCION

Los Estados, como proveedores de servicio ATS, más allá de cumplir con los diversos requisitos de OACI, necesitan crear mecanismos para proporcionar una capacidad suficiente que satisfaga la demanda del tráfico aéreo en la horas pico típicas, sin la imposición de sanciones y penalidades económicas, manteniendo la seguridad operacional del tráfico aéreo.

Por eso, es de suma importancia que los planificadores ATS puedan tener una visión general de los factores que están interfiriendo en la capacidad del Sistema de Control del Espacio Aéreo y comprender el flujo del tráfico con el fin de poder tomar acciones más apropiadas y restaurar el equilibrio necesario

Para atender la demanda, los órganos ATC generalmente se dividen en sectores y los controladores son responsables por la seguridad de los vuelos en cada sector. En las áreas de gran demanda es necesario establecer límites para cada sector, a fin de que el tráfico en la región no sobrepase ese límite. Se puede decir que la capacidad ATC es el número de vuelos que pueden ser gestionados por los controladores de ese órgano ATC. Generalmente, un factor de restricción de la capacidad del sistema es la carga que recae sobre el controlador.

En el Brasil, el método usado para determinar la capacidad del sector considera la carga que recae en el ATCO durante la ejecución de sus tareas y se basa en la evaluación de las tareas realizadas por el ATCO en épocas de alto volumen de tráfico.

Generalmente se puede atenuar esa carga a través de la gestión de los factores que puedan estar afectando la operación y que se reflejan en el trabajo del ATCO. Son diversas las acciones que pueden implementarse antes de que un vuelo se realice, para mejorar la situación del tráfico aéreo y aumentar relativamente la capacidad del ATC.

Los capítulos a continuación ofrecen una visión general que deben conocer los alumnos sobre la capacidad de los servicios ATC frente a la demanda, así como acciones dirigidas a disminuir el impacto al ATC cuando se ha superada su capacidad. Cabe destacar que el contenido de esta documento está basado en la experiencia de 6 años de operación del CGNA en

la gestión del tránsito aéreo brasileño, y no tiene la intención de servir como regla para las aplicaciones cotidianas del ATC, sino más bien como guía, proporcionando información para la planificación ATS, mejorando la visión en la toma de decisiones y teniendo en cuenta que cada Estado adoptará el mejor medio para abarcar su capacidad de acuerdo con su necesidad.

2. PRINCIPIOS SOBRE CÁLCULO DE CAPACIDAD DE SECTORES DE CONTROL DEL ÓRGANO ATC

2.1. PRINCIPIOS SOBRE CAPACIDAD ATC

OACI establece un concepto ATM acorde al avance de la implementación del sistema CNS/ATM, con el objeto de permitir la implementación de las nuevas tecnologías y garantizando siempre la seguridad de las operaciones aéreas.

Incluso en este contexto se puede encontrar el ATC, para el cual se busca la eficiencia para atender al mayor número de usuarios y aeronaves que se pueda soportar. De inmediato, surge la necesidad de determinar la capacidad del ATC con fin de prestar apoyo para lograr el máximo efecto que en este caso representa prestar el servicio en forma segura al mayor número de aeronaves.

La OACI establece en el DOC 4444 (ítem 3.1) que, para definir el máximo de aeronaves que se puede atender con seguridad, los Estados deberían medir y declarar la capacidad de los sectores de control.

Es importante notar que una forma de saber si el servicio prestado al usuario es bueno es a través de la capacidad del servicio prestado. La manera de establecer un control sobre la eficiencia del ATC y promover un monitoreo de capacidad es a través de la declaración de la capacidad y su actualización.

La capacidad disponible para atender la demanda depende de la performance del sistema, el cual incluye varios factores, siendo la carga de trabajo del ATCO uno de los factores más importantes en el contexto para la determinación de la capacidad ATC. De esta forma, la capacidad depende de la performance total de los factores operacionales y técnicos del sistema, que se traduce en capacidad ATC. En el Brasil la capacidad se calcula tomando como base la carga de las comunicaciones que recaen sobre el controlador de tráfico aéreo. Por eso los indicadores deben ser seleccionados de manera que pueda el elemento impactante ser identificado de la mejor forma.



ig.1 – Capacidad del Sistema

2.2. BALANCE DEMANDA Y CAPACIDAD

De manera general, debe buscarse el escenario en que la capacidad ATC se encuentre balanceada con la demanda. Sin embargo, no siempre eso es posible. Teniendo en cuenta diversos factores, puede ocurrir un desbalance, en este caso hay dos acciones posibles con el fin de restaurar el balance: la retención de la demanda o el incremento de la capacidad.

