



ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS



ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

- **ESTUDIO PICAP**



**INFORME OPERACIONAL
DEL AEROPUERTO DE
BILBAO/SONDIKA
(19/05/98 – 12/06/98)**

HOJA DE CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN

TÍTULO: INFORME DE RESULTADOS DE TIEMPOS DE OCUPACIÓN DE PISTA (SONDIKA)			
CÓDIGO: I-98IOP-T10-1	VERSIÓN: 1.0	ACCESO: P	FECHA DE REALIZACIÓN: 12 de Noviembre de 1.998
AUTOR: JOSE LUIS RODRÍGUEZ MORENO JAVIER CÁMARA GRACIA		REVISIÓN TÉCNICA POR: JOSE LUIS RODRÍGUEZ MORENO JAVIER CÁMARA GRACIA	
APROBADO POR: FRANCISCO MONTOTO SIMÓN		REVISIÓN DE CALIDAD POR:	
FECHA DE REGISTRO: 12 de Noviembre de 1.998	UBICACIÓN EN ARCHIVO: PICAP	NOMBRE FICHERO: INFORME.DOC	
TEMA: INFORME PICAP BILBAO (SONDIKA)		PALABRAS CLAVE: INFORME - PICAP	
RESUMEN DEL CONTENIDO: Informe de tiempos de ocupación de pista realizado durante el período del 19/05/98 al 12/06/98 en el aeropuerto de Bilbao/Sondika.			



ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO	1
3. ALCANCE Y METODOLOGÍA	1
4. DATOS DE OPERACIONES	2
4.1 TIPO Y MEZCLA DE TRÁNSITO.....	2
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	7
5.1 SALIDAS PISTA 12	7
5.1.1 TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE (DART)	7
5.1.2 TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS (DROX)	9
5.1.3 TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA (DROA)	11
5.1.4 TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA (DROE)	13
5.2 LLEGADAS PISTA 12.....	15
5.2.1 TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA (AROT)	15
5.3 SALIDAS PISTA 30	18
5.3.1 TIEMPO DE RODAJE DESDE EL CRUCE AL THR30 (BACKTRACK).....	18
5.3.2 TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE (DART)	20
5.3.3 TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS (DROX)	23
5.3.4 TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA (DROA)	26
5.3.5 TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA (DROE)	29
5.3.6 TIEMPO TOTAL DE OCUPACIÓN DE PISTA (BACKTRACK + DROA).....	32
5.3.7 TIEMPO TOTAL DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA (BACKTRACK + DROE).....	34
5.4 LLEGADAS PISTA 30.....	36
5.4.1 TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS (AROX).....	36
5.4.2 TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA (AROT)	39
5.5 SALIDAS PISTA 28	40
5.5.1 TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE (DART)	40
5.5.2 TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA (DROA)	42
5.5.3 TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA (DROE)	44
6. RESUMEN GRÁFICO DEL ANÁLISIS.....	46
6.1 SALIDAS PISTA 12	46
6.2 SALIDAS PISTA 30	46
6.3 SALIDAS PISTA 28	47
6.4 LLEGADAS PISTA 12.....	48
6.5 LLEGADAS PISTA 30.....	49



1.- INTRODUCCIÓN

La diversidad de condiciones y factores particulares existentes en los aeropuertos – orografía, condiciones meteorológicas, infraestructuras, instalaciones, ayudas a la navegación, tipo y mezcla de aeronaves, tipo de tránsito, procedimientos, tiempos de ocupación de pista, etc – hace imprescindible profundizar en el conocimiento del desarrollo, en cada una de sus fases, de las operaciones en cada uno de ellos. El conocimiento de estos factores es fundamental para que los métodos de definición de capacidad de pista se ajusten, con la mayor precisión y rigor posibles, a la realidad de las operaciones.

2.- OBJETIVO

Conocer con precisión el desarrollo de las operaciones en las pistas del Aeropuerto de Bilbao/Sondika, basándose en los valores de tiempos y condiciones reinantes obtenidos en la toma de datos efectuada al respecto, en el periodo comprendido entre los días 19/05/98 y 12/06/98, con la herramienta informática especificada para el **Programa de Investigación de Capacidad de Pista (PICAP)**.

3.- ALCANCE Y METODOLOGÍA

Proporcionar los datos fundamentales de la operación para su posterior análisis y simulación de escenarios.

Para la elaboración del informe, se han considerado una serie de condiciones y factores que afectan a la capacidad de pista, destacando las siguientes:

- Geometría y configuración de las pistas
- Condiciones Meteorológicas
- Organización del espacio aéreo
- Tiempos reales de ocupación en pista
- Tipo de aeronave y tipo de tránsito
- Procedimientos ATC (Procedimientos APATSI)
- Estela Turbulenta



4.- DATOS DE OPERACIONES

Los datos de operaciones obtenidos durante el periodo comprendido entre el 19/05/98 y el 12/06/98 ascienden a un total de:

PISTA	Nº DE AERONAVES EVALUADAS
SALIDAS 12	47
SALIDAS 30	468
SALIDAS 28	46
SALIDAS 10	4
LLEGADAS 12	37
LLEGADAS 30	541
LLEGADAS 28	6
TOTAL	1149

4.1.- TIPO Y MEZCLA DE TRÁNSITO

Las características de peso de las aeronaves y el tanto por ciento de cada una de las categorías, además de la secuencia de salidas y llegadas tienen un efecto muy importante sobre la capacidad de pista.

Los requisitos de separación por estela turbulenta y la diferencia de velocidades entre las aeronaves son factores importantes a tener en cuenta con el objeto de aumentar la capacidad en pista.

A continuación se presenta una tabla de modelos de aeronave y número de operaciones analizadas de dichos modelos para la realización del presente informe.

SALIDAS PISTA 12

MODELO	Nº AERONAVES
A320	3
ATP	2
B727	3
B737	5
B757	1
BA46	1
CARJ	2
DC9	1
E145	4
F100	1



Continuación tabla SALIDAS PISTA 12...

MODELO	Nº AERONAVES
F50	12
FA20	1
MD80	8
SB20	2
SF34	1

SALIDAS PISTA 30

MODELO	Nº AERONAVES
A320	49
ATP	21
ATR	24
B727	51
B737	45
B757	32
BA46	28
C500	2
CARJ	13
DC9	30
E145	25
F100	2
F50	75
FA20	1
GULF	2
H25A	1
MD80	47
S601	1
SB20	5
SF34	14

SALIDAS PISTA 28

MODELO	Nº AERONAVES
ATR	4
BE20	2
C172	3
F50	21
PA23	1
PA28	4
SF34	10
WW24	1



LLEGADAS PISTA 12

MODELO	Nº AERONAVES
A320	2
B727	2
B737	5
B757	1
BA46	3
E145	1
F50	19
H25A	1
MD80	2
SB20	1

LLEGADAS PISTA 30

MODELO	Nº AERONAVES
A320	45
ATP	28
ATR	34
B727	49
B737	52
B757	33
BA46	29
BE20	1
C500	1
C525	1
C550	1
CARJ	15
DC9	26
E145	29
F100	13
F50	93
F900	1
FA20	1
GULF	2
MD80	58
P31T	1
SB20	6
SF34	21
WW24	1

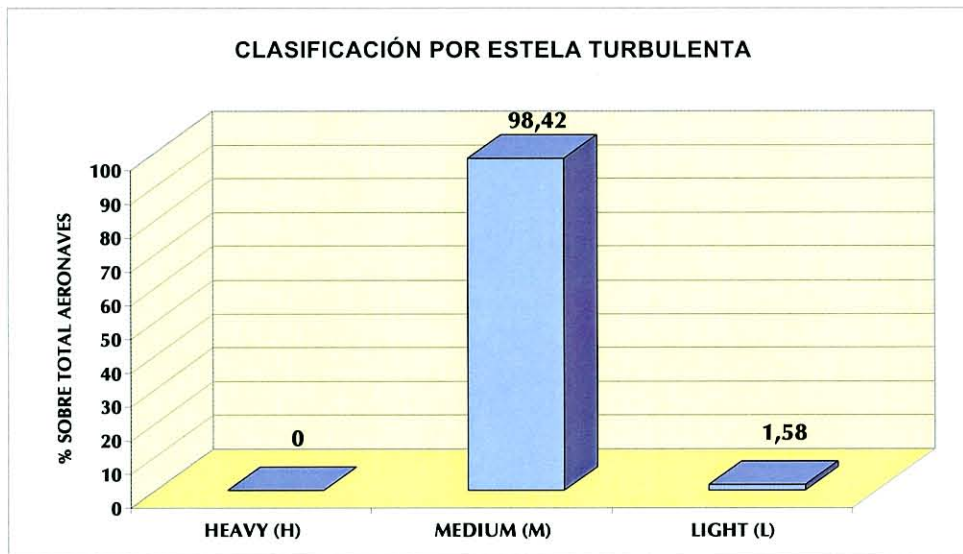


La mezcla de tráfico resultante de la clasificación por parámetro de estela turbulenta según el peso máximo al despegue se muestra en la siguiente gráfica.

Criterio aplicado:

Categoría	Criterio OACI (*)
Heavy (H)	Mayor 136.000 Kg.
Medium (M)	Entre 136.000 y 7000 Kg.
Light (L)	Menor 7.000 Kg.

(*) Peso Máximo al despegue



Los parámetros que van a ser analizados en el presente informe son:

LLEGADAS

ATOX : TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS

TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE QUE PASA LA AERONAVE POR EL UMBRAL HASTA QUE REBASA EL CRUCE DE PISTAS.

ATOP : TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA

TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE QUE PASA LA AERONAVE POR EL UMBRAL HASTA QUE ABANDONA PISTA.

SALIDAS

DTRA : TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE

TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE EL FIN DE LA AUTORIZACIÓN PARA DESPEGAR HASTA QUE LA AERONAVE INICIA LA CARRERA.

DTOX : TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS

TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE EL INICIO DE LA TRANSMISIÓN DE LA AUTORIZACIÓN PARA DESPEGAR HASTA QUE LA AERONAVE REBASA EL CRUCE DE PISTAS.

DTOA : TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA

TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE EL INICIO DE LA TRANSMISIÓN DE LA AUTORIZACIÓN PARA DESPEGAR HASTA QUE LA AERONAVE SE ENCUENTRA EN EL AIRE.

DTOE : TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA

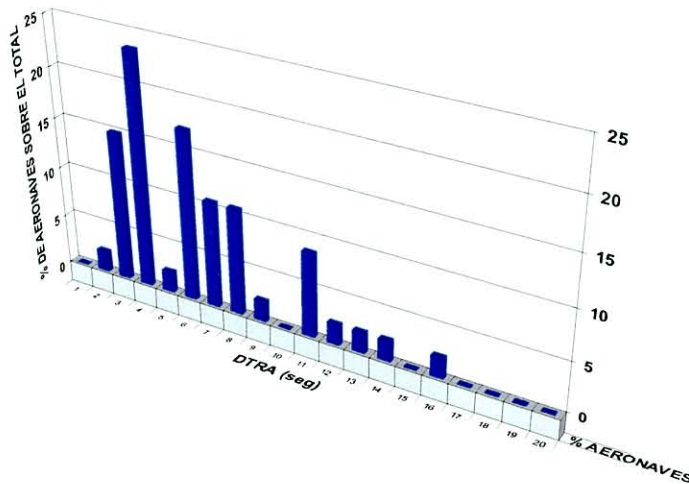
TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE EL INICIO DE LA TRANSMISIÓN DE LA AUTORIZACIÓN PARA DESPEGAR HASTA QUE LA AERONAVE SE ENCUENTRA SOBRE EL EXTREMO DE PISTA.

