

**COMANDO DE LA AERONÁUTICA
CENTRO DE GESTIÓN DE NAVEGACIÓN AÉREA**



2. CÁLCULO DE CAPACIDAD DE PISTA

1. DISPOSICIONES PRELIMINARES

1.1 FINALIDAD

La presente apostilla tiene por finalidad dotar a los alumnos de conocimientos relacionados a la práctica del cálculo de la Capacidad, a fin de que puedan entenderlo y realizarlo cuando necesario.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

(Cp) Explicar las variables que afectan el Cálculo de la Capacidad.

(Ap) Aplicar el método de cálculo de capacidad de pista.

(An) Analizar el resultado encontrado con el empleo del método.

(Av) Evaluar el método de cálculo de capacidad de pista.

1.3 ÁMBITO

La presente apostilla se destina al Curso del Cálculo de Capacidad de Pista, impartido por el Centro de Gestión de la Navegación Aérea.

1.4 ELABORACIÓN Y REVISIÓN

Elaborada por el 1° TEN ESP CTA Fernando de Souza Armstrong y SO BCT Roberto Fruzzoni en 2009.

1.5 GRADO DE SIGILO

El presente documento posee carácter ostensivo.

2. INTRODUCCIÓN

De entre los estudios realizados en el área de la gestión de afluencia de tránsito aéreo, referentes a la demanda de tránsito aéreo, surge el concepto de capacidad de pista. Un número de referencia que exprese, el más próximo posible, la cantidad máxima de tránsito aéreo, en demanda, que el aeródromo sería capaz de absorber en un determinado intervalo de tiempo, equilibrando las potencialidades que el aeródromo en estudio pueda ofrecer a las necesidades de la demanda.

El Sistema de Gestión debe conocer los valores de capacidad de pista y la demanda para los aeródromos bajo jurisdicción, para que pueda mantener el balanceo efectivo del tránsito aéreo.

La capacidad de pista de un aeródromo está íntimamente conectada a su infraestructura, a la meteorología, al “modus operandi” de los órganos ATC de la localidad en estudio y a las características operacionales de las empresas aéreas que la operan. Esos son factores que pueden determinar incrementos o decrecimientos en los valores de la capacidad de pista de un aeródromo.

En este segmento, se busca nortear la aplicación de la teoría relacionada a la práctica del cálculo de la capacidad de pista y a los factores que determinan, por interferencia, la variación de los sus índices, los cuales serán utilizados como parámetros que permitan mantener la operacionalidad ecualizada en los aeródromos de interés.

3. DEFINICIONES

Capacidad de pista: Número máximo de movimientos que se puede alcanzar con la combinación de aeronaves despegando y aterrizando en una determinada pista, en condiciones definidas, para periodos de tiempo especificados.

Nota 1: La capacidad de pista se establece para cada umbral en uso. Si es necesario establecer un valor de capacidad abarcando los dos umbrales, se debe utilizar la media aritmética ponderada de los dos valores encontrados en función de los datos estadísticos de uso de cada umbral durante el periodo de, por lo menos, un año.

Nota 2: Para atender a situaciones específicas, el cálculo de capacidad de pista presenta tres escenarios característicos: la Capacidad Física, la Capacidad Teórica y la Capacidad Declarada, conforme definidas a seguir.

Capacidad Física de Pista (CFP): Capacidad de pista calculada, para un intervalo de sesenta minutos, en función del tiempo de ocupación de pista (**TOP**). Proceso simplificado que tiene por finalidad proporcionar el primer indicativo para los valores de capacidad del aeródromo. Se destina a los aeródromos donde la demanda de tránsito aéreo todavía no ha alcanzado niveles de congestión.

Capacidad Teórica de Pista (CTP): Capacidad de pista calculada, para un intervalo de sesenta minutos, en función del tiempo de ocupación de pista (**TOP**) acrecido de la legislación relativa a la separación reglamentar entre aeronaves, así como de las normas y procedimientos específicos aplicables a las operaciones aéreas de la localidad considerada. Se destina a los aeródromos donde la demanda de tránsito aéreo ha alcanzado o tiende a alcanzar niveles de congestión.