A inicios del siglo XX, Frederick Winslow Taylor desarrollaba los principios de la administración científica, los cuales eran basados en la observación, medición y mejora de los métodos de trabajo. Las técnicas desarrolladas por Taylor tenían como objetivo final mejorar la eficiencia de la producción para atender a una creciente demanda.

Las preocupaciones de los gerentes de empresas famosas como Ford y McDonald son las mismas que tiene el planificador ATS desde el punto de vista de demanda, cuya función es tratar de medir y analizar cada etapa del proceso con miras a mejorar la eficiencia del ATC. En este caso, la demanda se refiere a la cantidad de tráfico aéreo en relación al servicio prestado, considerando que el ATC tiene siempre su eficiencia evaluada a través de los indicadores de calidad.

2.3. DEMANDA DE TRÁFICO AÉREO

La demanda de tráfico aéreo puede ser considerada como el principal factor responsable para la implementación y reestructuración de un órgano ATC, estableciendo sectores de control y reordenamiento para adecuar al mayor volumen de tráfico.

La demanda puede impactar por un factor directo, es decir, debido a factores que ocasionan el aumento del número de operaciones, o también por factores indirectos, debido a las restricciones de capacidad que provocan una reducción y reflejan un sector que normalmente no sería afectado.

Algunos factores que pueden generar aumento de demanda, provocando con eso un impacto en la capacidad ATC, son:

- Economía;
- Política;
- Cultura;
- Creación de y cambios en las rutas aéreas.

Muchas veces estos factores actúan de forma latente y no son detectados a tiempo para hacer ajustes en la capacidad o tomar acciones para mitigar el impacto cuando se sobrepasa la capacidad del órgano ATC. Otras veces, la rigidez de la infraestructura instalada, como las comunicaciones, radar e instalaciones, no permite asimilar en la misma proporción el cambio que ocurre paulatinamente en las características de la demanda, provocando un desequilibrio entre a demanda y capacidad.

2.4. CAPACIDAD

Frecuentemente, somos confrontados con situaciones de capacidad y productividad. Así, es posible en el noticiero de la TV escuchemos que se han producido 500.000 barriles de petróleo por día, o que hay 1.000 ton. de producción agrícola a la semana, o que en un hotel se alojan 50 huéspedes al día. De la misma manera, en el campo del tráfico aéreo se hace necesario establecer la capacidad de los servicios prestados y con esto es posible tener un control de la eficiencia del ATC y su capacidad máxima, y tomar las medidas necesarias en forma oportuna.

De la misma manera, no siempre las organizaciones deciden operar en su límite de carga, teniendo en cuenta que esta situación provocaría un ambiente de extrema tensión en la organización: “la planta estaría operando en su límite”, sin holgura para absorber las fluctuaciones en el suministro de insumos así como las fluctuaciones de demanda. En este contexto, surge el concepto de eficiencia.

La medida de la eficiencia es la relación entre la capacidad realmente disponible (capacidad operacional) y la capacidad efectiva. Esta medida depende de cómo los procesos dentro de la planta son gestionados y ejecutados. Se puede entender que la eficiencia es una relación entre salidas (resultados) y entradas (capacidad efectiva) en el sistema de producción.

Ejemplo 1 - Considere una plataforma de petróleo con capacidad efectiva de producción de 5.000 barriles de petróleo por día (PPD). Si esta planta estuviera operando con una producción máxima diaria de 4.000 barriles de petróleo, la eficiencia de esta plataforma sería de 80%.

$$Eficiencia = \frac{4.000}{5.000} = 0,80$$

La capacidad operacional es la capacidad con que el administrador de la planta puede contar para su planificación. Y se expresa como:

$$\text{Capacidad}_{\text{operacional}} = \text{Capacidad}_{\text{proyectada}} \times \text{Eficiencia}$$

