



Capacidad Sectores de Control

1 Introducción

Las dependencias ATC dependiendo de la necesidad operacional pueden ser divididas en Sectores y los controladores son responsables por la seguridad de los vuelos en cada sector. En las áreas donde hay una gran demanda de tráfico, es necesario establecer límites para cada sector a fin de que el tránsito en ese sector no los sobrepase pudiendo vulnerar la Seguridad. Se puede decir que la Capacidad ATC es el número de vuelos que pueden ser gestionados por los controladores de un determinado sector. Un sin número de factores pueden provocar restricción a la Capacidad del Sector, pudiendo generar una carga de trabajo adicional al controlador. Bajo esta óptica se ha establecido un método de cálculo de Capacidad para Sectores ATC a través de la cual se mide la carga de las comunicaciones. El Departamento de Control de Espacio Aéreo de Brasil (DECEA) a través del Centro de Gerenciamiento de Navegación Aérea (CGNA) adoptó una metodología para la determinación de la Capacidad de Sectores ATC que posibilita la obtención de un valor de referencia de Capacidad del Sector. Consiste en la obtención de un valor, calculado a través de una fórmula matemática, cuyos datos básicos son extraídos por un grupo de personas entrenadas para la recolección de los mismos en la dependencia ATC, considerando un momento de elevado movimiento (hora peak), donde son observadas y cronometradas las acciones del controlador y su disponibilidad para controlar los tránsitos del sector de control en aquel instante.

2 Análisis

2.1 Investigación de la Capacidad a través de la Fórmula Matemática

El término Capacidad ATC refleja la Capacidad del Sistema ATC o de cualquier de sus Subsistemas o posiciones operacionales, capaz de proveer a las aeronaves los servicios previstos dentro de las actividades normales de estas dependencias.

En Brasil, se calcula la capacidad de los ACC observándose las capacidades de sus sectores, que son obtenidas analíticamente, según la metodología establecida en la ICA 100-30, Planificación de personal ATC (DECEA, 2007). De esa forma, el modelo utilizado en Brasil puede ser clasificado como mesoscópico (mundo que nos rodea) y analítico (a través de fórmulas matemáticas).

El valor calculado puede ser entendido como el número máximo de aeronaves que pueden ser controladas, simultáneamente, para cada posición operacional (ATCO), proporcionando así la capacidad practicada por la dependencia ATC.

De acuerdo con el modelo actual, la carga de trabajo de un controlador es la sumatoria de los tiempos dispensados con:

1. comunicación (transmisión/recepción);
2. actividades manuales (relleno de "strips") y coordinación; y
3. planificación y distribución del tránsito.

La metodología que utiliza Brasil el concepto de "**factor de disponibilidad**" del controlador (ϕ), que es definido como el porcentual de tiempo disponible para el ATCO planificar los procedimientos de separación de aeronaves.

Este factor de disponibilidad se sitúa, comúnmente, entre un valor mínimo de 40% del tiempo del ATCO, para Control No Radar, y 60%, para Radar (ICA 100-30). Se deben concentrar los esfuerzos para un aumento de (ϕ). Ello solo es posible con la aplicación de medidas que resulten en un menor involucramiento del controlador con las actividades citadas en 1 y 2.

El factor ϕ puede presentar un porcentual más grande al perfeccionarse la "Interfaz Hombre / Máquina - IHM.

En Brasil, el cálculo del número de aeronaves que pueden ser controladas simultáneamente por un controlador (N), en el sector considerado, se expresa a través de la siguiente fórmula (ICA 100-30):



$$N = \varphi * \delta * (\eta * \tau_m * v_m)^{-1} \quad \text{o} \quad N = \varphi * \delta / (\eta * \tau_m * v_m) \quad (1)$$

En la fórmula (1), la Capacidad ATC es función directa o inversa de algunos factores (ICA 100-30), a ser considerados:

Factores directamente proporcionales a la capacidad ATC:

- φ : Factor de disponibilidad del controlador, definido como el porcentual de tiempo disponible para planificar los procedimientos de separación de aeronaves;
- δ : Distancia promedio recorrida por las aeronaves en el sector, que es función de las trayectorias y procedimientos de ruta o terminal establecidos para cada sector;

Factores inversamente proporcionales a la capacidad ATC:

- η : Número de comunicaciones para cada aeronave en el sector, que debe ser restricto al mínimo necesario para el entendimiento entre el piloto y el controlador. Ese número puede ser minimizado a través de la emisión de una autorización completa con una anticipación suficiente para la planificación del vuelo;
- τ_m : Tiempo promedio de duración de cada mensaje. Este factor puede ser minimizado al emitirse mensajes de manera objetiva, sin largas explicaciones perjudiciales al entendimiento entre el piloto y el controlador; y
- v_m : Velocidad promedio de las aeronaves en el sector.

Substituyéndose δ y v_m por el Tiempo promedio de vuelo de la aeronave en la travesía del sector (T), esa fórmula puede ser substituida por una versión más simple:

$$N = \varphi * T * (\eta * \tau_m)^{-1} \quad \text{o} \quad N = \varphi * T / (\eta * \tau_m) \quad (2)$$

Los valores de los factores φ , T , η , τ_m se obtienen empíricamente, siguiéndose los procedimientos establecidos.

