

SCT

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES



SERVICIOS A LA NAVEGACIÓN EN EL ESPACIO AÉREO MEXICANO

CIRCULAR PARA LOS SERVICIOS DE TRÁNSITO AÉREO

Circular ATS - 03/20

1ª Edición

1º DE MAYO DE 2020

**METODOLOGÍA PARA CÁLCULO DE CAPACIDAD DE
SECTORES DE CENTROS DE CONTROL**

I. CARACTERÍSTICAS DEL DOCUMENTO

TÍTULO		
Metodología para Cálculo de Capacidad de Sectores de Centros de Control		
Identificador del Documento	Referencia	Circular ATS – 03/20
CircularATS-03-20-e1	Número de Edición	1.0
	Fecha de Edición	1 de mayo de 2020
Resumen		
La presente circular describe la metodología para obtener información, analizar y determinar la capacidad horaria e instantánea de los sectores de los centros de control de área.		
Palabras Clave		
Capacidad	Muestra	ATFM
Sectores	Centros de Control	Instantánea
Modelo	Demanda	Demora
Persona de Contacto	Teléfono	Unidad
Ing. José Inés Gil Jiménez	+52 (55) 57865515	Dirección de Tránsito Aéreo

INFORMACIÓN DEL DOCUMENTO					
Estatus		Distribución		Categoría	
Versión en Borrador		Pública	X	Normativo	X
Versión Propuesta		Restringida		Informativo	
Versión Publicada	X	Confidencial		Proyecto	
Para cualquier información adicional sobre el presente documento dirigirse a:					
Dirección de Tránsito Aéreo Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano, SCT Av. 602 #161 Zona Federal A.I.C.M. 15620 Ciudad de México Tel: +52 (55) 57865513 Correo Electrónico: mario.hernandezr@sct.gob.mx					

II. APLICABILIDAD

La aplicación del presente documento no exime del cumplimiento de otras disposiciones aplicables en la materia y será observada dentro de su área de competencia por:

1. **Los Subgerentes de los Servicios de Tránsito Aéreo:** Para supervisar la aplicación de los procedimientos establecidos en la presente circular en los centros de control correspondientes a su jurisdicción.
2. **Jefes de Centros de Control de Área:** Para su aplicación.

III. DISTRIBUCIÓN

La presente circular será distribuida y entregada a través de acuse de recibido y enterado del contenido a los siguientes destinatarios de SENEAM.

1. **Dirección General**
2. **Dirección General Adjunta de Tránsito Aéreo**
3. **Subgerencias de los Servicios de Tránsito Aéreo**
4. **Dirección de Sistemas de Calidad**
5. **Dirección de Sistemas Organizacionales**
6. **Jurídico de SENEAM**
7. **Jefaturas de Centros de Control de Área**

IV. BIBLIOGRAFÍA

1. ICAO PANS-ATM Procedimientos para los Servicios de Navegación Aérea – Gestión del Tránsito Aéreo (Doc. 4444)
2. ICAO Doc. 9426 – Manual de Planificación de los Servicios de Tránsito Aéreo
3. ICAO Anexo 11 Servicios de Tránsito Aéreo
4. ICAO Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Doc. 7300)
5. Ley de Aviación Civil
6. Reglamento de la Ley de Aviación Civil
7. EUROCONTROL EEC Note 21/03 – Pessimistic Sector Capacity Estimation

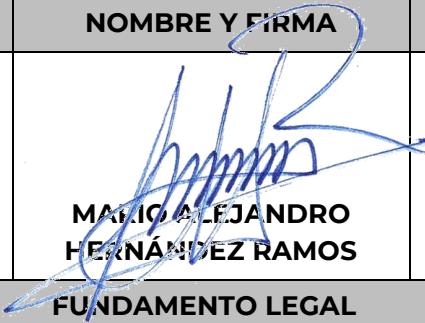
V. DOCUMENTACIÓN RELACIONADA

Relación de documentos similares que se complementan, modifican o abrogan.