Ejemplo 2- Una unidad de una red tradicional de restaurante de comida rápida de pasta italiana está proyectando una línea de producción que debe cumplir con 18 pedidos por hora y funcionar 10 horas por día 7 días a la semana. La eficiencia se mide al 80%. La capacidad operacional de este restaurante es de 1.260 llamadas por semana o 180 visitas por día, ya que debe atender la demanda prevista:

$$\text{Capacidad}_{\text{operacional}} = 18 \frac{\text{pedidos}}{\text{hora}} \times 10 \text{ horas} \times 7 \text{ días}$$

$$\text{Capacidad}_{\text{operacional}} = 1.260 \text{ comidas/semana} = 180 \text{ comidas/día,}$$

La capacidad proyectada para este restaurante debe ser de:

$$\text{Capacidad}_{\text{proyectada}} = \frac{1.260}{0,8} = 1.575 \text{ comidas/semana}$$

$$\text{Capacidad}_{\text{proyectada}} = \frac{180}{0,8} = 225 \text{ comidas/día}$$

2.5. CAPACIDAD ATC

La OACI sostiene que la autoridad ATS responsable por la prestación del servicio de tránsito aéreo debería proveer capacidad para situaciones normales y de alta demanda (Doc 4444, ítem 3.1.1).

La capacidad depende de muchos factores que están relacionados en el ATC, posibilitando mayor o menor eficiencia del servicio prestado.

Los servicios ATC no deberían operar siempre en su máxima capacidad, pues se afectan con la pérdida de rendimiento debido a varios factores, humanos y de equipamiento, éste último se vuelve obsoleto y menos eficiente.

La OACI presta orientación a los Estados sobre capacidad ATC, y establece que la capacidad no debería estar por encima de 100% mucho tiempo, y que el servicio debería funcionar a menudo al 80% de su capacidad (Doc 9426 – Manual de Planificación del Servicio ATS, Parte II, Apéndice C, ítem 2.6).

2.6. FACTORES QUE GENERALMENTE OCASIONAN EL DESEQUILIBRIO ENTRE DEMANDA Y CAPACIDAD

Según indicado en los párrafos arriba, algunos factores influyen en el equilibrio entre la demanda y la capacidad, y pueden causar la desviación en el cálculo de capacidad del ATC y ocasionar un desbalance. Estos factores deben ser identificados y tratados con cuidado ya que influyen en los resultados de los cálculos de la capacidad.

Los principales factores que comúnmente deprecian la capacidad son:

- Ineficiencia de las ayudas a la navegación;
- Restricción del uso de la infraestructura de pistas;
- Deficiencia del ATCO para atender en la apertura de sectores nuevos;
- Deficiencia de procedimientos;
- Condiciones meteorológicas.

Nota: los factores anteriormente reportados pueden tener carácter temporal o permanente, dependiendo de las condiciones. Si son permanentes deben ser considerados en el cálculo de N. Sin embargo, los de naturaleza temporal, son gestionados por el órgano ATC y CGNA. Por ejemplo, las condiciones atmosféricas pueden impactar temporalmente la capacidad de un sector ATC. Todos los factores de contingencia deben ser mapeados y se formará un árbol de decisiones, las cuales serán automatizadas como herramientas de gestión de flujo del CGNA.

Todos estos factores tienen influencia en la metodología, debido a que a partir de un momento el desequilibrio podrá interferir con la fluidez del tráfico aéreo, reflejándose en las comunicaciones y volviéndose una carga para el ATCO.

2.7. INDICADORES

Al gestionar el ATC, necesitamos saber si el servicio prestado está de acuerdo con la media y si se hace en forma eficiente. Es necesario conocer los vectores que muestren cuán eficiente hemos sido.

No siempre es fácil notar un aumento real de la demanda que implique cambios en la capacidad del órgano ATC. Por lo tanto, es importante realizar un seguimiento constante a los indicadores, que permita visualizar con más claridad ese cambio.

Normalmente, cuando se produce un desequilibrio entre la demanda y la capacidad, su reflejo se evidencia a través de atrasos que pueden ser observados en las salidas de los vuelos en los aeropuertos, esperas en rutas o *sectorizaciones*. Por lo tanto, los retrasos son indicadores significativos para mostrar a eficiencia del ATC y las variaciones de demanda que afectan a la misma.