5.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1.- SALIDAS PISTA 12

5.1.1.- TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE (DTRA)

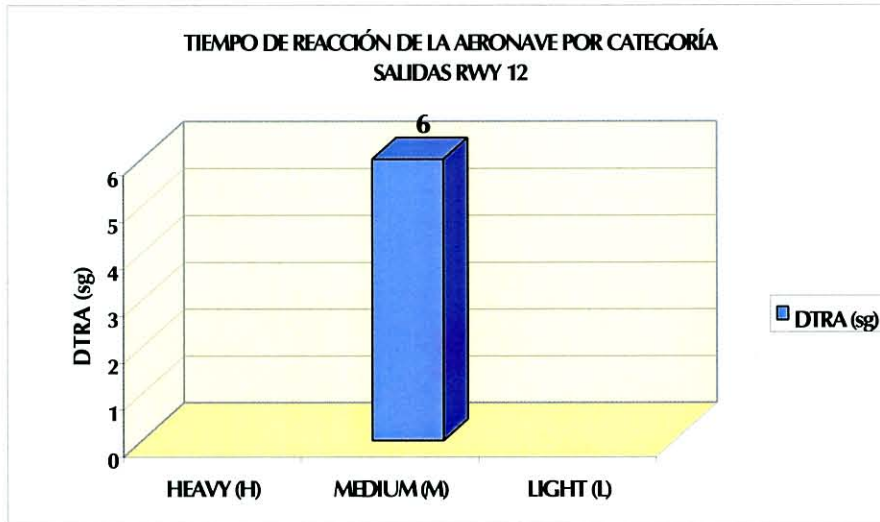
LEBB SALIDAS RWY 12 TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE (DTRA)



VALOR MEDIO DEL TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE: 6 sg.

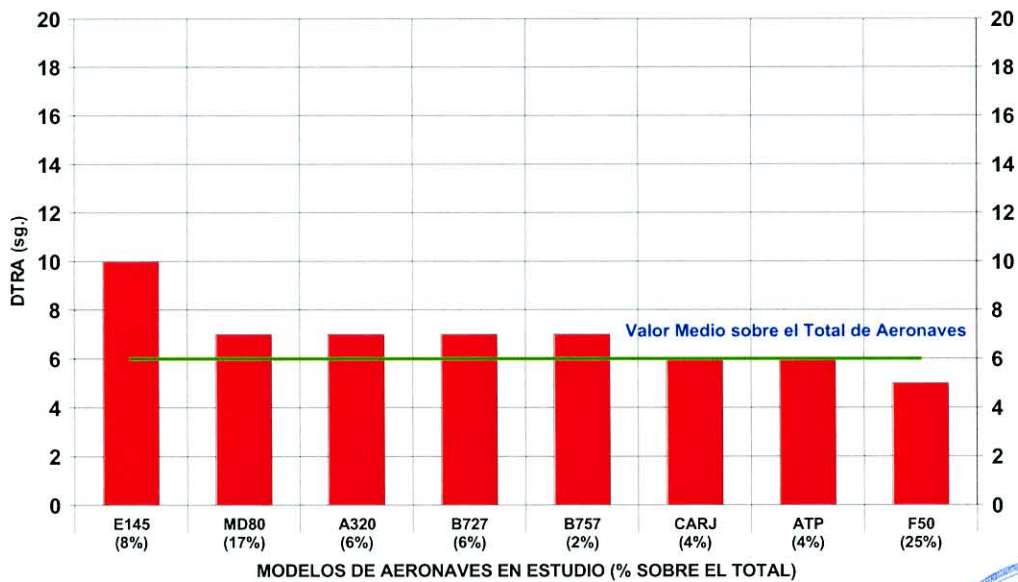


5.1.1.1.- TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE POR CATEGORÍA



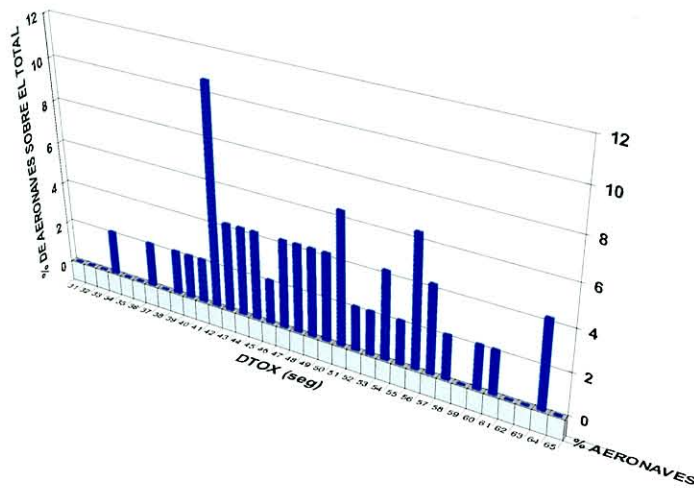
5.1.1.2.- TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE POR MODELOS

**LEBB
SALIDAS RWY 12
TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE (DTRA)**



5.1.2.- TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS (DТОX)

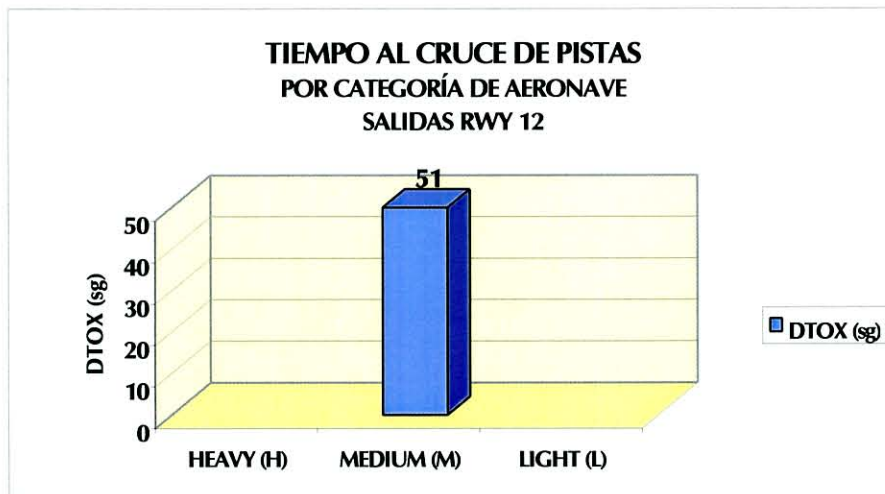
**LEBB
SALIDAS RWY 12
TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS (DТОX)**



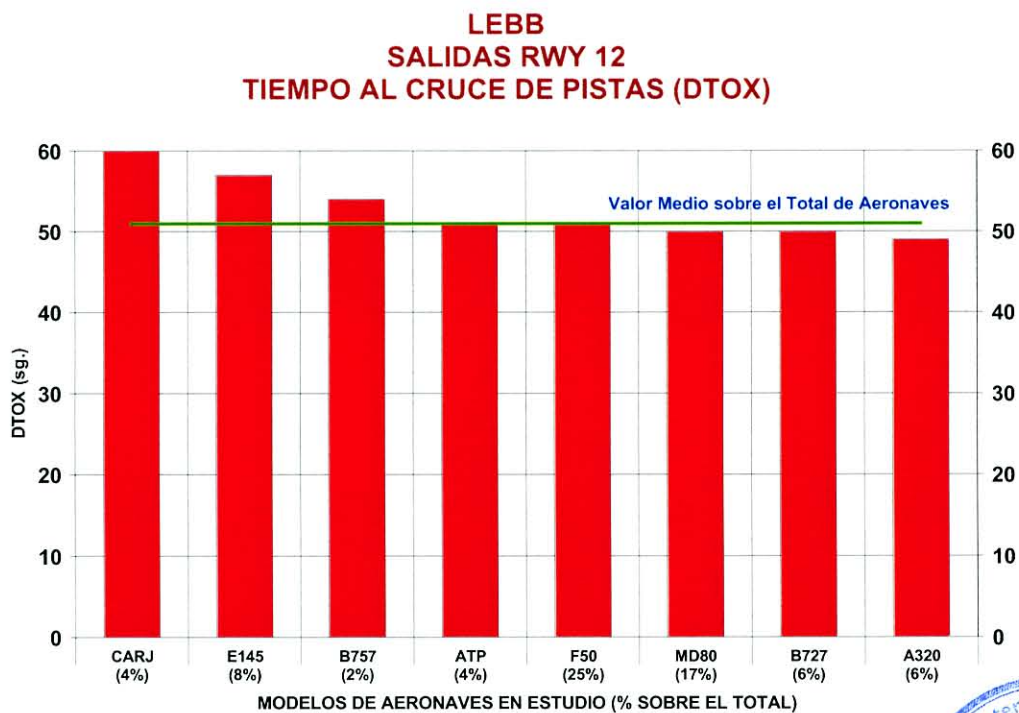
VALOR MEDIO DE TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS: 51 sg.



5.1.2.1.- TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS POR CATEGORÍA DE AERONAVE

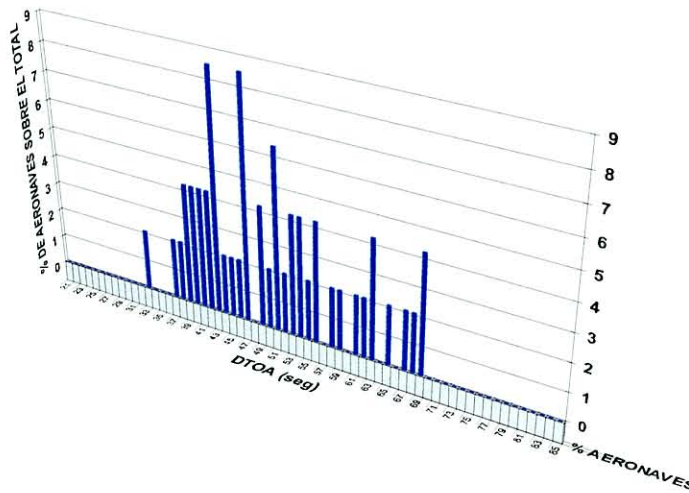


5.1.2.2.- TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS POR MODELO DE AERONAVE



5.1.3.- TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA (DTOA)

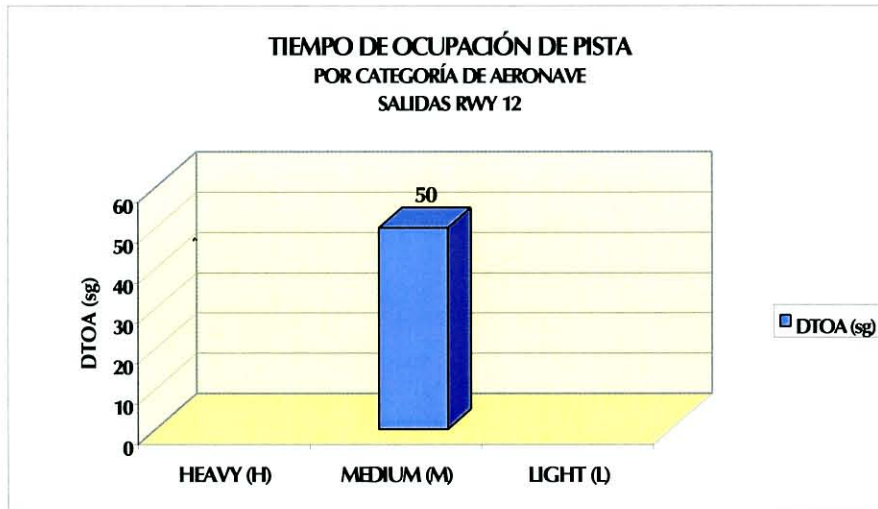
**LEBB
SALIDAS RWY 12
TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA (DTOA)**



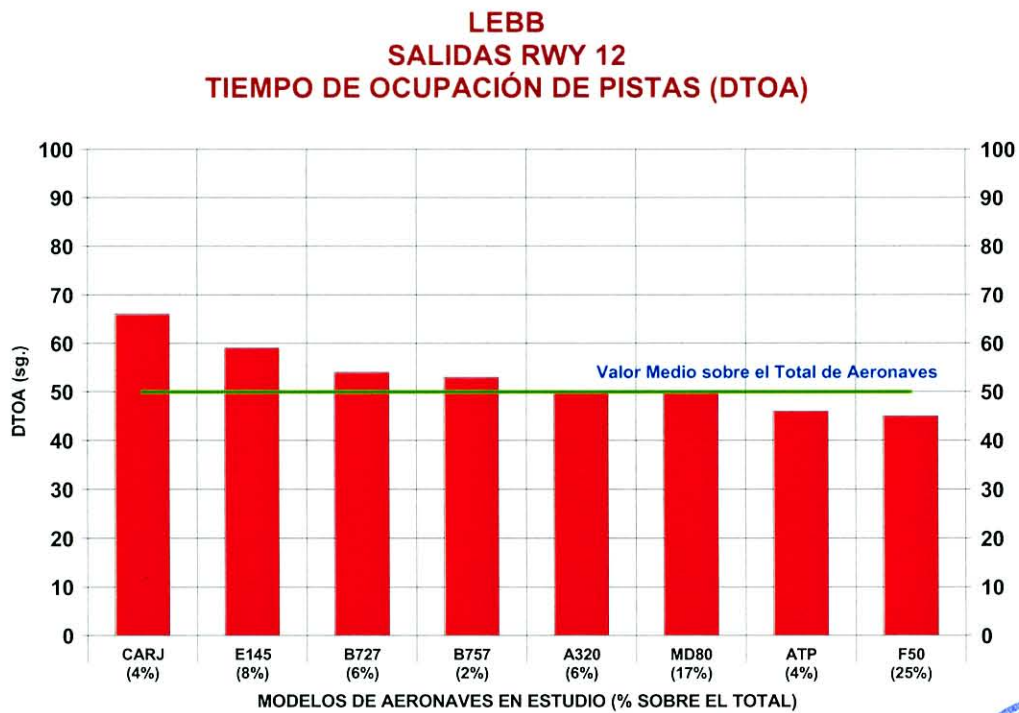
VALOR MEDIO DE TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA: 50 sg.