Documento	Estatus
Oficio 4.5.211.-221/07 sobre Metodología de Cálculo de Capacidad de Sectores	Abrogado

VI. APROBACIÓN DEL DOCUMENTO

La siguiente tabla identifica al personal con la autoridad de aprobar este documento.

CARGO	NOMBRE Y FIRMA	FECHA
ENCARGADO DE LA DIRECCIÓN DE TRÁNSITO AÉREO	 MARIO ALEJANDRO HERNÁNDEZ RAMOS	1º DE MAYO DE 2020
FUNDAMENTO LEGAL		
<p>En cumplimiento con las facultades de Director de Tránsito Aéreo establecidas en el Manual de Organización de los Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano vigente al mes de noviembre de 2017, en su capítulo 7, parte 7.1, inciso 7.1.1, que dentro de su contenido al texto dice: “Promover las reformas pertinentes a la reglamentación relativa a los Servicios de Tránsito Aéreo con el fin de mantenerse dentro de los estándares internacionales.” y para su debida publicación y observancia, expido el presente Manual en el domicilio central del Órgano Desconcentrado de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes denominado Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano, en la Ciudad de México, al día primero del mes de mayo de dos mil veinte.</p>		

VII. HOJA DE CONTROL DE CAMBIOS

La siguiente tabla registra la historia completa del presente documento.

NUMERO DE EDICIÓN	FECHA DE EFECTIVIDAD	MOTIVO DEL CAMBIO	PAGINAS AFECTADAS
1.0	1/05/2020	-	-

VIII. OBJETIVO

Este documento tiene como objetivo proporcionar a los centros de control una metodología común para el cálculo de capacidad de sectores que permitirá a los Subgerentes de los Servicios de Tránsito Aéreo llevar a cabo una planificación eficaz de los servicios en estrecha coordinación con el servicio de gestión de afluencia de tránsito aéreo (ATFM).

La finalidad del ATFM es lograr un equilibrio entre la demanda del tránsito aéreo y la capacidad del sistema, a fin de garantizar un óptimo y eficiente uso del espacio aéreo. Las capacidades calculadas permitirán por medio de un sistema ATFM avanzado vigilar constantemente que la demanda de servicio no supere la capacidad de respuesta en los sectores. Los resultados obtenidos por medio de la metodología descrita servirán para la planificación de los servicios de tránsito aéreo y una vez que SENEAM cuente con un sistema ATFM avanzado permitirán regular la demanda de tránsito aéreo en los distintos sectores.

Objetivos específicos:

- Efectuar el cálculo de la capacidad de los sectores.
- Validar la capacidad de los sectores de control existentes.
- Evaluar la carga de trabajo de cada uno de los sectores de los centros de control del país.
- Identificar los sectores que requieren mayor atención en sus procedimientos y así proponer soluciones para los aspectos críticos.
- Proponer la creación e implantación de nuevos sectores de control, redistribución de sectores o cambio en los flujos de los mismos, derivado del análisis realizado de los datos obtenidos.
- Proponer modificaciones en las funciones realizadas por los controladores de tránsito aéreo en las diferentes posiciones de control, a fin de equilibrar sus cargas de trabajo y a la vez mejorar la eficiencia en la prestación de los servicios ATS en los diferentes sectores.

IX. CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

La presente circular describe la metodología para el cálculo de la capacidad de los sectores de los centros de control. Para lo anterior, se ha desarrollado un procedimiento de muestreo estadístico y fórmulas para el cálculo de capacidad instantánea y capacidad horaria ideal, para cada sector de centro de control del país, que garanticen un óptimo y seguro uso del espacio aéreo.