Ejemplo 1:

DÍA	CONTROLADOR	HORA PEAK OBSERVADA			TIEMPO DISPONIBLE (SEG)	f (%)
		INICIO (HH:MM)	TÉRMINO (HH:MM)	TOTAL (SEG)		
01	A	10:00	10:03	180	120	66,66
03	B	19:30	19:33	180	150	83,33
04	C	19:55	19:58	180	89	49,44
05	D	20:15	20:18	180	106	58,88
05	D	20:30	20:33	180	143	79,44
06	E	21:50	21:53	180	98	54,44
06	E	22:00	22:03	180	167	92,77
09	F	15:00	15:03	180	171	95
09	F	10:10	10:13	180	140	77,77
09	G	18:00	18:03	180	159	88,33
FACTOR DE DISPONIBILIDAD MEDIA DEL CONTROLADOR: 74,6 %						



Tiempo medio de duración de cada mensaje (**tm**)

Ejecución: Efectuar levantamiento del tiempo consumido por el Controlador en las tareas de comunicación y recepción con una aeronave, durante todo su sobrevuelo, desde su entrada hasta su salida del sector de control que está siendo evaluado.

Muestreo: Mínimo de 30 observaciones para cada Controlador que opera en la Posición considerada, en horarios de peak de tránsito.

Valor considerado: Media aritmética de los valores obtenidos.

Ejemplo 2: TRANSMISIÓN / RECEPCIÓN DE COMUNICACIONES(Seg)

MATRÍCULA	IN	OUT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
GLO1811	20:58	21:02	11	8	13											
ONE6120	20:58	21:07	15	5	14	9	4	5	6	8						
PRDFF	21:00	21:05	15	4	6	5										
TAM3841	21:00	21:04	25	7	15	11										
GLO1722	21:01	21:05	20	6	16	10	5									
TAM3721	21:04	21:09	14	5	4	13	11									
FAB2524	21:07	21:12	15	14	5											
BRS2116	21:09	21:15	19	15	17											
GLO1899	21:10	21:14	28	6	5											
ONE6185	21:12	21:16	14	11	6											
PTWQH	21:15	21:18	17	22	5											
TAM3827	21:18	21:23	19	17	11											
VRN2205	21:22	21:26	11	10	5											
GLO1971	21:23	21:27	24	5												
FAB2101	21:24	21:28	11	12												
GLO1867	21:25	21:36	21	5	4	7	4	4								
ONE6319	21:25	21:35	17	8	4	4	4	4								
TAM3861	21:29	21:34	16	8	4	4	4									
TAM3577	21:34	21:37	16	9	4	9	6									
SLX6401	21:34	21:50	11	6	10	6										
TAM3727	21:41	21:46	21	5	11											
GLO1209	21:43	21:50	17	5	10	5	6									
GLO1929	21:43	21:52	11	5												
TAM3722	21:44	21:51	14	25	5	9	5	8	15	15	4	14	16	4	8	
GLO1669	21:46	21:51	10	7	16	7	22	6								
FAB2717	21:48	21:56	21	11	11	8	12	6	4	7						
TAM3445	21:51	21:53	21	6	5	6	4									
GLO1637	21:53	22:01	10	19	8	4										
TAM3567	21:54	21:58	15	4	4	5	5									
																PROM
			17	9,3	8,4	7,2	7,1	5,5	8,3	10	4	14	16	4	8	9,1

Tiempo medio de duración de cada mensaje = **9,1 ≈ 10 seg** (se redondea al entero superior)

Número medio de comunicaciones de cada aeronave en el sector (**n**)

Ejecución: Efectuar levantamiento del número medio de comunicaciones Controlador / Aeronave en el sector durante todo su sobrevuelo, desde su entrada hasta su salida del sector de control que está siendo evaluado.

Muestreo: Mínimo de 30 (treinta) observaciones en el sector, para cada Controlador, en los horarios de mayor movimiento.

Valor considerado: Media aritmética de los valores obtenidos.



Ejemplo 3: NÚMERO DE COMUNICACIONES (TRANS / RECEP)