Dado que muchas veces los factores que causan un desequilibrio o retraso se manifiestan por la influencia de otros factores no relacionados con el órgano ATC, es necesario establecer indicadores que muestren el factor causal real de los retrasos. Por ejemplo, un flujo puede estar sufriendo restricciones en la ruta debido a una deficiencia de la pista o calle de rodaje.

El comportamiento de la demanda puede ser utilizado como un indicador para la creación y re-estructuración del órgano ATC. En este caso, la misma es monitoreada directamente a través de los datos estadísticos que comprueben un aumento potencial significativo sobre la capacidad de referencia del órgano ATC o sector de control.

En general, cuando se observa una demanda anormal, la aplicación de los procedimientos ATC, una vigilancia más estrecha de la operación realizada por el supervisor de equipo o la re-sectorización son medidas suficientes para detener el problema causado por exceso de demanda de tráfico aéreo en un sector. Estos procedimientos son considerados normales en la operación diaria de un órgano ATC. Sirve para adecuar la demanda de tiempo y debe ser observado prioritariamente antes de considerar la creación de un nuevo sector en el órgano ATC.

Sin embargo, una vez identificado un cambio en el comportamiento de la demanda, se debe realizar un análisis de capacidad, a fin de verificar la necesidad de tomar de alguna acción, modificación de procedimiento o re-sectorización.

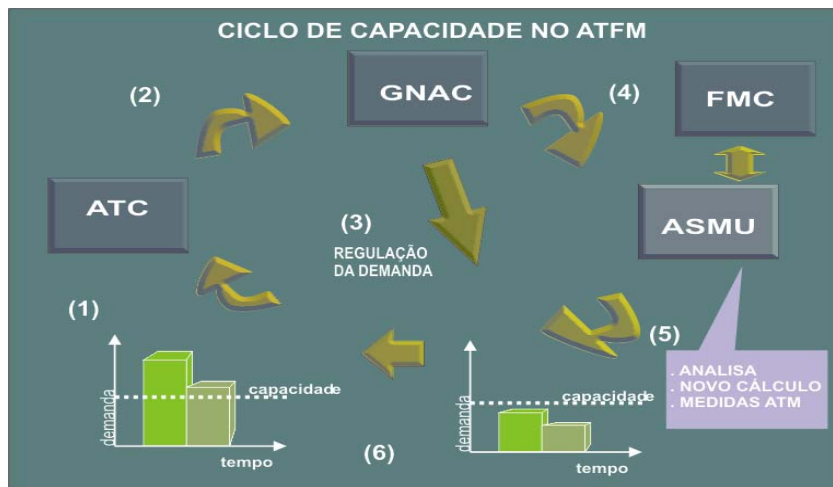


fig. 2- Análisis de capacidad del Sistema- En las etapas (1) y (2), si la capacidad es extrapolada, el órgano ATC conjuntamente con el Gerente de Flujo (GETA) analizan y toman las medidas tácticas necesarias para modificar el tráfico. Esta demanda se transfiere a la Unidad de Gestión del Espacio Aéreo (ASMU). En las etapas (4) y (5), el ASMU volverá a calcular la capacidad, considerando los factores que motivaron la demanda o, caso contrario, habrá una regulación de la demanda (6). El Gerente podrá de inmediato regular la demanda, si las circunstancias así lo exigen (3).

Cuando se inicia un análisis orientado a una re-sectorización, varios factores deben ser considerados a priori, y debe realizarse un análisis costo-beneficio para optimizar o aprovechar al máximo la capacidad disponible antes de planificar la implantación de un sector, pues podrían surgir factores limitantes relacionados con su implementación como la necesidad de más controladores o la asignación de frecuencias.

Por lo tanto la visibilidad de los componentes que estén al servicio de la eficiencia del servicio debe ser resaltada para mostrar claramente lo que es el factor que contribuye en el

desequilibrio, el agotamiento de los recursos disponibles antes de considerar un nuevo sector ATC.