Por tratarse de un proceso complejo, toma en cuenta diversas variables, siendo la más importante el modo de operación (ATC, AEROPUERTO, EMPRESA AÉREA).

Capacidad Declarada de Pista (CDP): Capacidad de pista plenamente sostenible desde el punto de vista operacional resultante de las

versiones anteriores acrecidas de parámetros que interfieren directa o indirectamente en el “modus operandi” del órgano de control de tránsito aéreo. Se trata del valor efectivamente divulgado, o sea, para llegarse a un valor final son reunidas y evaluadas todas las variables estudiadas. El resultado de este estudio puede resultar en un valor diferente de los anteriormente calculados. Ese valor puede agregar otros elementos, como: meteorología, posición geográfica, etc.

Nota: La Capacidad Declarada será aplicada, exclusivamente, en los aeropuertos que, por ventura, vengan a presentar tendencias de saturación. La forma de operar, tanto de los pilotos cuanto de los controladores, será estudiada por el CGNA, con el objetivo de establecer un valor posible y sostenible de operaciones por un periodo de tiempo determinado.

Categoría de Aeronave (CAT): Clase de aeronaves subdivididas en cinco grupos: A, B, C, D y E definidas en función de la velocidad de cruce del umbral, que debe ser el 130 por cien del valor de la velocidad de pérdida (stall) en la configuración de aterrizaje (full flaps, gear down), conforme cuadro a seguir:

CAT ANV	VEL APX FINAL	CLASE DE ANV	PESO MAX DEP
A	< 91 Kt	A	
B	91 < o ≤ 120 Kt	B	≤ 7.000 kg
C	121 < o ≤ 140 Kt	C	≤ 136.000Kg
D	141 < o ≤ 165 Kt	D	>136.000Kg
E	166 < o ≤ 210 Kt	E	

Media Aritmética de los Tiempos de Ocupación de Pista (MATOP): Es el tiempo resultante de la media aritmética entre TOPD y TOPP por categoría de aeronaves.

Mix de Aeronaves: Distribución porcentual del número de aeronaves en operación en el aeródromo, conforme sus categorías, en un periodo de tiempo especificado.

Nota: El Mix de Aeronaves debe ser calculado a partir del movimiento total diario en el aeródromo en estudio, obtenido por medio de cualquier fuente estadística reconocida que revele, fielmente, el movimiento total de aeronaves en el aeródromo.

Se calcula por medio de la media aritmética de un muestreo conteniendo datos referentes al periodo de, por lo menos, una semana. Preferencialmente, que sea el periodo que abarque la fase de la recolección de las muestras y considere los días de mayor movimiento, generalmente, los días de lunes a viernes.

Tiempo de Ocupación de Pista (TOP): Tiempo gasto por la aeronave durante la operación de despegue (TOPD) o aterrizaje (TOPP). Es decir, el tiempo contado desde el momento en que la aeronave abandona el punto de espera hasta el cruce del umbral opuesto, para la operación de despegue. O a partir del punto en que la aeronave cruza el umbral hasta el momento en que haya abandonado la pista, en la operación de aterrizaje.

Tiempo Medio de Ocupación de Pista (TMOP): Es el tiempo resultante de la media aritmética ponderada de las medias de los tiempos de ocupación de pista, por categoría de aeronave, teniendo como factor de ponderación el Mix de aeronaves que opera en el aeródromo.

Porcentual de Utilización de Pista: Índice calculado a partir del movimiento total diario, constante de la IEPV 100-34 (Movimiento de Aeronaves en Aeródromos), del SGTC o de cualquier otra fuente estadística reconocida que revele, fielmente, el movimiento total de aeronaves en el aeródromo. Se obtiene por medio de la media aritmética de un muestreo conteniendo datos referentes al periodo de un año, visando validar la confiabilidad de los datos.