2. CONCEPTOS

- **Capacidad del ATC.** La capacidad del ATC se expresará como el número máximo de aeronaves que pueden ser aceptadas por un período determinado de tiempo dentro del espacio aéreo o en el aeródromo en cuestión.
- **Carga de trabajo.** Es la suma del tiempo empleado por el Controlador para llevar a cabo todas las tareas necesarias asociadas con el flujo de tránsito en su sector y puesto de trabajo, tanto las **tareas observables** como las **tareas no observables**.
- **Capacidad instantánea de sector.** Es el número máximo de aeronaves que pueden ser atendidos simultáneamente de manera segura en un sector.
- **Capacidad horaria de sector.** Es el número máximo de aeronaves que pueden cruzar el sector en una hora.
- **Disponibilidad del controlador.** Es el tiempo que dedica un Controlador a la atención del tránsito y a las tareas observables a desarrollar en el sector en un contexto general. Del 100% del tiempo disponible del controlador, se considera que emplea un 60% en las tareas observables, mientras que el 40% del tiempo restante lo utiliza en las tareas no observables.

La disponibilidad del controlador se determina como la carga total de las tareas más un parámetro que indica la cantidad de tiempo necesario para que el controlador recupere la condición de afluencia a plena capacidad del sector en el que trabaje.

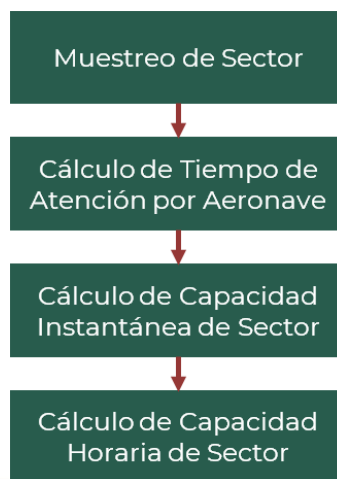
- **Tareas observables.** Son las tareas rutinarias como aquellas que se aplican a todas las aeronaves por igual, independientemente de cuantas aeronaves tenga bajo su control y aquellas tareas orientadas a la resolución de conflictos si alguna aeronave está en una situación real o potencial de conflicto.
- **Tareas no observables.** Son las tareas de planificación llevadas a cabo por el Controlador y las tareas mentales empleadas para detectar o predecir conflictos.
- **Tiempo de atención por aeronave.** Es el tiempo que el controlador destina por aeronave en comunicaciones, manejo de sistemas, vigilancia, toma de decisiones, etc.
- **Tiempo de permanencia en el sector.** Es el tiempo promedio de vuelo de las aeronaves en el sector considerando un promedio de distancia de vuelo basada

en los flujos mayores y medios de tránsito y una velocidad promedio de las aeronaves.

3. PROCESO

Como primer paso debe llevarse a cabo un muestreo para recabar los siguientes datos para cada sector: tiempo de permanencia de las aeronaves en el sector (ver punto 4), porcentaje de tránsito en ascenso o descenso (ver punto 4) y porcentaje de tránsito secuenciado (ver punto 4).

Una vez obtenida la información del muestreo, se calcula por medio de una fórmula, el tiempo de atención por aeronave (ver punto 6). Utilizando este dato, así como el tiempo de permanencia en el sector, se calculan la capacidad instantánea (ver punto 7) y la capacidad horaria del sector (ver 8).



4. MUESTREO DE SECTOR

El muestreo de cada sector consistirá en 10 muestras en días y horas distintos, de 50 aeronaves cada una, en momentos con intensa carga de tránsito; cada muestra debe realizarse con controladores (rutas) distintos a los utilizados en otras muestras. El muestreo se realizará por medio de imágenes extraídas *offline* de los sectores de centro de control.