5.1.3.1.- TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA POR CATEGORÍA DE AERONAVE

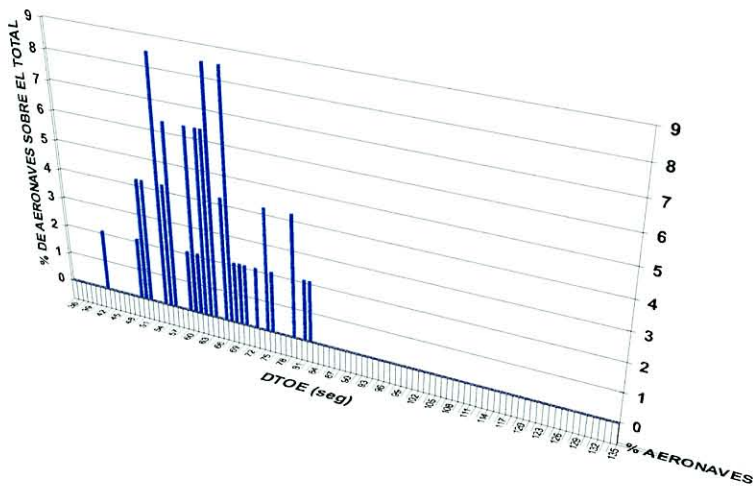


5.1.3.2.- TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA POR MODELO DE AERONAVE



5.1.4.- TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA (DTE)

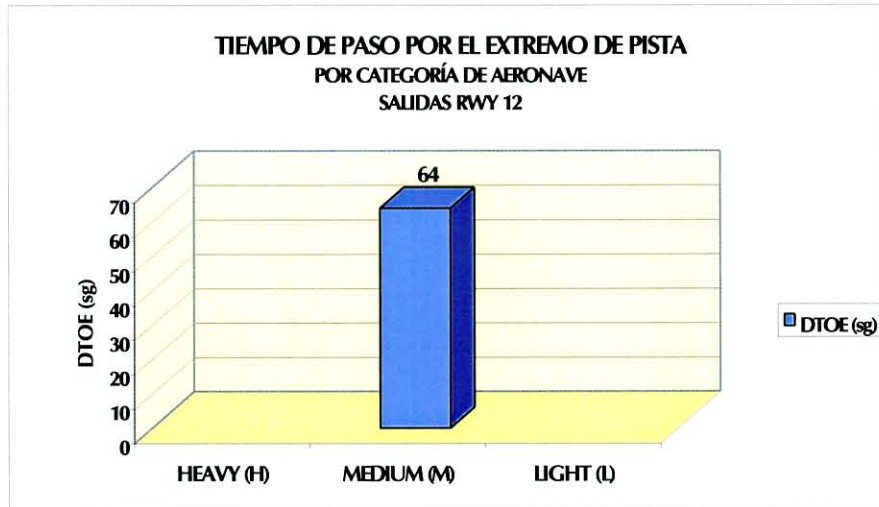
**LEBB
SALIDAS RWY 12
TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA (DTE)**



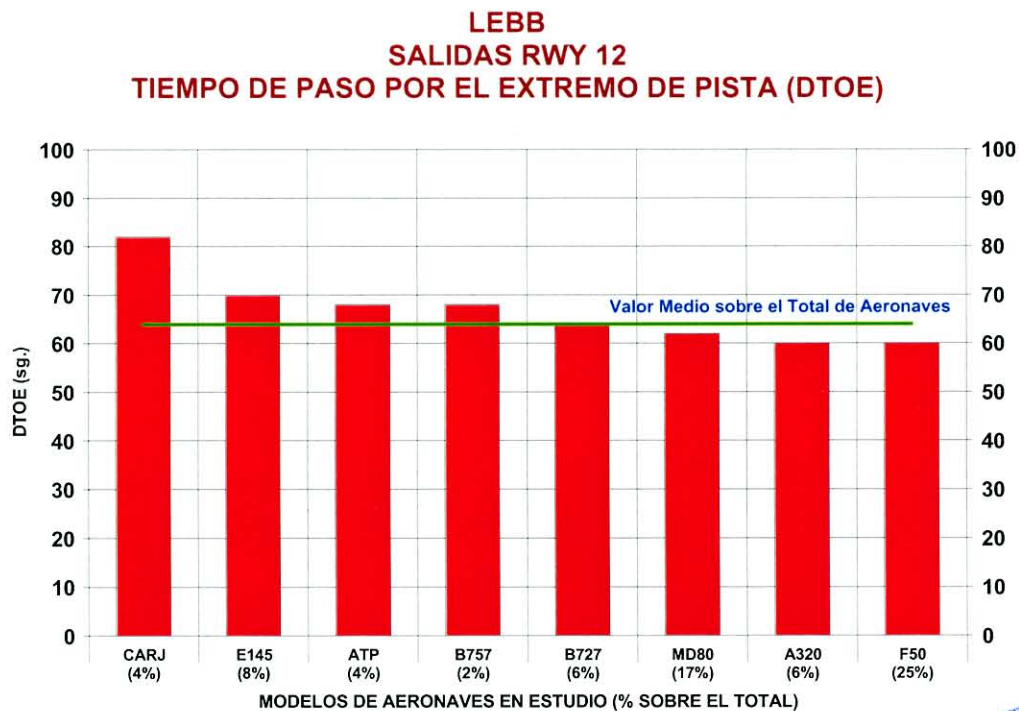
VALOR MEDIO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA: 64 sg.



5.1.4.1.- TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA POR CATEGORÍA DE AERONAVE



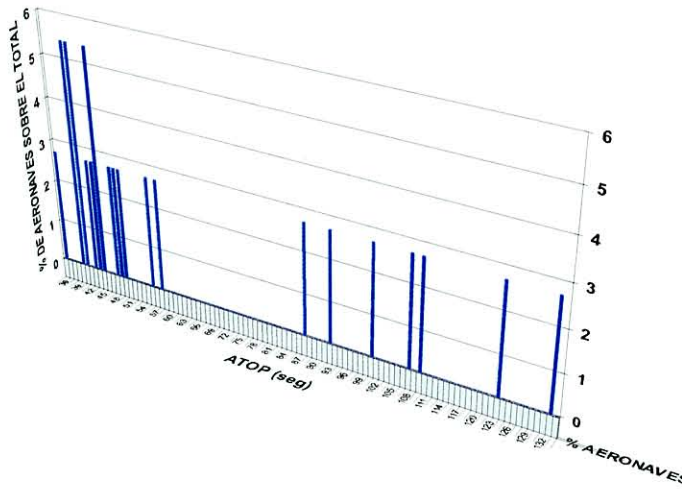
5.1.4.2.- TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA POR MODELO DE AERONAVE



5.2.- LLEGADAS PISTA 12

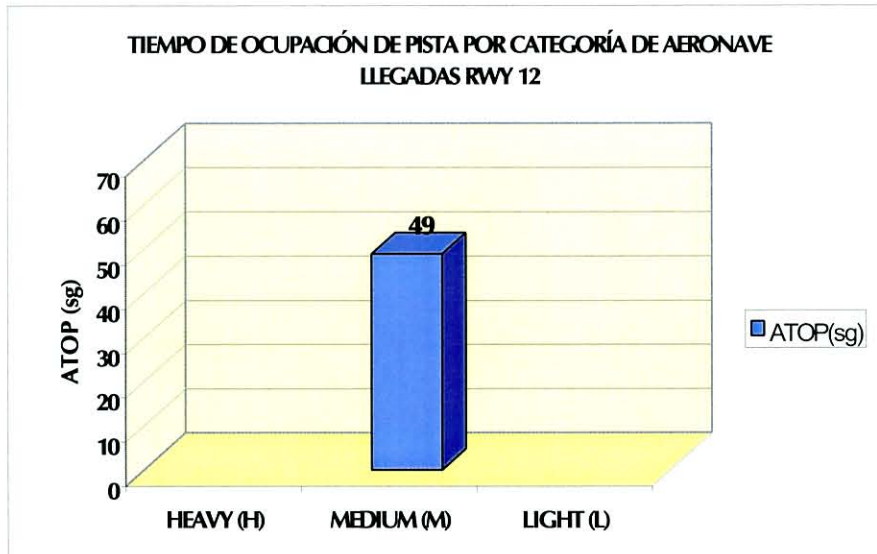
5.2.1.- TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA (ATOP)

**LEBB
LLEGADAS RWY 12
TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA (ATOP)**



VALOR MEDIO DE TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA: 49 sg.

5.2.1.1.- TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA POR CATEGORÍA DE AERONAVE

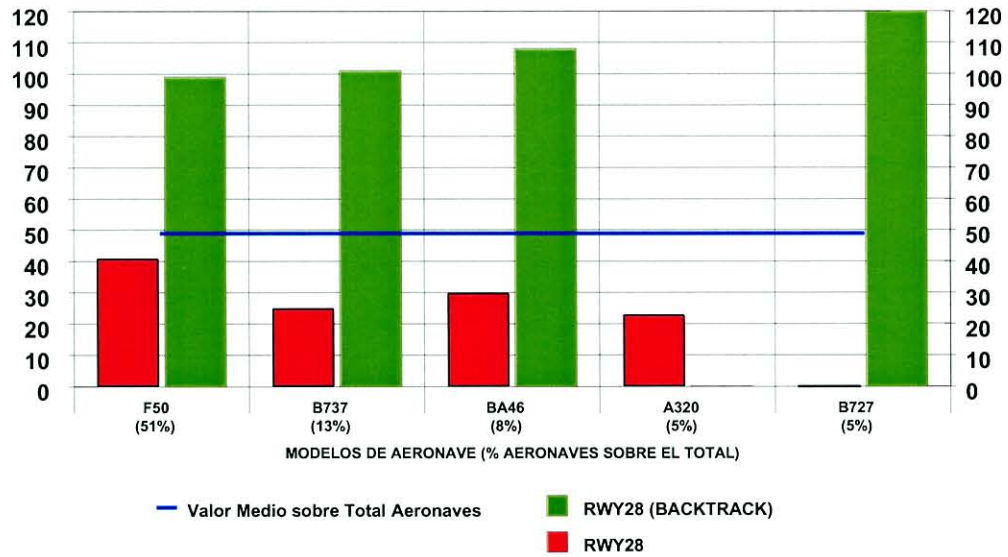


5.2.1.2.- TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA POR CALLE DE SALIDA