TABLA 3		
MEDIA ARITMÉTICA DE LOS TIEMPOS DE OCUPACIÓN DE PISTA DURANTE EL ATERRIZAJE POR CATEGORÍA DE AERONAVES (MTOPP)		
AERÓDROMO: _____		PISTA: _____
$\Sigma \text{TOPP}_{\text{CAT X}} / \text{N}^{\circ} \text{ACFT}_{\text{CAT X}}$	CAT	TIEMPO (seg)
	A	
	B	
	C	
	D	
	E	
MEDIA ARITMÉTICA DE LOS TIEMPOS DE OCUPACIÓN DE PISTA DURANTE EL DESPEGUE POR CATEGORÍA DE AERONAVES (MTOPD)		
$\Sigma \text{TOPD}_{\text{CAT X}} / \text{N}^{\circ} \text{ACFT}_{\text{CAT X}}$	CAT	TIEMPO (seg)
	A	
	B	
	C	
	D	
	E	
MEDIA ARITMÉTICA DE LOS TIEMPOS DE OCUPACIÓN DE PISTA POR CATEGORÍA DE AERONAVES (MATOP)		
AERÓDROMO: _____		PISTA: _____
$(\Sigma \text{MTOPP} + \Sigma \text{MTOPD}) / 2$	CAT	TIEMPO (seg)
	A	MATOP _A
	B	MATOP _B
	C	MATOP _C
	D	MATOP _D
	E	MATOP _E

$\text{MATOP}_A = \frac{\text{MTOPD}_A + \text{MTOPP}_A}{2}$	$\text{MATOP}_B = \frac{\text{MTOPD}_B + \text{MTOPP}_B}{2}$
$\text{MATOP}_C = \frac{\text{MTOPD}_C + \text{MTOPP}_C}{2}$	$\text{MATOP}_D = \frac{\text{MTOPD}_D + \text{MTOPP}_D}{2}$
$\text{MATOP}_E = \frac{\text{MTOPD}_E + \text{MTOPP}_E}{2}$	

3er paso

c) Cálculo del MIX de aeronaves.

Tomándose por base los registros del movimiento total diario, adquirido por medio de cualquier fuente estadística reconocida que revele, fielmente, el movimiento total de aeronaves en el aeródromo, se obtiene el muestreo necesario de una semana para que se efectúe el cálculo del Mix de aeronaves, insiriendo los valores encontrados en la Tabla 4 (Ficha de Recolección del Porcentual de Utilización del Aeródromo por Categoría de Aeronaves - Mix).

TABLA 4																													
RECOLECCIÓN DEL PORCENTUAL DE UTILIZACIÓN DEL AERÓDROMO POR CATEGORÍA DE AERONAVES (MIX)																													
AERÓDROMO: _____																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="padding: 5px;">LUNES</th> </tr> <tr> <th style="padding: 5px;">CAT</th> <th style="padding: 5px;">Nº ANV (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 5px;">A</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">B</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">C</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">D</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">E</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> </tbody> </table>	LUNES		CAT	Nº ANV (%)	A		B		C		D		E		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="padding: 5px;">MARTES</th> </tr> <tr> <th style="padding: 5px;">CAT</th> <th style="padding: 5px;">Nº ANV (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 5px;">A</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">B</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">C</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">D</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">E</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> </tbody> </table>	MARTES		CAT	Nº ANV (%)	A		B		C		D		E	
LUNES																													
CAT	Nº ANV (%)																												
A																													
B																													
C																													
D																													
E																													
MARTES																													
CAT	Nº ANV (%)																												
A																													
B																													
C																													
D																													
E																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="padding: 5px;">MIÉRCOLES</th> </tr> <tr> <th style="padding: 5px;">CAT</th> <th style="padding: 5px;">Nº ANV (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 5px;">A</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">B</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">C</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">D</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">E</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> </tbody> </table>	MIÉRCOLES		CAT	Nº ANV (%)	A		B		C		D		E		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="padding: 5px;">JUEVES</th> </tr> <tr> <th style="padding: 5px;">CAT</th> <th style="padding: 5px;">Nº ANV (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 5px;">A</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">B</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">C</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">D</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">E</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> </tbody> </table>	JUEVES		CAT	Nº ANV (%)	A		B		C		D		E	
MIÉRCOLES																													
CAT	Nº ANV (%)																												
A																													
B																													
C																													
D																													
E																													
JUEVES																													
CAT	Nº ANV (%)																												
A																													
B																													
C																													
D																													
E																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="padding: 5px;">VIERNES</th> </tr> <tr> <th style="padding: 5px;">CAT</th> <th style="padding: 5px;">Nº ANV (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 5px;">A</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">B</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">C</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">D</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">E</td><td style="padding: 5px;"></td></tr> </tbody> </table>		VIERNES		CAT	Nº ANV (%)	A		B		C		D		E															
VIERNES																													
CAT	Nº ANV (%)																												
A																													
B																													
C																													
D																													
E																													