En cada una de las muestras se registrará la siguiente información: fecha, hora de inicio y de final, ACC, sector y siglas del controlador (ejecutivo). Para cada registro de aeronave se indicará la siguiente información: identificación de la aeronave, tipo de operación (A – ascenso, D – descenso, N – nivelado), tránsito secuenciado (S – sí; N – no secuenciado), hora de entrada y hora de salida del sector (conforme a sus límites horizontales y verticales; sin considerar la hora de aceptación y de transferencia del tránsito). A continuación se presenta ejemplo del formato de muestreo:

	ACC XXXX	Sector X	Controlador de Vigilancia XX	Fecha XX/XX/XXXX	Hora de Inicio hh:mm	Hora Final hh:mm
#	Identificación de Aeronave	A (Ascenso) D (Descenso) N (Nivelado)	Tránsito Secuenciado S (Sí) N (No)	Hora de Entrada (hh:mm)	Hora de Salida (hh:mm)	Tiempo de Permanencia (min)
1	XXXXX	X	X	XX:XX	XX:XX	XX
2						
3						
...						
	Porcentaje de Tránsito en Ascenso o Descenso XX%		Porcentaje de Tránsito Secuenciado XX%		Promedio de Tiempo de Permanencia en el Sector XX min	

Se considera tránsito nivelado a aquellas operaciones de sobrevuelo que crucen el sector sin haber entrado o salido en ascenso o descenso, por ejemplo; una aeronave que entre nivelada al sector y solicite un cambio de nivel en ruta debe considerarse como tránsito nivelado. Se considera tránsito en ascenso o descenso aquél que entra o sale del sector con esa actitud de vuelo o el que despegas así como aquél que aterrice dentro del sector.

Se considera que un tránsito es secuenciado si recibe al menos un vector o un ajuste de velocidad en una secuencia a un área de control terminal, a otro sector o centro de control que requiera millas entre tránsitos. Debido a la dificultad de percibir un ajuste de velocidad en las imágenes obtenidas para el muestreo, se asumirá que una aeronave es secuenciada si:

- La aeronave será entregada a una unidad de control de aproximación y tiene adelante a otra aeronave en secuencia con la separación requerida para la transferencia o menor; o
- La aeronave será entregada a una torre de control de aeródromo y le antecede otra aeronave a menos de 5 minutos de tiempo de vuelo; o
- La aeronave será entregada a otro centro de control u otro sector del mismo que requiere cumplir con millas entre tránsitos y tiene adelante a otra aeronave con la separación requerida o menor.

Una vez finalizados los muestreos, se calcularán: el porcentaje de tránsito en ascenso y descenso, el porcentaje de tránsito secuenciado y el promedio de tiempo de permanencia en el sector. Los tres resultados obtenidos en cada muestreo serán promediados para obtener los valores finales del muestreo.

5. DISPONIBILIDAD DEL CONTROLADOR

Diversos estudios sobre capacidad de sectores, han identificado tareas no observables en las posiciones de control. En gran medida la tasa de ocupación de los controladores se ve afectada por factores humanos (conciencia situacional, factores personales como estrés y fatiga, y diferencias individuales) y otros factores limitantes (condiciones meteorológicas, congestión de las comunicaciones, etc.).

Dichos factores no observables han sido considerados dentro de los elementos para calcular el tiempo de disponibilidad contemplado en los cálculos de la presente metodología.

Para aplicar el concepto de disponibilidad del controlador, el tiempo calculado utilizado en comunicación con las aeronaves se considera como el 60% de disponibilidad del controlador para tareas observables; por medio de una fórmula se agrega un tiempo adicional por aeronave que representa el 40% de tiempo que requiere el controlador para realizar tareas no observables. Utilizando el tiempo de comunicación por aeronave y el tiempo adicional para tareas no observables, se obtiene el tiempo de atención por aeronave.

6. CÁLCULO DEL TIEMPO DE ATENCIÓN POR AERONAVE

Con los resultados obtenidos del muestreo se calculará el tiempo de atención por aeronave, que se refiere al tiempo empleado en comunicación por aeronave, agregando el tiempo empleado en tareas no observables, conforme al concepto de disponibilidad del controlador. El cálculo se efectuará por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{tiempo de atención por aeronave}(s) = (20 + 30 \times "A/D" + 25 \times "SEC") \div 0.6$$

En la fórmula, el valor "A/D" se refiere a la proporción de tránsito en ascenso o descenso (porcentaje entre 100), el valor "SEC" se refiere a la proporción de tránsito secuenciado (porcentaje entre 100) y el resultado de la operación será en segundos.