5.2.1.3.- TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA PARA CAT M Y CALLE DE SALIDA

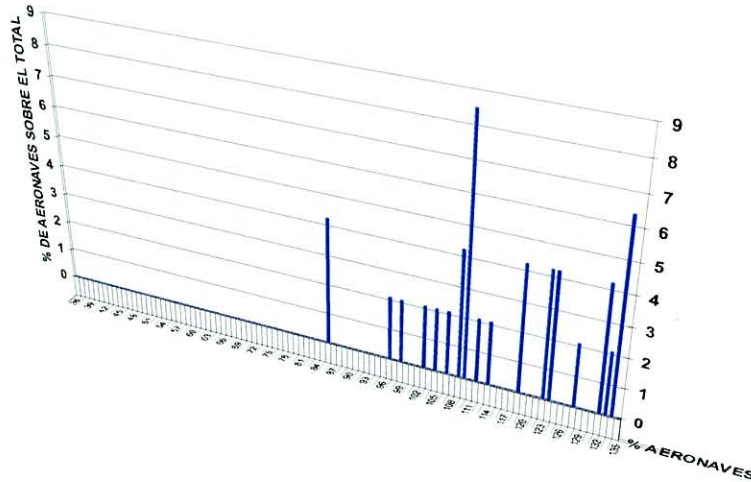
**LEBB
LLEGADAS RWY 12
TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA (ATOP)
(POR MODELOS Y CALLES DE SALIDA)**



5.3.- SALIDAS PISTA 30

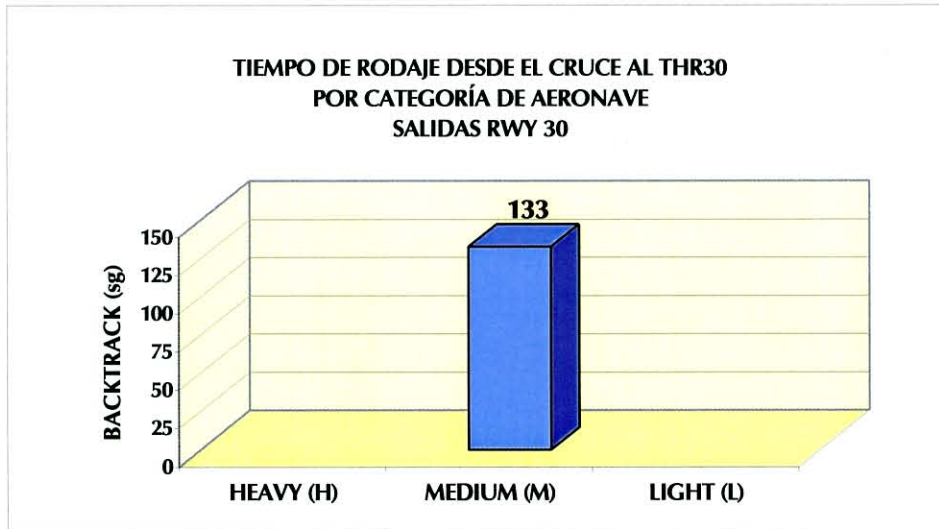
5.3.1.- TIEMPO DE RODAJE DESDE EL CRUCE AL THR30 (BACKTRACK)

**LEBB
SALIDAS RWY 30
TIEMPO DE RODAJE DESDE EL CRUCE AL THR 30
(BACKTRACK)**

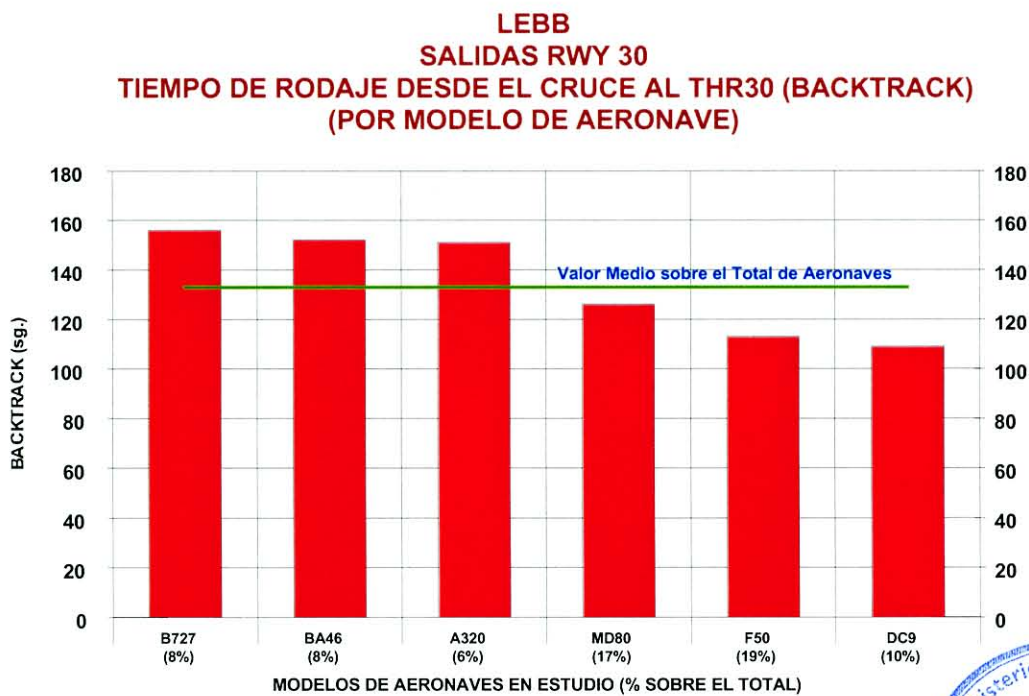


VALOR MEDIO DEL TIEMPO DE RODAJE DESDE EL CRUCE AL THR 30: 133 sg.

5.3.1.1.- TIEMPO DE RODAJE DESDE EL CRUCE AL THR30 POR CATEGORÍA DE AERONAVE

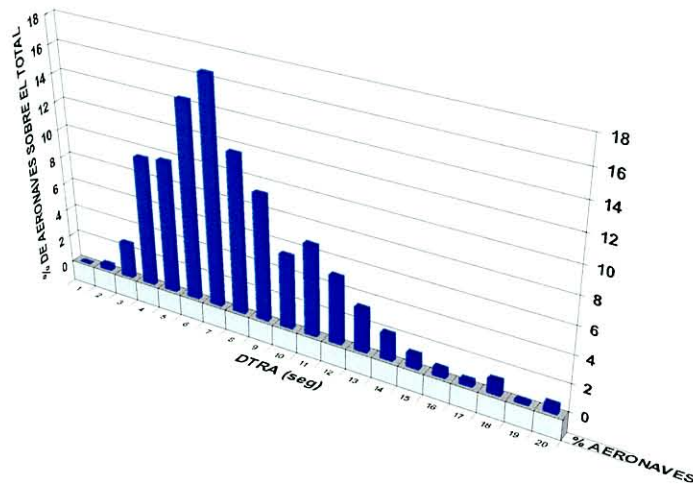


5.3.1.2.- TIEMPO DE RODAJE DESDE EL CRUCE AL THR30 POR MODELO DE AERONAVE



5.3.2.- TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE (DTRA)

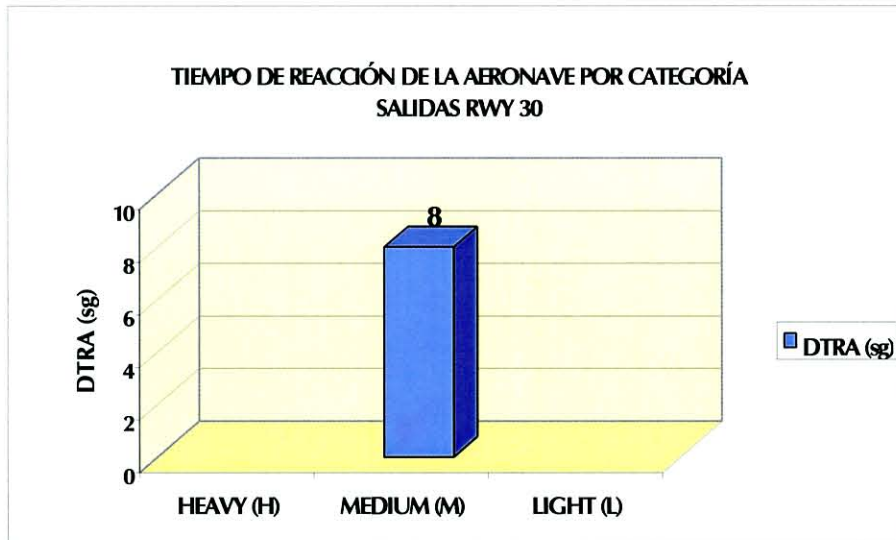
**LEBB
SALIDAS RWY 30
TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE (DTRA)**



VALOR MEDIO DEL TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE: 8 sg.



5.3.2.1.- TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE POR CATEGORÍA



5.3.2.2.- TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE POR MODELOS

**LEBB
SALIDAS RWY 30
TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE (DTRA)**



5.3.2.3.- TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE PARA CAT M Y COMPAÑÍAS

SALIDAS RWY 30

B757



B737

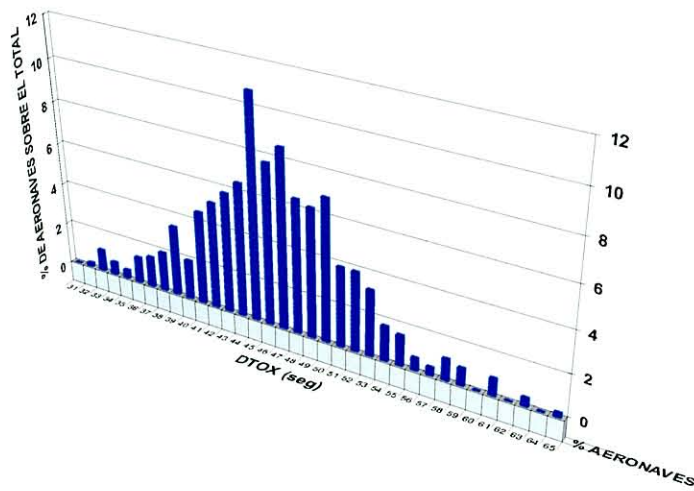


BA46



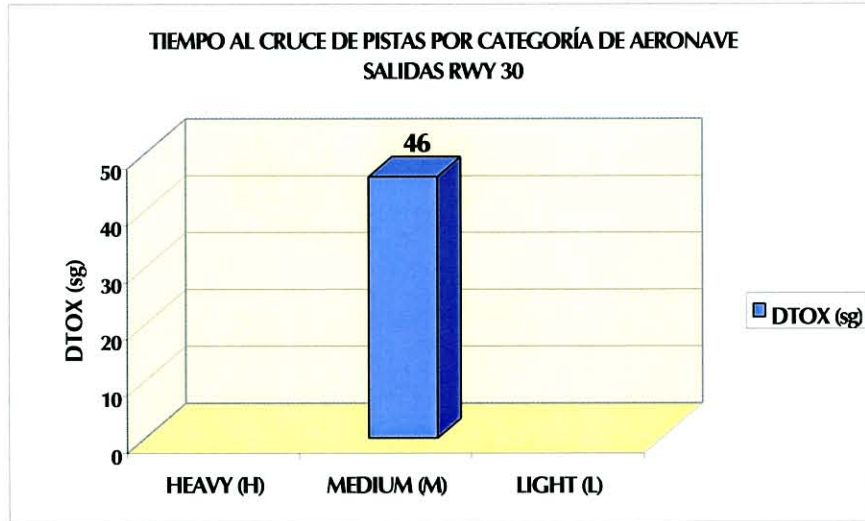
5.3.3.- TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS (DTOX)