TABLA 4 (CONTINUACIÓN)		
$\Sigma \text{N}^\circ \text{ANV}_{\text{CAT X}} / \text{N}^\circ \text{DIAS}$	MIX	
	CAT	Nº ANV (%)
	A	
	B	
	C	
	D	
	E	

El valor del Mix será encontrado por medio de la comparación porcentual, por día de la semana, entre el total de aeronaves en el respectivo día y el número total de aeronaves de cada categoría.

La tabla a seguir muestra un ejemplo ilustrativo del cálculo del Mix de aeronaves:

	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES	
CAT	ANV	PORC	ANV	PORC	ANV	PORC	ANV	PORC	ANV	PORC
A	32	8.42%	29	7.63%	25	6.51%	39	9.68%	25	6.31%
B	55	14.47%	57	15.00%	61	15.89%	73	18.11%	66	16.67%
C	283	74.47%	283	74.47%	286	74.48%	282	69.98%	297	75.00%
D	6	1.58%	11	2.89%	11	2.86%	8	1.99%	8	2.02%
E	4	1.05%	0	0.00%	1	0.26%	1	0.25%	0	0.00%
TOTAL	380	100%	380	100%	384	100%	403	100%	396	100%

MEDIA ARITIMÉTICA	
CAT	MIX
A	7.71 %
B	16.03 %
C	73.68 %
D	2.27 %
E	0.31 %
TOTAL	100 %

4° paso

d) Cálculo del Tiempo Medio de Ocupación de Pista (**TMOP**)

Los valores de los tiempos de ocupación de pista, por categoría de aeronave, constante en la Tabla 3 y el respectivo MIX constante en la Tabla 4 deberán ser transportados para la Tabla 5 (Cálculo del Tiempo Medio de Ocupación de Pista), cuando será calculado, por medio de media aritmética ponderada, el Tiempo Medio de Ocupación de Pista (TMOP).

TABLA 5																														
CÁLCULO DEL TIEMPO MEDIO DE OCUPACIÓN DE PISTA (TMOP)																														
AERÓDROMO: _____		PISTA: _____																												
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">MATOP</th> </tr> <tr> <th>CAT</th> <th>TIEMPO (seg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td></td></tr> <tr><td>C</td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td></td></tr> </tbody> </table>	MATOP		CAT	TIEMPO (seg)	A		B		C		D		E		X	<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">MIX</th> </tr> <tr> <th>CAT</th> <th>Nº ANV (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td></td></tr> <tr><td>C</td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td></td></tr> </tbody> </table>	MIX		CAT	Nº ANV (%)	A		B		C		D		E	
MATOP																														
CAT	TIEMPO (seg)																													
A																														
B																														
C																														
D																														
E																														
MIX																														
CAT	Nº ANV (%)																													
A																														
B																														
C																														
D																														
E																														
		=																												
		<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">TMOP</th> </tr> <tr> <th colspan="2">TIEMPO (seg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td colspan="2" style="height: 40px;"></td></tr> </tbody> </table>	TMOP		TIEMPO (seg)																									
TMOP																														
TIEMPO (seg)																														
$\text{TMOP} = \sum (\text{MATOP}_{\text{CATX}} \cdot \text{MIX}_{\text{CATX}}) / 100$																														