Consecuentemente, es importante tener en cuenta que los factores pueden optimizar o reducir la capacidad ATC, y que se pueden tomar acciones para potencializar la capacidad o reducir el impacto:

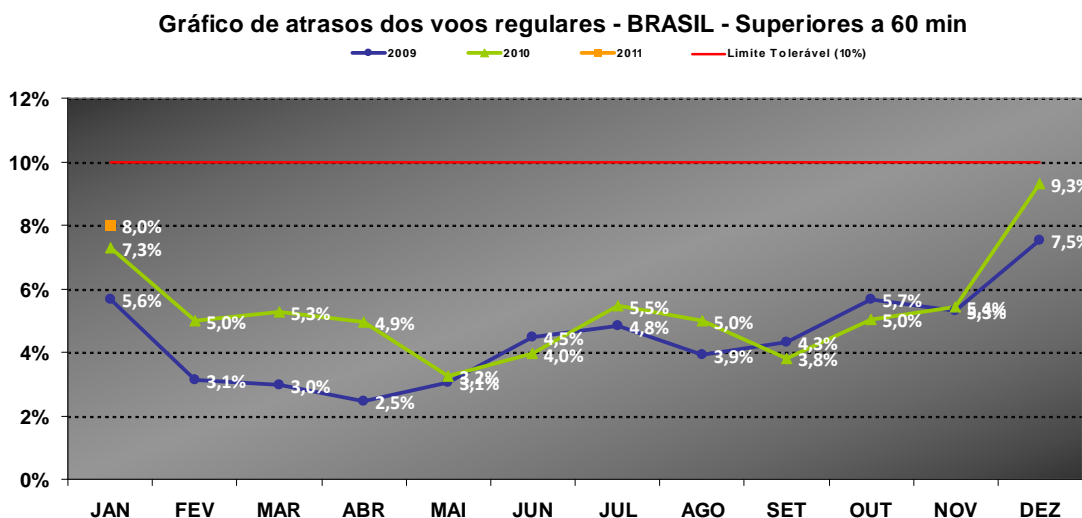


Fig.3 – Retrasos de vuelos superiores a 60 min

2.8. FACTORES QUE PROPICIAN GANANCIA DE CAPACIDAD

Sólo hay una manera de aumentar la capacidad del servicio ATS proveyendo nuevos sectores, lo que exige mayor número de frecuencias y controladores. De otra manera sólo es posible a través de la optimización de la capacidad existente o mediante la regulación de la demanda.

La optimización de la capacidad del sistema es posible administrando adecuadamente las acciones ATM para obtener la eficiencia y un mejor servicio para los usuarios dentro de los estándares de seguridad.

Cuando no es posible mantener el balance demanda y capacidad, tenemos que cambiar su “fulcro”. Durante la ejecución de las actividades de gestión de tráfico aéreo, el CGNA ha ejecutado diversas acciones a fin de adecuar la demanda y capacidad del sistema. La experiencia

ha demostrado que las medidas a continuación contribuirán directa o indirectamente en la optimización de la capacidad del ATC:

De manera táctica:

- Separación por Minutos o Separación por Millas – es generalmente usada para permitir tránsito convergiendo en o despegando de un determinado flujo.
- Espera en el Suelo – Medida a través de la que se mantienen las aeronaves en el suelo, estando sus partidas condicionadas a la reducción o al fin del evento que causa el impacto.
- Re-ruteamiento - Medida que consiste en el uso de rutas pre-definidas generalmente utilizadas para:
 - Asegurar la fluidez del tránsito aéreo;
 - Desviar EAC activados;
 - Impedir la congestión del espacio aéreo; y
 - Evitar áreas con formaciones meteorológicas severas.
- Sector Dinámico - Es la transferencia de un determinado flujo dentro de un sector congestionado hacia otro sector adyacente, con capacidad disponible, alterándose los límites geográficos y/o verticales de ambos.

De manera estratégica:

- Control y aprobación de las Líneas Aéreas Regulares;
- Uso de STAR, permitiendo una reducción en el número de comunicaciones entre piloto y controlador;
- Simplificación de rutas – permite una reducción de la carga sobre el controlador;
- Optimización de la circulación - permite una reducción de la carga sobre el controlador;
- NOTAM restringiendo determinado tipo de operaciones – esto es necesario cuando ocurre un desequilibrio grave. Sin embargo, esta medida debe adoptarse de manera temporal y a corto plazo, teniendo en cuenta las operaciones aéreas.

Los procedimientos adoptados anteriormente, de acuerdo con la proximidad del evento, pueden ser clasificados como acciones tácticas en un evento o estrategia de carácter anticipado.