**LEBB
SALIDAS RWY 30
TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS (DTOX)**

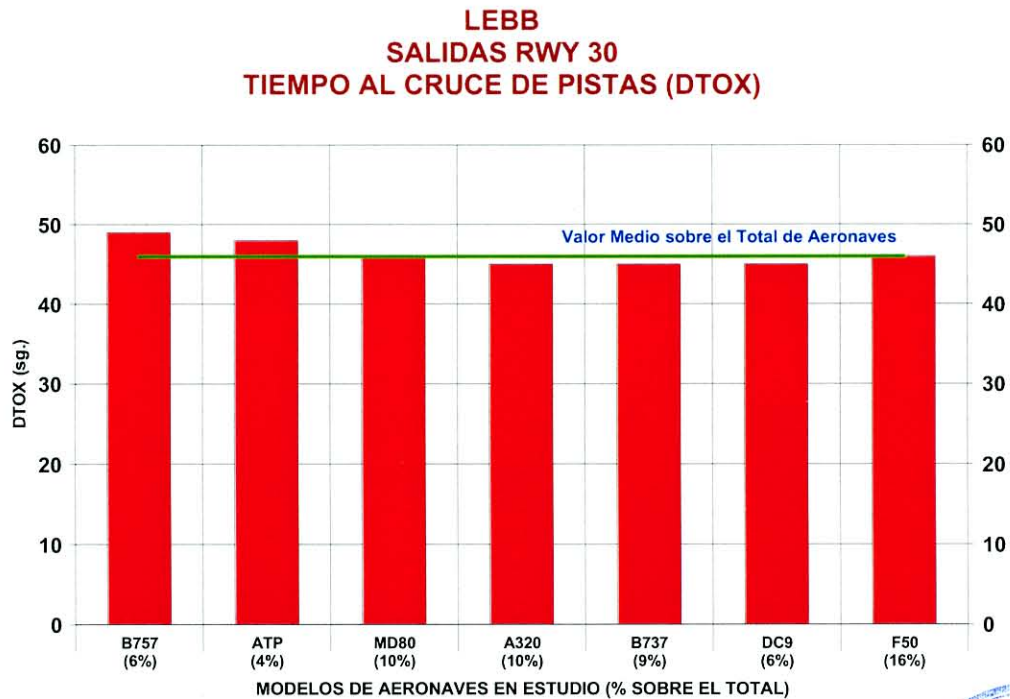


VALOR MEDIO DE TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS: 46 sg.

5.3.3.1.- TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS POR CATEGORÍA DE AERONAVE



5.3.3.2.- TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS POR MODELO DE AERONAVE



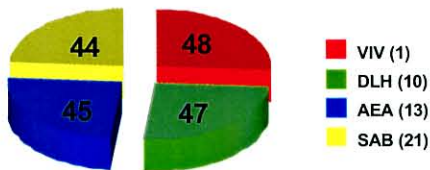
5.3.3.3.- TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS PARA CAT M Y COMPAÑÍAS

SALIDAS RWY 30

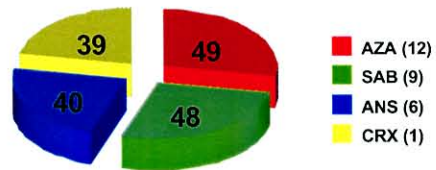
B757



B737

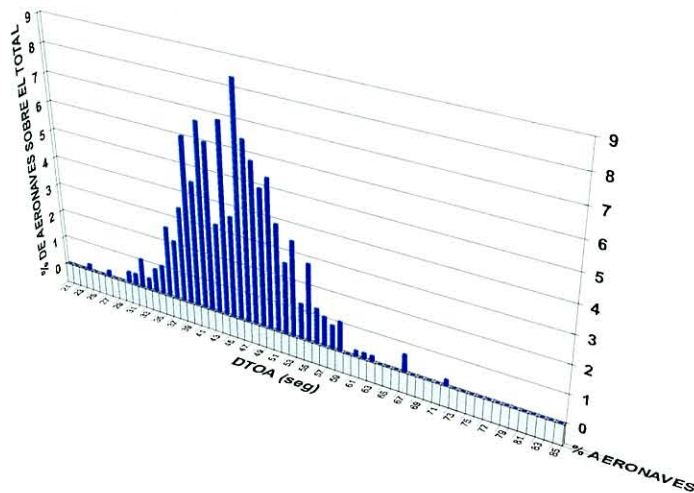


BA46



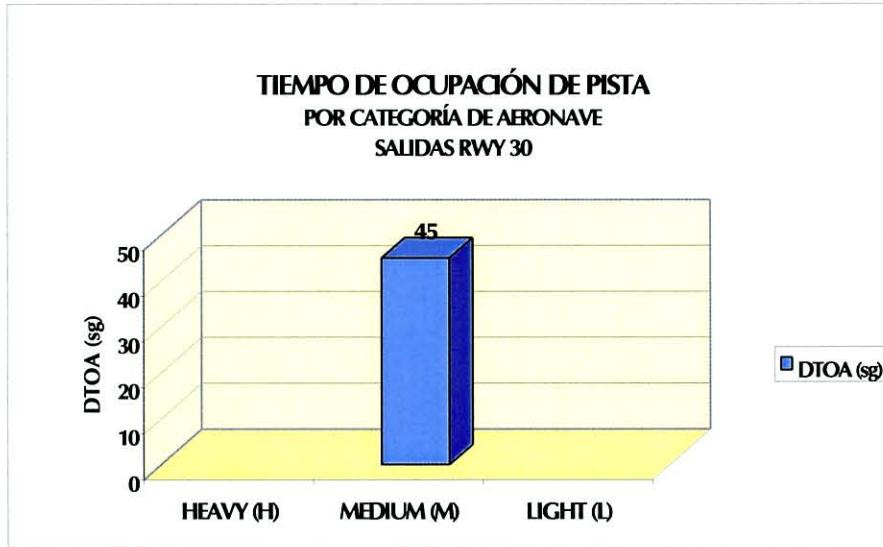
5.3.4.- TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA (DTOA)

**LEBB
SALIDAS RWY 30
TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA (DTOA)**

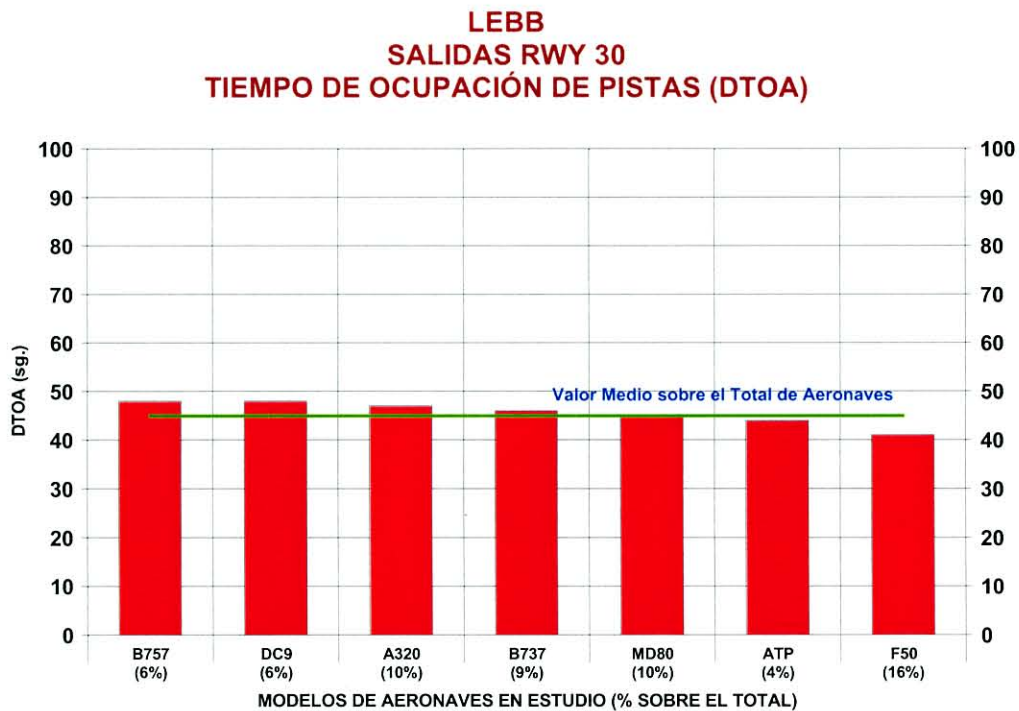


VALOR MEDIO DE TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA: 45 sg.

5.3.4.1.- TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA POR CATEGORÍA DE AERONAVE



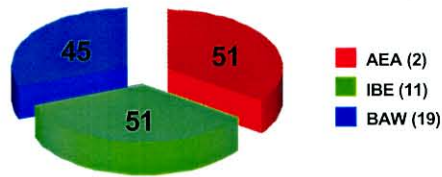
5.3.4.2.- TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA POR MODELO DE AERONAVE



5.3.4.3.- TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA PARA CAT M Y COMPAÑÍAS

SALIDAS RWY 30

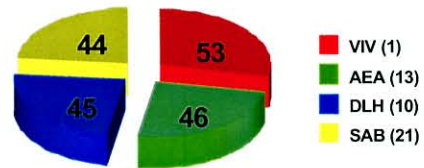
B757



BA46

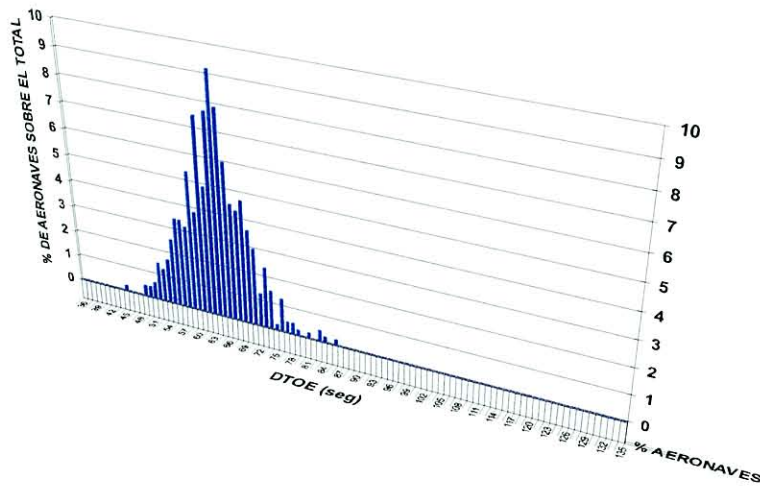


B737



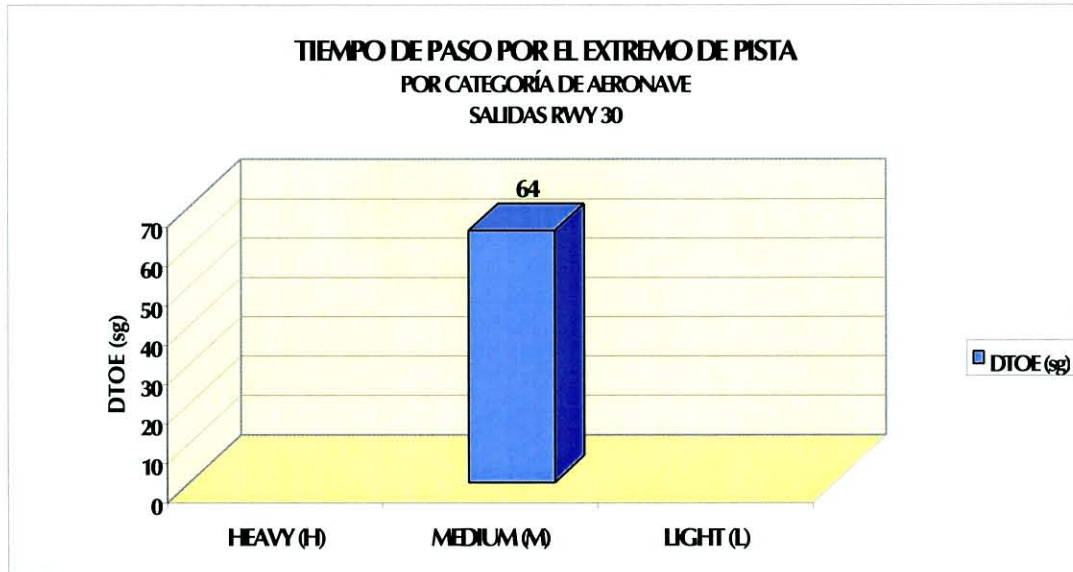
5.3.5.- TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA (DTE)