5° paso

y) Cálculo de la Capacidad Física POR Pista, considerando cada umbral, en el intervalo de una hora, será encontrada por medio de la división del referido intervalo, transformado en segundos (3600seg), por el tiempo medio de ocupación de cada pista, en segundos.

CFP = 3600 / TMOP

6° paso

f) Cálculo de la Capacidad Física del Aeródromo,

Considerar en términos porcentuales la media anual de utilización de cada pista, con los datos del movimiento total mensual, adquirido por medio de cualquier fuente estadística reconocida que revele, fielmente, el movimiento total de aeronaves en el aeródromo, de los cuales obtendremos el muestreo deseado.

g) Porcentual de Utilización de Pista (PU):

Índice calculado a partir del movimiento total mensual, obtenido por medio de un muestreo conteniendo datos referentes al periodo de un año. Los porcentuales son ponderados con las capacidades de cada pista, posibilitando de esta forma, un único valor como resultado final. Las tablas a seguir evidencian un ejemplo ilustrativo del cálculo del porcentual de utilización de pista:

MOVIMIENTO MENSUAL DE AERONAVES
--

MES	PISTA A	PISTA B	Mov. mensual
ENE	7622	2631	10253
FEB	6364	3229	9593
MAR	9239	2409	11648
ABR	9965	1184	11149
MAY	10811	896	11707
JUN	11280	291	11571
JUL	11637	620	12257
AGO	12145	263	12408
SEP	11687	273	11960
OCT	9177	2184	11361
NOV	7765	2936	10701
DIC	7487	3665	11152
TOTAL	115179	20581	135760

PISTA	% DE UTILIZACIÓN (PU)
A	86
B	14
TOTAL	100

A partir de los valores porcentuales de las medias anuales por pista,

y sus respectivos valores de Capacidad Física, se efectúa la ponderación de esos datos para la obtención de la Capacidad Física del Aeródromo conforme dispuesto en la Tabla 6.

TABLA 6								
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD FÍSICA DEL AERÓDROMO								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">CFP</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">PISTA A</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">PISTA B</td> </tr> </table>	CFP	PISTA A	PISTA B	X	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">% DE UTILIZACIÓN PISTA</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">% PISTA A</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">% PISTA B</td> </tr> </table>	% DE UTILIZACIÓN PISTA	% PISTA A	% PISTA B
CFP								
PISTA A								
PISTA B								
% DE UTILIZACIÓN PISTA								
% PISTA A								
% PISTA B								
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">CAPACIDAD FÍSICA DEL AERÓDROMO</td> </tr> </table>	CAPACIDAD FÍSICA DEL AERÓDROMO					
CAPACIDAD FÍSICA DEL AERÓDROMO								
$\text{CFA} = \sum (\text{CFP}_{\text{PISTAX}} \cdot \% \text{UTIL}_{\text{PISTAX}}) / 100$								

5. CÁLCULO DE CAPACIDAD TEÓRICA DE LA PISTA

La capacidad teórica de pista se calcula, para un intervalo de sesenta minutos, en función del tiempo medio de ocupación de pista, llevando en consideración **la legislación relativa a la separación reglamentar entre aeronaves, así como los factores de planificación y los factores relativos a las operaciones de aterrizaje y despegue del aeródromo** en estudio:

5.1 METODOLOGÍA

Serán utilizados los datos referentes al Tiempo de Ocupación de Pista, el MIX de las Aeronaves, Tiempo de Ocupación Medio de Pista y el Porcentual de Utilización Anual de Pista, realizados para el cálculo de la Capacidad Física de Pista y de Aeródromo, constantes en las Tablas 1 a 6.