Las constantes incluidas en la fórmula surgieron de medir el tiempo en segundos empleado en las instrucciones y colaciones conforme a la fraseología de los PANS-ATM de OACI y a la recomendación de la OACI de utilizar una velocidad de enunciación de 100 palabras por minuto (Manual de Radiotelefonía, doc. 9432 de OACI). El primer valor de 20 resulta de la fraseología básica que se emplea con cada aeronave (como contacto inicial, autorización para proseguir directo a un punto y transferencia), el valor de 30 resulta de la fraseología empleada con tránsito en ascenso o descenso (instrucciones de ascenso o descenso, información de pista e información de tránsito) y el valor de 25 resulta de la fraseología empleada en secuenciar tránsito.

7. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD INSTANTÁNEA DE SECTOR

El cálculo de la capacidad instantánea de sector consiste en dividir el tiempo de permanencia en el sector entre el tiempo de atención por aeronave.

Debido a que la capacidad instantánea se incrementa proporcionalmente con el tamaño del sector, y a que la capacidad humana de mantener la conciencia situacional adecuada es finita, debe definirse un tope para este cálculo. La capacidad instantánea máxima de un sector de centro de control es de **25 aeronaves**. Por lo tanto, en caso que el resultado de la fórmula arroje un valor mayor a 25, deberá utilizarse el estándar de 25.

$$\text{capacidad instantánea} = \text{MIN} \left[\frac{\text{tiempo de permanencia en el sector}(\text{min}) \times 60}{\text{tiempo de atención por aeronave}(\text{s})}; 25 \right]$$

En la fórmula anterior, “MIN” se refiere a utilizar el valor menor de entre los calculados dentro del corchete.

8. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD HORARIA DE SECTOR

El cálculo de capacidad horaria del sector consiste en dividir 60 minutos entre el tiempo de permanencia en el sector multiplicado por la capacidad instantánea.

$$\text{capacidad horaria} = \frac{60 \times \text{capacidad instantánea}}{\text{tiempo de permanencia en el sector}(\text{min})}$$

9. TOLERANCIA DEL RESULTADO DE CAPACIDAD

Tanto la capacidad horaria como la capacidad instantánea de cada sector deberían considerarse con una tolerancia de un 5% mayor o menor, debido a que el cálculo de los mismos por medio de la metodología descrita siempre contará con un grado de error originado por la complejidad inherente al cálculo de capacidad.

Esta capacidad horaria se verá afectada ante la presencia de condiciones meteorológicas adversas resultando en una reducción de la capacidad proporcional a la afectación en el sector.

10. ELABORACIÓN Y FRECUENCIA DEL ESTUDIO DE CAPACIDAD DE SECTORES

Con el propósito de vigilar constantemente la carga de trabajo en los sectores de centros de control y lograr una planificación eficaz del servicio de control de tránsito aéreo, las Subgerencias de los Servicios de Tránsito Aéreo deberán elaborar, en marzo de cada año, un **estudio de la carga de trabajo de los sectores** comparando los datos estadísticos del año anterior contra las capacidades horarias, generando conclusiones del mismo para identificar espacios aéreos en los que se requiera modificar la sectorización o implementar nuevos sectores. En caso de llevarse a cabo la modificación de algún sector deberá realizarse un nuevo **estudio de cálculo de capacidad de sectores**. Si en un periodo de 5 años no se hubiere modificado la sectorización, deberá realizarse este estudio con la finalidad de actualizar las capacidades de los sectores existentes.

Los resultados del estudio de la carga de trabajo de los sectores deberán ser entregados en abril de cada año a la Gerencia Regional correspondiente para su revisión y aprobación, y finalmente a la Dirección General y a la Dirección General Adjunta de Tránsito Aéreo para su conocimiento y toma de decisiones.

Apéndice A

En este apéndice se aplicará, como ejemplo, la metodología de cálculo de capacidad de pistas en el sector 4 del Centro de Control México.