**LEBB
SALIDAS RWY 30
TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA (DTE)**

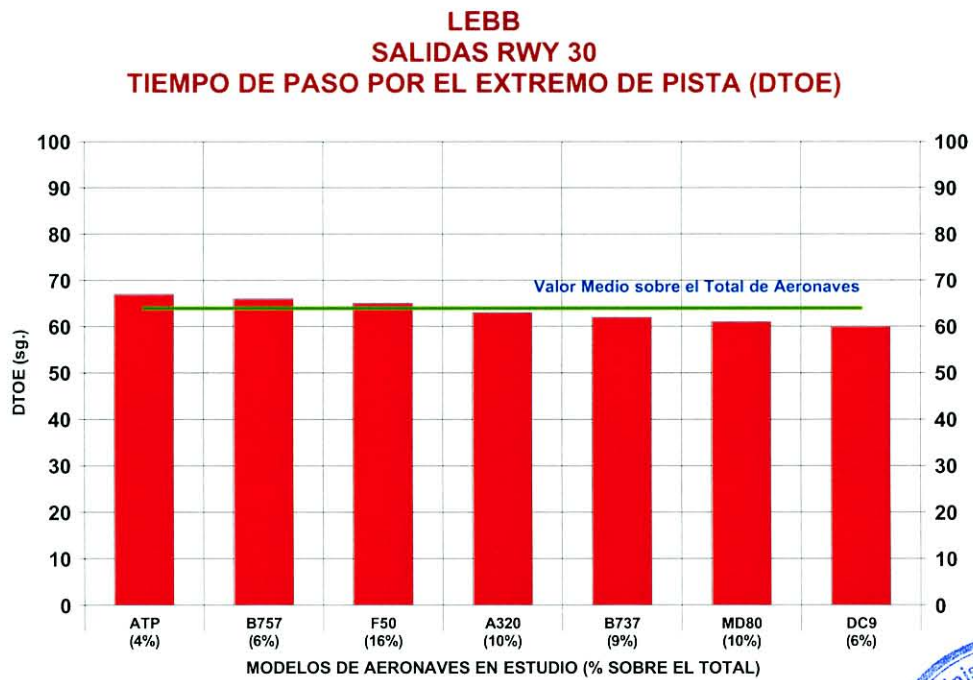


VALOR MEDIO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA: 64 sg.

5.3.5.1.- TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA POR CATEGORÍA DE AERONAVE



5.3.5.2.- TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA POR MODELO DE AERONAVE



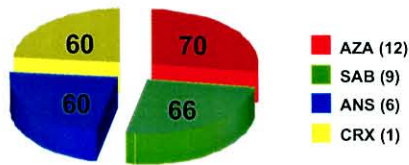
5.3.5.3.- TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA PARA CAT M Y COMPAÑÍAS

SALIDAS RWY 30

B757



BA46

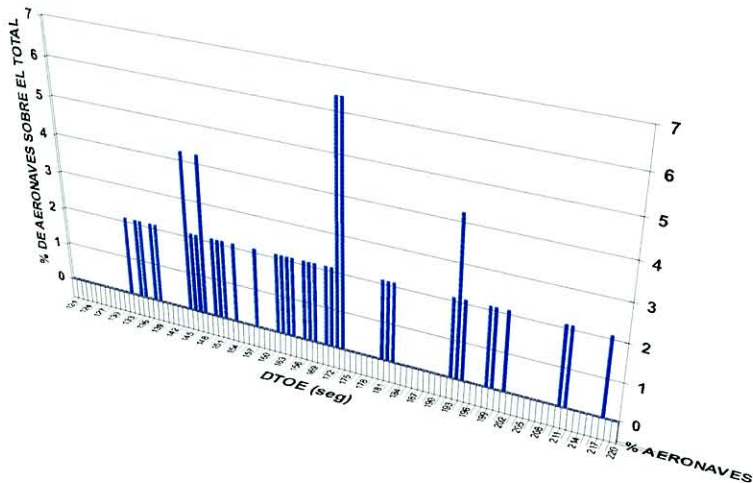


B737



5.3.6.- TIEMPO TOTAL DE OCUPACIÓN DE PISTA (BACKTRACK+ DTOA)

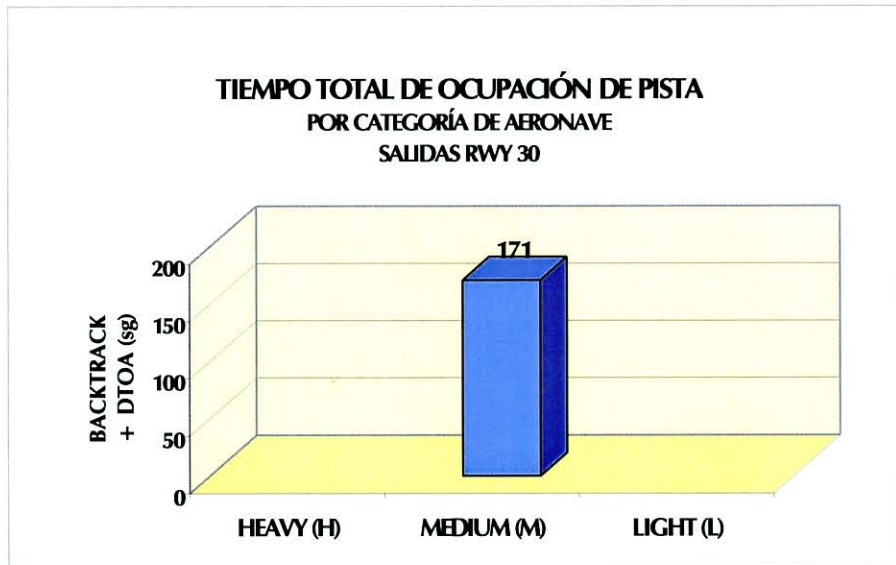
**LEBB
SALIDAS RWY 30
TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA (DTOE)**



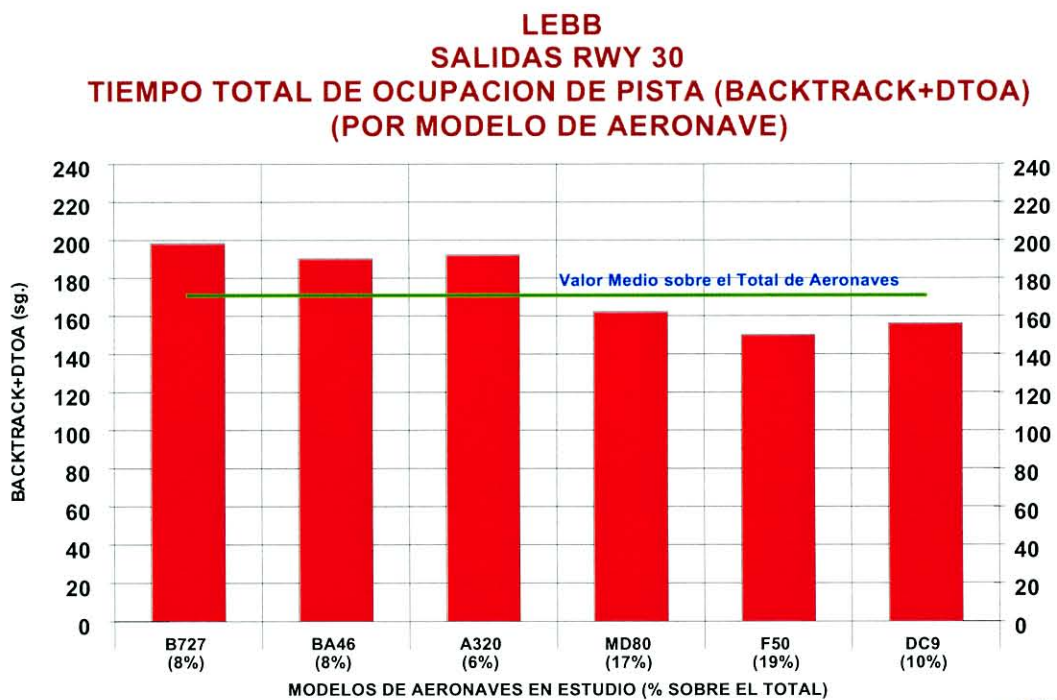
VALOR MEDIO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA: 171 sg.

* El estudio del tiempo total de ocupación de pista (BACKTRACK+ DTOA) se ha hecho sobre un 10% del total de aeronaves debido a que este es el porcentaje de aeronaves que cumple el requisito de tener datos de BACKTRACK.

5.3.6.1.- TIEMPO TOTAL DE OCUPACIÓN DE PISTA POR CATEGORÍA DE AERONAVE

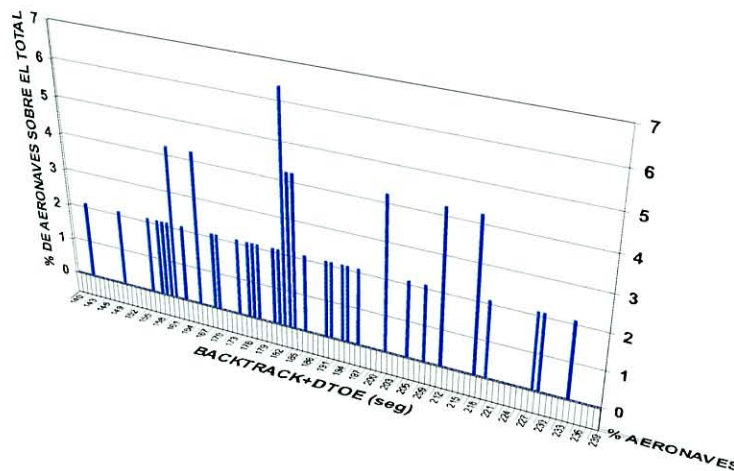


5.3.6.2.- TIEMPO TOTAL DE OCUPACIÓN DE PISTA POR MODELO DE AERONAVE



5.3.7.- TIEMPO TOTAL DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA (BACKTRACK+DTOE)

**LEBB
SALIDAS RWY 30
TIEMPO TOTAL DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA
(BACKTRACK+DTOE)**

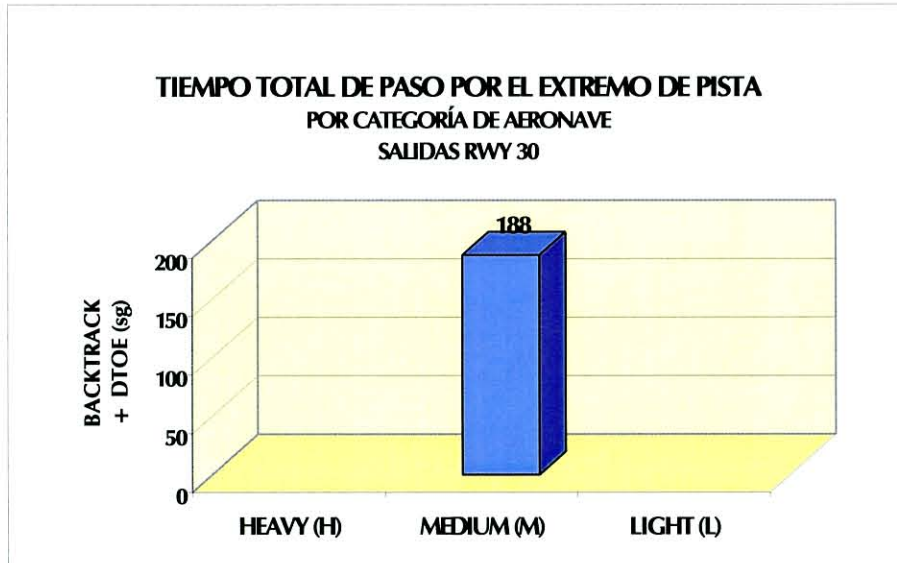


VALOR MEDIO DEL TIEMPO TOTAL DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA: 188 sg.