7° paso

a) Tiempo de Vuelo entre el OM y la THR (T)

Deberán ser recolectados e inseridos en la Tabla 7A (Tiempo de Vuelo entre el OM y la THR) los tiempos de vuelo entre el OM y la THR de la pista en estudio, considerando las diversas categorías de aeronaves que operan en el aeródromo. Tras el cálculo de las respectivas medias, hay que inserirlas en la Tabla 7B (Tiempo Medio de Vuelo entre el OM y la THR), posibilitando, por intermedio de esos valores, el cálculo de las velocidades medias en la aproximación final para todos los umbrales.

TABLA 7A				
TIEMPO DE VUELO ENTRE EL OM Y LA THR _____(T)				
DISTANCIA OM/THR _____				
MATRÍCULA	TIPO	CAT	TIEMPO (SEG)	TIEMPO (MIN)

TABLA 7B		
TIEMPO MEDIO DE VUELO ENTRE EL OM Y A THR _____ (TM)		
DISTANCIA OM/THR _____		
CAT	TIEMPO (SEG)	TIEMPO (MIN)
A		
B		
C		
D		
E		

$$TM = \sum T_{CAT X} / N^{\circ} ANV_{CAT X}$$

Nota 1: El tiempo a ser cronometrado deberá ser aquel gasto por la aeronave desde el momento en que pasa sobre el marcador externo hasta el cruce del umbral de la pista o, en la ausencia de un marcador externo, cuando inicia el segmento de aproximación final hasta el cruce del umbral de la pista.

Nota 2: Considerar la distancia del OM a la THR en NM.

Nota 3: En caso de inexistencia del OM, debemos determinar un punto en la aproximación final cuya distancia sea conocida y que determine la imposibilidad de ingreso en la pista por cualquier otra aeronave, mientras la que aterriza esté pasando por ele o esté en cualquier otro tramo entre el referido punto y el umbral en estudio.

8° paso

b) Cálculo de la velocidad de aproximación entre el OM y la THR (**V**)

Con los datos obtenidos de las Tablas 7A y 7B, podemos calcular, para cada pista, las velocidades de aproximación entre el OM y el umbral y el segmento de aproximación final (SAF) - tomando en cuenta cada categoría de aeronave - y registrar los valores encontrados en la Tabla 8 (Velocidad Media entre el OM y la THR).

Nota 1: Esa velocidad es el resultado de la división de la longitud del segmento de aproximación final por el tiempo medio de vuelo, por categoría de aeronave, entre el marcador externo y el umbral de la pista (**TM**).

$$VAA = \frac{SAF}{TMA} \quad VAB = \frac{SAF}{TMB} \quad VAC = \frac{SAF}{TMC} \quad VAD = \frac{SAF}{TMD} \quad VAE = \frac{SAF}{TME}$$

TABLA 8				
MEDIA DE LAS VELOCIDADES ENTRE EL OM Y LA THR _____				
	CAT	VEL (KT)	VEL (NM/MIN)	VEL (NM/SEG)
	A			
	B			
	C			
	D			
	E			
$VEL(KT) = DIST(NM) / T \text{ VUELO}_{OM/THR} \text{ (H)}$ $VEL(NM/MIN) = DIST(NM) / T \text{ VUELO}_{OM/THR} \text{ (MIN)}$ $VEL (NM/SEG) = DIST(NM) / T \text{ VUELO}_{OM/THR} \text{ (SEG)}$				

9° paso

c) Velocidad media de aproximación final (VM):

Media ponderada, llevándose en consideración el MIX de aeronaves, de las velocidades de aproximación final.