MATRÍCULA	IN	OUT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	N°
GLO1811	20:58	21:02	11	8	13											3
ONE6120	20:58	21:07	15	5	14	9	4	5	6	8						8
PRDFF	21:00	21:05	15	4	6	5										4
TAM3841	21:00	21:04	25	7	15	11										4
GLO1722	21:01	21:05	20	6	16	10	5									5
TAM3721	21:04	21:09	14	5	4	13	11									5
FAB2524	21:07	21:12	15	14	5											3
BRS2116	21:09	21:15	19	15	17											3
GLO1899	21:10	21:14	28	6	5											3
ONE6185	21:12	21:16	14	11	6											3
PTWQH	21:15	21:18	17	22	5											3
TAM3827	21:18	21:23	19	17	11											3
VRN2205	21:22	21:26	11	10	5											3
GLO1971	21:23	21:27	24	5												2
FAB2101	21:24	21:28	11	12												2
GLO1867	21:25	21:36	21	5	4	7	4	4								6
ONE6319	21:25	21:35	17	8	4	4	4	4								6
TAM3861	21:29	21:34	16	8	4	4	4									5
TAM3577	21:34	21:37	16	9	4	9	6									5
SLX6401	21:34	21:50	11	6	10	6										4
TAM3727	21:41	21:46	21	5	11											3
GLO1209	21:43	21:50	17	5	10	5	6									5
GLO1929	21:43	21:52	11	5												2
TAM3722	21:44	21:51	14	25	5	9	5	8	15	15	4	14	16	4	8	13
GLO1669	21:46	21:51	10	7	16	7	22	6								6
FAB2717	21:48	21:56	21	11	11	8	12	6	4	7						8
TAM3445	21:51	21:53	21	6	5	6	4									5
GLO1637	21:53	22:01	10	19	8	4										4
TAM3567	21:54	21:58	15	4	4	5	5									5

Número medio de Comunicaciones con cada Aeronave en el Sector: **4,5 comunicaciones.**

Cálculo del tiempo medio de permanencia de las aeronaves en el sector (**T**)

Ejecución : Efectuar el levantamiento de los tiempos de permanencia de las aeronaves bajo control en el sector, del momento de recibimiento del(s) tránsito(s) hasta la transferencia para otro sector/órgano.

Muestreo: Todas las observaciones de aeronaves controladas en el sector en el(s) periodo(s) pico considerado(s), preferencialmente en horarios variados y con Controladores diferentes.

Valor considerado: Media aritmética de los valores considerados, en segundos.



Ejemplo 4: Cálculo de T

OBSERVACIONES (HORA PEAK)	AERONAVES	TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL SETOR		TIEMPO EN EL SECTOR(min)
		ENTRADA	SALIDA	
1	A	19:20	19:28	8
	B	19:22	19:32	10
	C	19:18	19:30	12
	D	19:10	19:17	7
2	A	09:10	09:17	7
	B	08:50	09:02	12
	C	09:05	09:17	12
	D	09:20	09:28	08
	E	09:30	09:45	15
	F	09:31	09:41	10
3	A	02:40	02:46	6
	B	02:30	02:40	10
	C	02:36	02:48	12
	D	02:25	02:36	11
	E	02:22	02:28	6
	F	02:42	02:48	6
4	A	22:12	22:22	10
	B	22:06	22:18	12
	C	22:15	22:25	10
	D	22:02	22:13	11
	E	22:09	22:24	15
<p>TIEMPO MEDIO EN SEGUNDOS (T) = 10 Min x 60 = 600 seg</p>				

Ejemplo 5:

Para las variables **f, n, tm y T**, atribuimos los siguientes valores medios para un sector de APP Radar, sin y con asistente (coordinador):

Sector de APP Radar sin Asistente:

$$f = 50\% \quad n = 6 \quad tm = 15s \quad T = 12 \text{ min} \quad \rightarrow \quad N = 4,0$$

Sector de APP Radar con Asistente:

$$f = 70\% \quad n = 6 \quad tm = 15s \quad T = 12 \text{ min} \quad \rightarrow \quad N = 5,6$$

Llegamos a los valores de **N = 4,0**, para el sector sin Asistente, y de **N = 5,6**, para el sector con Asistente, y podemos inferir que la capacidad máxima de control simultáneo es de 4 aeronaves en sector sin Asistente y de 6 aeronaves en el sector con Asistente.

NOTA 1: Para valores decimales de $N < 5$ redondear al entero inferior.

NOTA 2: Para valores decimales de $N \geq 5$ redondear al entero superior.

NOTA 3: Se contabilizan los tránsitos VFR.

Varios factores están constantemente influenciando el número **N**. Factores directamente relacionados, como por ejemplo, tamaño del sector o modificación de rutas. Por ello, siempre que se realice un cambio significativo al Sector de Control, es necesaria una actualización del valor determinado de Capacidad de Sector. De lo anterior entenderemos que la Capacidad ATC: Representa la medida de habilidad de la dependencia ATC o sus posiciones operacionales para suministrar servicios, en condiciones normales, a las aeronaves. Esta capacidad se expresa como el número de aeronaves que entran en cierta porción de espacio aéreo, en un periodo específico de tiempo, considerando las condiciones meteorológicas, la configuración de la dependencia ATC, el personal y los equipos disponibles, así como también cualquier otro factor que pueda afectar la carga de trabajo del controlador de tránsito aéreo responsable en el espacio aéreo involucrado. También, podrá expresarse como el número máximo de aeronaves simultáneas, bajo la jurisdicción de una posición ATC, apoyadas por la infraestructura aeronáutica instalada.

Marcelo López Tempio
Director Comisión Materias Técnico - Operativas



**COLEGIO DE CONTROLADORES
DE TRÁNSITO AÉREO DE
CHILE (A. G.)**

Román Díaz 1913, Ñuñoa
Santiago – Chile