1. ACTIVIDAD 1 – MUESTREO DE SECTOR

De acuerdo al proceso de muestreo descrito en la circular se realizaron 10 muestras en días y horas distintos de 50 aeronaves cada una, tratando de utilizar momentos con intensa carga de tránsito. Una vez seleccionados los momentos para muestreo se solicitaron las imágenes del sistema ATM “offline” y se registraron en la tabla los datos requeridos. A continuación se muestra extracto de la tabla llenada:

	ACC	Sector	Controlador de Vigilancia	Fecha	Hora de Inicio	Hora Final
	MMEX	4	XS	15/02/2019	21:00	22:20
#	Identificación de Aeronave	A (Ascenso) D (Descenso) N (Nivelado)	Tránsito Secuenciado S (Sí) N (No)	Hora de Entrada (hh:mm)	Hora de Salida (hh:mm)	Tiempo de Permanencia (min)
1	VOI770	A	N	21:01	21:46	45
2	LPU3725	N	N	21:03	21:55	52
3	LCT535	A-D	S	21:05	21:20	15
4	AMX253	A-D	S	21:07	21:24	17
...	(continúa)	(continúa)	(continúa)	(continúa)	(continúa)	(continúa)
Porcentaje de Tránsito en Ascenso o Descenso			Porcentaje de Tránsito Secuenciado		Promedio de Tiempo de Permanencia en el Sector	
87%			46%		23 min	

Una vez llenada cada una de las tablas de muestreo se calculan los valores de la parte inferior. Para el caso de porcentaje de tránsito en ascenso o descenso se cuenta el número de aviones que, de acuerdo a los criterios de la circular, se consideraron en ascenso o descenso, se divide entre el total de muestras y se multiplica por 100%. Para obtener el porcentaje de tránsito secuenciado igualmente se cuenta el número de aeronaves que, de acuerdo a los criterios descritos, fueron secuenciadas, se divide entre el total de muestras y se multiplica por 100%. El promedio de tiempo de permanencia en el sector resulta de sumar los tiempos individuales de permanencia y dividir el total entre el número de muestras.

Ya que se cuente con las 10 tablas con 50 muestreos cada una, los tres resultados obtenidos en la parte inferior serán promediados entre sí.

Para este ejemplo, los resultados finales fueron los siguientes:

- Porcentaje de tránsito en ascenso o descenso: 89%.
- Porcentaje de tránsito secuenciado: 45%.
- Promedio de tiempo de permanencia en el sector: 24 min.

2. ACTIVIDAD 2 – CÁLCULO DE TIEMPO DE ATENCIÓN POR AERONAVE

Utilizando los valores obtenidos en el proceso de muestreo se aplicará la fórmula para calcular el tiempo de atención por aeronave.

$$\text{tiempo de atención por aeronave}(s) = (20 + 30 \times 0.89 + 25 \times 0.45) \div 0.6 = 97 \text{ s}$$

3. ACTIVIDAD 3 – CÁLCULO DE LA CAPACIDAD INSTANTÁNEA DE SECTOR

Utilizando el promedio de tiempo de permanencia en el sector obtenido del muestreo y el tiempo de atención por aeronave calculado en la actividad anterior se calculará la capacidad instantánea del sector de acuerdo a la fórmula correspondiente:

$$\text{capacidad instantánea} = \text{MIN} \left[\frac{24 \times 60}{97}; 25 \right] = 15 \text{ aeronaves}$$

4. ACTIVIDAD 4 – CÁLCULO DE LA CAPACIDAD HORARIA DE SECTOR

El cálculo de capacidad horaria del sector se llevará a cabo utilizando el tiempo de permanencia obtenido del muestreo y la capacidad instantánea calculada en la actividad anterior con la fórmula correspondiente.

$$\text{capacidad horaria} = \frac{60 \times 15}{24} = 37 \text{ ops/hr}$$

----- Fin del Documento -----