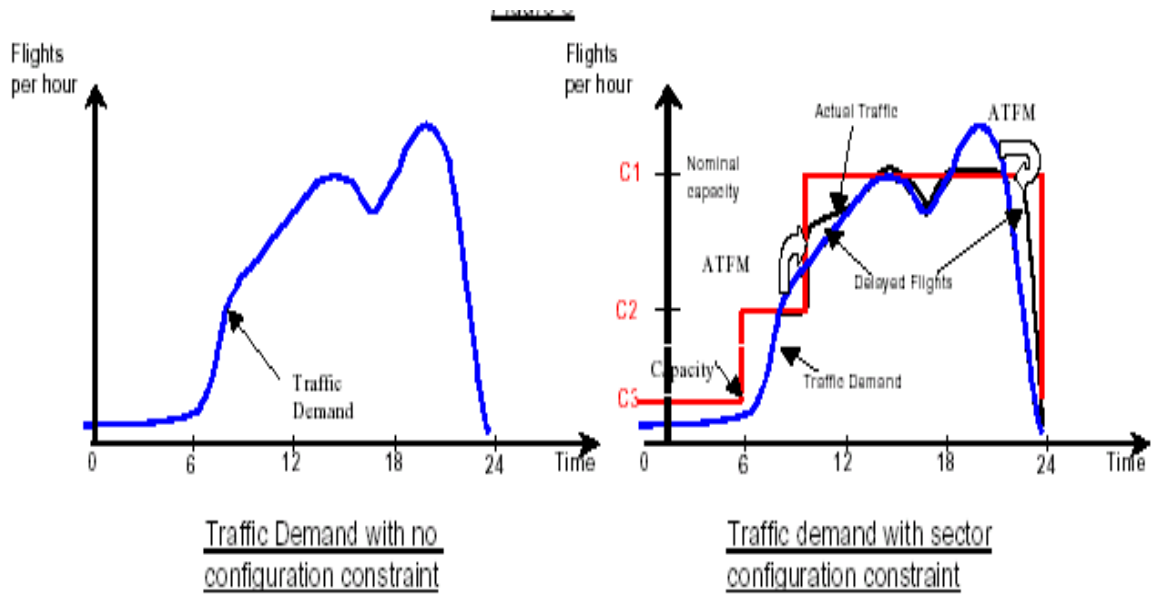


Fig.5 – Medidas ATFM y capacidad

3 EL PAPEL DEL ATFM EN LA ADECUACION DE LA CAPACIDAD

La OACI recomienda que cuando la demanda exceda la capacidad del ATC, se debe implementar el servicio de gestión de flujo del tráfico aéreo. Este servicio se establece con el objeto de ordenar y agilizar el flujo de tráfico, garantizando la utilización máxima de la capacidad del órgano ATC por el mayor espacio de tiempo posible, manteniendo el volumen de tráfico dentro de la capacidad declarada del órgano ATC. El objetivo es monitorear el flujo de tráfico y capacidad, tomando todas las medidas posibles para acomodar el tráfico, facilitando el ejercicio del ATC.

3.1 SOLUCIONES ATFM PARA EL EQUILIBRIO DEMANDA X CAPACIDAD

Las medidas estratégicas y tácticas de gestión de capacidad son aplicables con el fin de mejorar la congestión en un determinado sector ATC o de ampliar su capacidad, lo que se puede lograr a través de las siguientes acciones:

- Optimizar la capacidad;
- Utilizar otras capacidades disponibles. Los aspectos más destacados son las rutas alternativas para sectores de mayor capacidad;
- Regular la demanda. Destaca la asignación de “Slots”.

La gestión del flujo de servicios puede ser caracterizada en tres etapas de acuerdo a la hora de tomar medidas:

- ✘ Fase estratégica;
- ✘ Fase pre-táctica ; y
- ✘ Fase táctica.

En la fase estratégica se considera las medidas adoptadas por adelantado del período a largo plazo de más de 24 horas hasta el evento. En esta etapa, se están realizando esfuerzos en la búsqueda de un equilibrio entre la demanda y la capacidad, o reducir el impacto de la demanda, teniendo en cuenta la capacidad disponible. El uso de la simulación y la aprobación de las líneas aéreas son medidas importantes que se pueden emplear en esta fase.