$$VM = \frac{MIX_A \times VAA + MIX_B \times VAB + MIX_C \times VAC + MIX_D \times VAD + MIX_E \times VAE}{100}$$

10° paso

d) Determinación de la separación de seguridad (SS):

El estudio prevé la posibilidad de ocurrir un despegue entre dos aterrizajes consecutivos, pero sin herir la separación mínima reglamentar (**SMR**), que en Brasil está establecida en la ICA 100-12, entre las aeronaves que aterrizan y despegan. Con ese objetivo, es necesario calcular una distancia de seguridad a ser añadida a la separación mínima reglamentar, entre las aeronaves en aproximación, de forma a viabilizar el despegue de una aeronave, logo después del aterrizaje de la primera, mas sin comprometer su separación reglamentar con la segunda aeronave en aproximación.

Calculándose la distancia recorrida en la aproximación final por la segunda aeronave, durante el tiempo en que la pista ha permanecido ocupada por la primera, y sumándose la distancia calculada con la separación reglamentar mínima adoptada, se obtiene la separación necesaria entre dos aterrizajes consecutivos.

Esa distancia recorrida es el resultado entre la multiplicación de la velocidad media en la final y el tiempo medio ponderado de ocupación de pista.

$$SS = VM \times TMOP$$

11° paso

y) Determinación de la separación total entre dos aterrizajes consecutivos (ST):

La separación total es el resultado entre la sumatoria de la separación de seguridad con la separación mínima reglamentar. Luego, tenemos:

$$ST = SS + SMR$$

Existen casos en que la SS puede ser desconsiderada. Normalmente, eso puede ocurrir en aeropuertos que poseen dos o más pistas, donde se puede aumentar el dinamismo de la operación al dejarse una aeronave alineada en una pista mientras aguarda el aterrizaje de una aeronave en la otra pista.

12° paso

- f) Determinación del Tiempo Medio Ponderado, entre dos aterrizajes consecutivos, considerando la separación total (**TMST**).

El tiempo medio ponderado consumido para recorrer la separación total entre dos aterrizajes consecutivos se obtiene dividiéndose esa distancia por la velocidad media ponderada del mix de aeronaves.

$$\text{TMST}=\text{ST}/\text{VM}$$

Nota 1: El tiempo medio debe ser calculado para cada umbral existente en el aeródromo, en función de las diferentes configuraciones de calles de rodaje para cada umbral en uso.

13° paso

- g) Determinación del número de aterrizajes en el intervalo de una hora (P):

El resultado obtenido, en segundos, tiempo medio ponderado consumido para recorrer la separación total entre dos aterrizajes consecutivos, será el divisor del número de segundos contenidos en una hora (3600 seg), presentando como resultado, el número de aterrizajes posibles con la separación propuesta para el umbral en estudio, según la Tabla 9.

TABLA 9	
NÚMERO DE ATERRIZAJES POSIBLES	
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $3600 / TMST = \text{N}^{\circ} \text{ DE ATERRIZAJES}$ </div>	

$$P = 1 \text{ Hora} / TMST$$

14° paso

- h) Determinación del número de despegues en el intervalo de una hora (D):

Aplicándose la separación total encontrada, es posible intercalar un despegue entre dos aterrizajes consecutivos. Al sustraer una aeronave del total de aterrizajes, encontramos el número posible de despegues en el intervalo de tiempo considerado, según la Tabla 10.

TABLA 10
NÚMERO DE DESPEGUES POSIBLES
$\text{N}^{\circ} \text{ DE ATERRIZAJES} - 1 = \text{N}^{\circ} \text{ DE DESPEGUES}$

$$D = P - 1$$

15° paso

- i) Determinación de la capacidad teórica de pista:

Sumar el número de aterrizajes y despegues obtenidos, en el intervalo de sesenta minutos, para cada umbral, que resultará en la capacidad teórica de operación para el respectivo umbral, según la Tabla 11.