* El estudio del tiempo total de paso por el extremo de pista (BACKTRACK+ DTOE) se ha hecho sobre un 10% del total de aeronaves debido a que este es el porcentaje de aeronaves que cumple el requisito de tener datos de BACKTRACK.

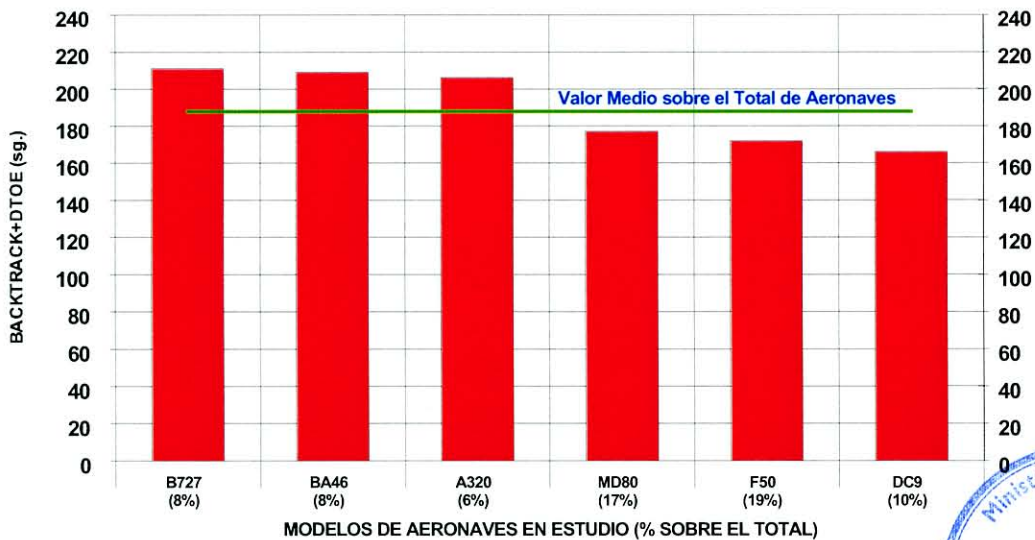


5.3.7.1.- TIEMPO TOTAL DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA POR CATEGORÍA DE AERONAVE



5.3.7.2.- TIEMPO TOTAL DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA POR MODELO DE AERONAVE

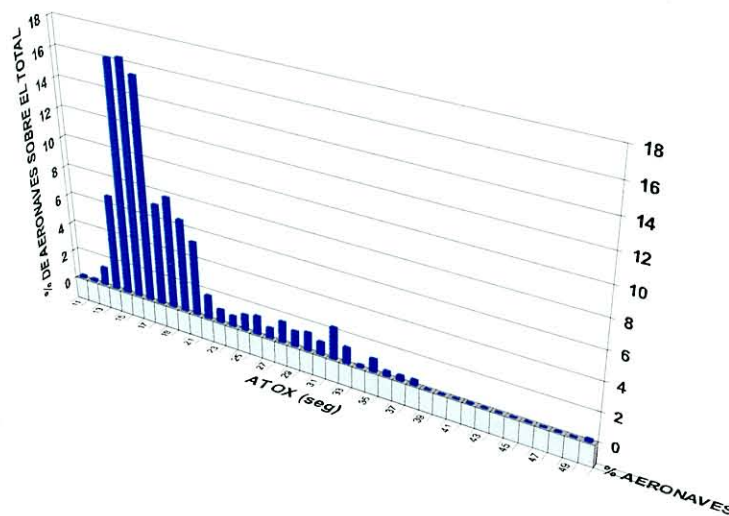
LEBB
SALIDAS RWY 30
TIEMPO TOTAL DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA (BACKTRACK+DTOE)
(POR MODELO DE AERONAVE)



5.4.- LLEGADAS PISTA 30

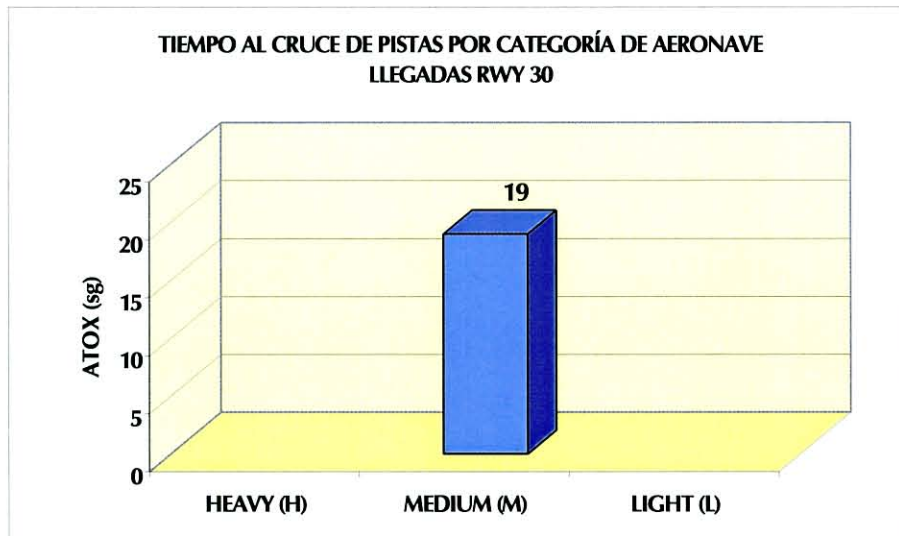
5.4.1.- TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS (ATOX)

**LEBB
LLEGADAS RWY 30
TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS (ATOX)**



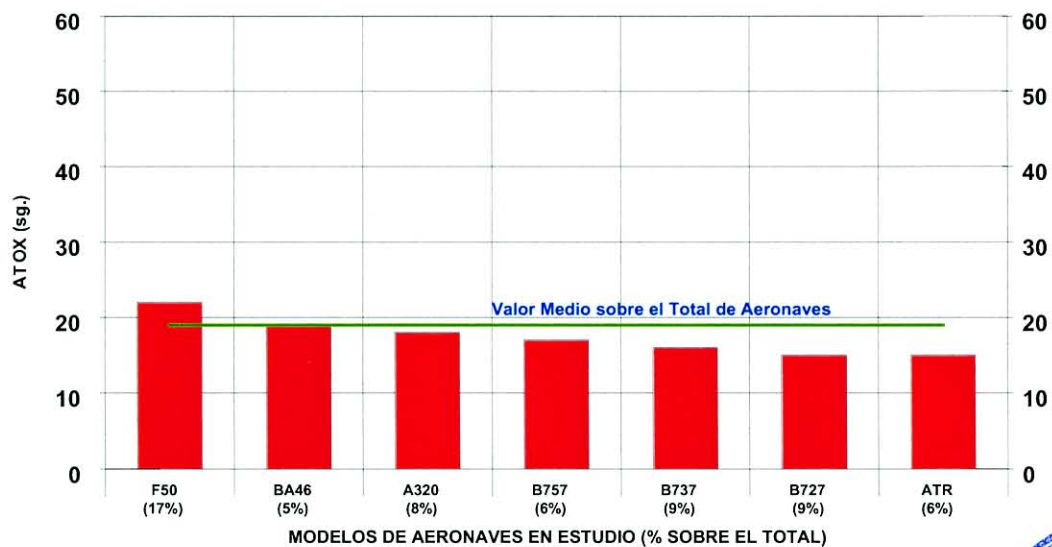
VALOR MEDIO DEL TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS: 19 sg.

5.4.1.1.- TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS POR CATEGORÍA DE AERONAVE



5.4.1.2.- TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS POR MODELO DE AERONAVE

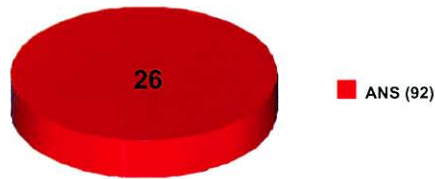
**LEBB
LLEGADAS RWY 30
TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS (ATOX)
(POR MODELO DE AERONAVE)**



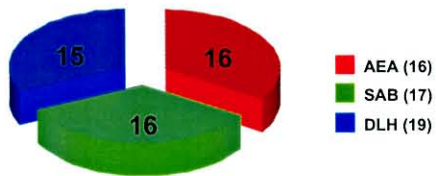
5.4.1.3.- TIEMPO AL CRUCE DE PISTAS PARA CAT M Y COMPAÑÍAS

LLEGADAS RWY 30

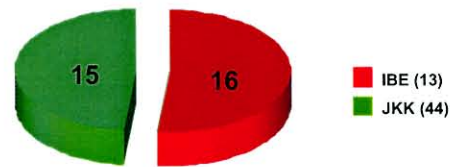
F50



B737

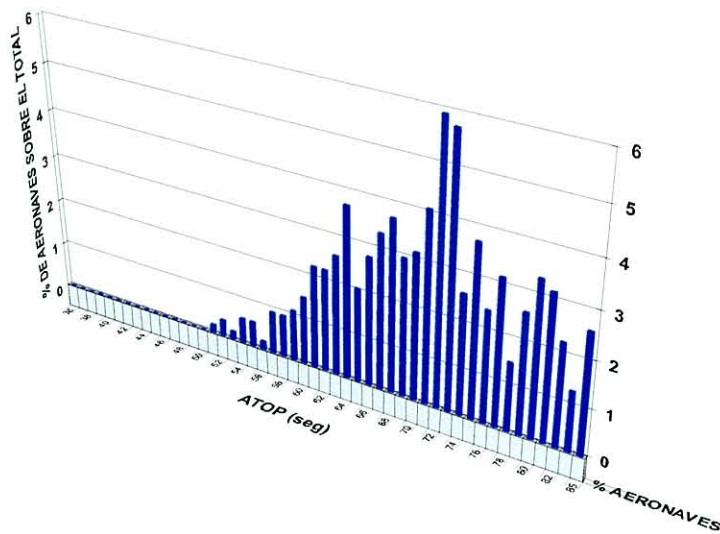


MD80



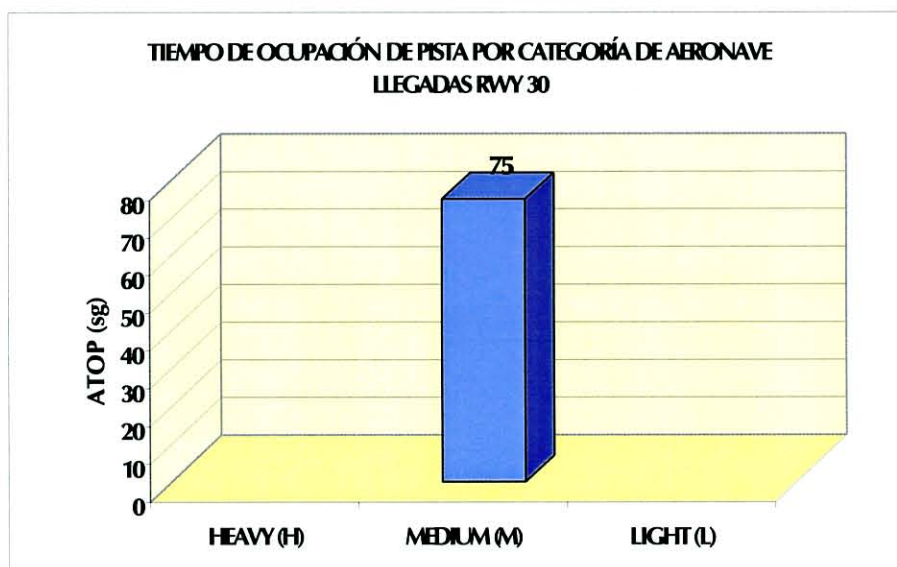
5.4.2.- TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA (ATOP)

**LEBB
LLEGADAS RWY 30
TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA (ATOP)**



VALOR MEDIO DEL TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA: 75 sg.