En la fase pre-táctica, las acciones son tomadas 24 horas antes del evento. A medida que se acerca el evento, aumenta la certeza sobre la capacidad y demanda con la presentación de los planes de vuelo. Las acciones que se establecen en el día del evento son consideradas de nivel táctico.

Cuando no se puede establecer el equilibrio en las fases anteriores, las acciones para acomodar la demanda recaerán sobre la fase táctica. En esta fase, hay una mayor certeza de las intenciones debido a los planes de vuelo que son presentados inmediatamente antes del despegue. En este caso, se podrá desviar de ruta para sectores menos congestionados o suspender temporalmente los despegues.

3.2 DECISION COLABORATIVA

Como función importante del ATFM, se destaca la actividad de Decisión Colaborativa (CDM), que si es aplicada adecuadamente, tiene un papel importante en la optimización del flujo en la fase táctica, pre -táctica y estratégica.

En el CDM hay participación de los personajes más importantes que pueden tomar decisiones con el fin de mejorar el flujo. El Administrador del aeropuerto, líneas aéreas y autoridad aeronáutica, unidos en un mismo ambiente, logran una optimización de la capacidad disponible.

Para que el proceso CDM sea exitoso, se debe atacar los siguientes factores entre los enlaces:

- Facilitar el intercambio de información ATM;
- Compartir información ATM;
- Preocupaciones ATM comunes.

4 GESTIÓN DEL ESPACIO AEREO -ASM

En el contexto del ATM cabe destacar la importancia de ASM en el cálculo de capacidad ATC.

La gestión de las actividades en los niveles estratégicos, pre-táctico y táctico debe ser la preocupación constante para el proveedor ATS para poder lograr un uso más eficiente del espacio aéreo, teniendo en cuenta las necesidades de los usuarios y evitando siempre que sea posible la segregación permanente de los espacios. De esta manera en el sentido de una ganancia real de capacidad o reducción de complejidad para el ATC.

El uso de espacio aéreo debería ser lo más flexible posible, permitiendo atender bien los intereses de los usuarios y satisfacer la demanda de tráfico en momentos en que no está siendo utilizado. Se observa en general una subutilización de los espacios aéreos muchos de los cuales son de carácter permanente que podrían someterse a un nuevo análisis como posibles fuentes de rutas alternativas a fin de acomodar una mayor demanda. Una mejor coordinación entre el usuario del espacio aéreo y el ATC debería ser buscada siempre que sea posible.

El uso correcto del espacio aéreo puede contribuir a la reducción de las comunicaciones en determinados sectores ATC, y por lo tanto, indirectamente, provocar aumentos de la capacidad.

5 DISPOSICIONES FINALES

El crecimiento del tráfico aéreo en determinadas áreas puede provocar sobrecarga al ATC y comprometer la calidad del servicio prestado. Con el fin de mantener el servicio dentro de un grado de seguridad y eficiencia requerido y poder también contemplar un aumento en el volumen de tráfico sobre el control de un ATC, requiere un perfecto control de las capacidades ATC, una mejor gestión del espacio aéreo y seguir los indicadores de la demanda. Solamente a través de una mejor comprensión de los factores que conducen a un servicio eficiente a las necesidades del sistema y una intervención oportuna a fin de minimizar los impactos en la estructura ATC, habrá un mejor servicio al usuario así como una mejor coordinación con todas las partes involucradas implicados en una prestación de servicio ATC con seguridad.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério de la Aeronáutica. Departamento de Controle do espaço Aéreo (DECEA). ICA 100-22[Rio de Janeiro],*Serviço de Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo, de 2007.*

BRASIL. Ministério de la Aeronáutica. Departamento de Controle do espaço Aéreo (DECEA). ICA 100-30 [Rio de Janeiro],*Capacidade de sector ATC, de 2008.*

BÉLGICA. EUROCONTROL – CFMU . Air Traffic Flow & Capacity Management Strategy , <http://www.eurocontrol.int>.

BÉLGICA. EUROCONTROL – CFMU . Handbook for Airspace Management, <http://www.eurocontrol.int>.

LEONARDO LUSTOSA, MARCO A. MESQUITA, OSVALDO QUELHAS, RODRIGO J.OLIVEIRA- ED. ELSEVIER- **PLANEJAMENTO E CONTROLE de la PRODUÇÃO.**

OACI. DOC 4444- AIR TRAFFIC MANAGEMENT.