TABLA 11
CAPACIDAD TEÓRICA DE PISTA (CTP)
$\text{CAPACIDAD TEÓRICA DE PISTA} = \text{N}^{\circ} \text{ DE ATER} + \text{N}^{\circ} \text{ DE DESP}$

$$\text{CTP} = \text{A} + \text{D}$$

6. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DECLARADA DE PISTA

Se calcula la capacidad declarada considerando el porcentual anual de utilización de cada pista, igual a lo constante en la Tabla 6.

6.1 METODOLOGÍA

16° paso

a) Determinación de la capacidad declarada del conjunto de pistas (**CDP**)

La Capacidad declarada del conjunto de pistas es la capacidad plenamente sostenible del punto de vista operacional, considerándose el porcentual de utilización anual de cada pista. Siendo así, se calcula la media aritmética ponderada entre el porcentual de utilización y las respectivas capacidades teóricas de pista encontradas.

Luego, tenemos:

$$\text{CDP} = \frac{\text{PU}_A \times \text{CTP}_A + \text{PU}_B \times \text{CTP}_B + \dots + \text{PU}_N \times \text{CTP}_N}{\text{PU}_A + \text{PU}_B + \dots + \text{PU}_N}$$

Nota Cabe enfatizar que, de acuerdo con lo previsto en el DOC 9426, un órgano ATC no es capaz de operar con su capacidad máxima durante todo el turno de funcionamiento, viéndose afectado por diversas variables que reducen, considerablemente, la capacidad en determinados horarios. Para tanto, es conveniente la adopción de porcentuales entre 80% y 90%, permitiendo una flexibilización de los valores de capacidad, o sea, un intervalo considerado ideal, manteniendo la seguridad de las operaciones aéreas.

7. CONCLUSIÓN

Con el objetivo de mantener la afluencia de tránsito aéreo próxima de las condiciones óptimas, evitando posibles sobrecargas del sistema, el CGNA ha providenciado estudios para estandarizar métodos de cálculo de capacidad de pista, visando acompañar la evolución de la demanda/capacidad de cada aeropuerto, encontrando, así, subsidios que permitan emitir recomendaciones previas a los aeropuertos de interés, con la finalidad de mantener la operacionalidad en armonía.

En la búsqueda del objetivo susodicho, se hace necesario dotar al público meta del conocimiento necesario para la realización del cálculo de la capacidad de pista, por medio de la aplicación correcta del manual correlato elaborado por el CGNA.

El método presentado tiene la pretensión de instruir la utilización del modelo de cálculo de la capacidad de pista de modo general y simplificado. Por lo tanto, no contempla las inúmeras particularidades de los aeródromos en que será aplicado, para tal, durante la realización de los estudios para determinación de la capacidad de pista de un aeródromo, todos los factores posibles de interferir en sus índices deberán ser considerados por los responsables en la determinación de los referidos valores.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BÉLGICA. EUROCONTROL – CFMU. EUROCONTROL [*Bruselas*],
<http://www.eurocontrol.int>.

EUA. Federal Aviation Administration. FAA Academy (MMAC). *Capacity*.
Enhanced Traffic Management Coordinator Course [*Oklahoma*], 17 de mayo
de 2007.

DOC 9426, AIR TRAFFIC SERVICES PLANNING MANUAL.

ÍNDICE

1	DISPOSICIONES PRELIMINARES.....	2
1.1	FINALIDAD.....	2
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.3	ÁMBITO.....	2
1.4	ELABORACIÓN Y REVISIÓN	2
1.5	GRADO DE SIGILO	2
2.	INTRODUCCIÓN.....	3
3.	DEFINICIONES.....	4
4.	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD FÍSICA DE PISTA.....	7
4.1	METODOLOGÍA.....	7
5.	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD TEÓRICA DE PISTA....	15
5.1	METODOLOGÍA.....	15
6.	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DECLARADA DE PISTA.....	22
6.1	METODOLOGÍA.....	22
7.	CONCLUSIÓN.....	23
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24