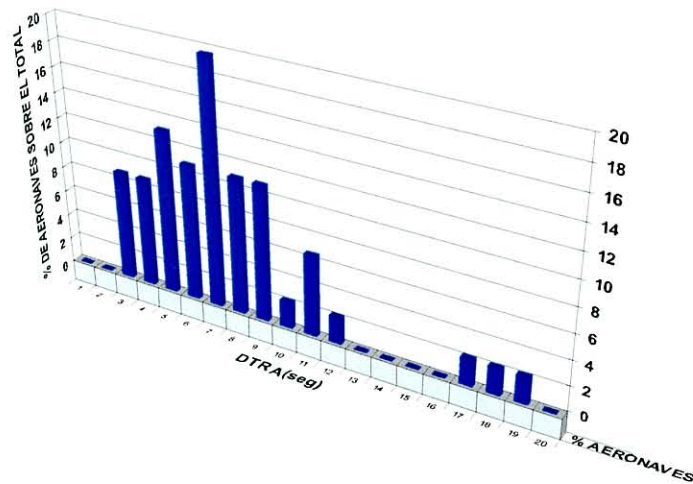
5.4.2.1.- TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA POR CATEGORÍA DE AERONAVE



5.5.- SALIDAS PISTA 28

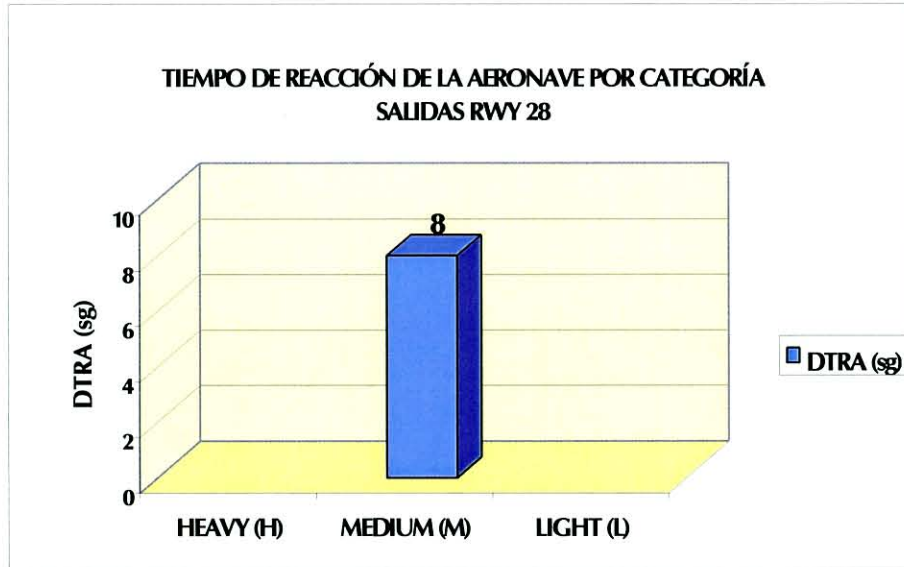
5.5.1.- TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE (DTRA)

**LEBB
SALIDAS RWY 28
TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE (DTRA)**



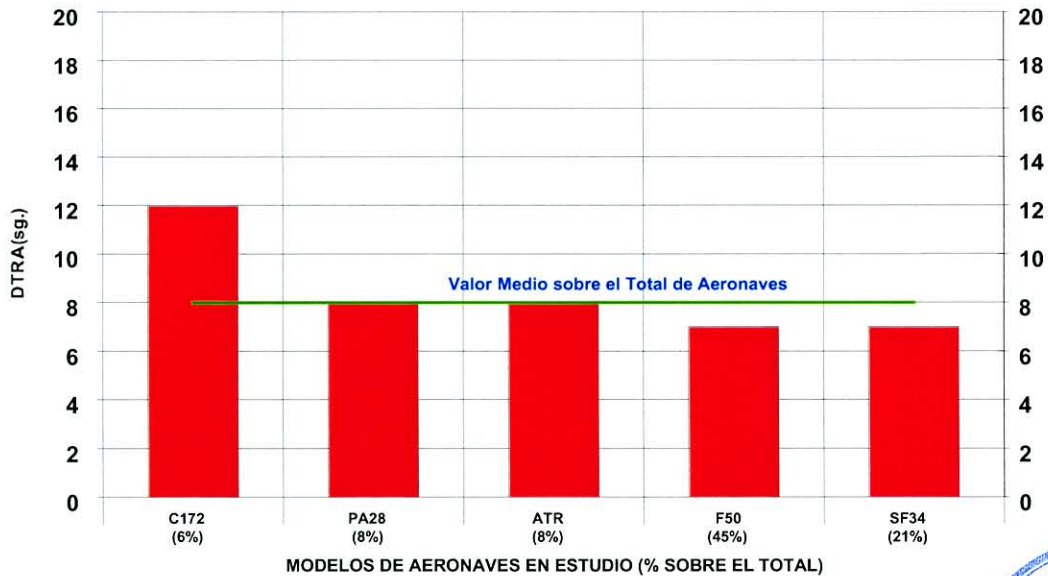
VALOR MEDIO DEL TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE: 8 sg.

5.5.1.1.- TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE POR CATEGORÍA



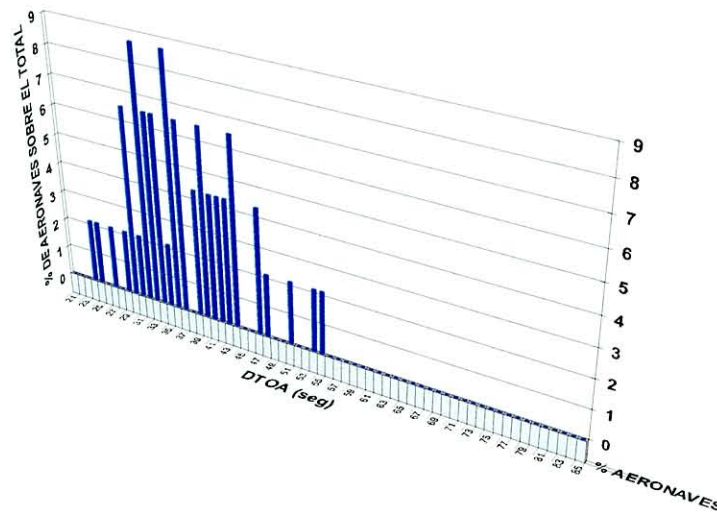
5.5.1.2.-TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE POR MODELOS

**LEBB
SALIDAS RWY 28
TIEMPO DE REACCIÓN DE LA AERONAVE (DTRA)**



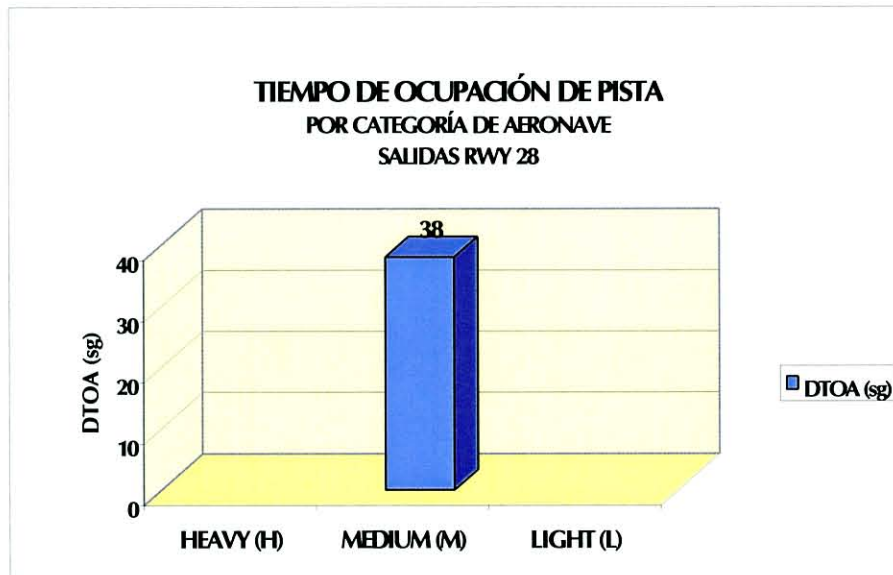
5.5.2.- TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA (DTOA)

**LEBB
SALIDAS RWY 28
TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA (DTOA)**

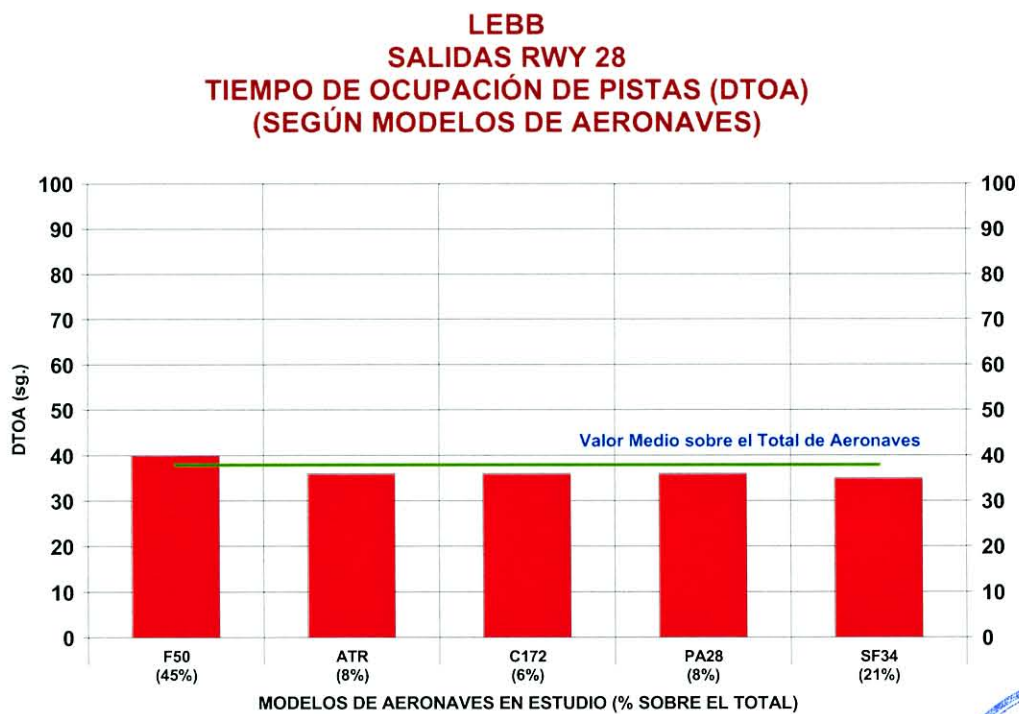


VALOR MEDIO DEL TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA: 38 sg.

5.5.2.1.- TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA POR CATEGORÍA DE AERONAVE

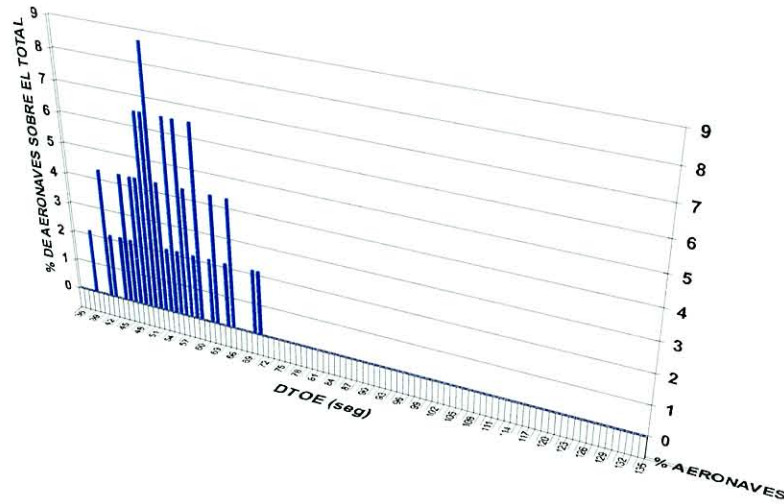


5.5.2.2.- TIEMPO DE OCUPACIÓN DE PISTA POR MODELO DE AERONAVE



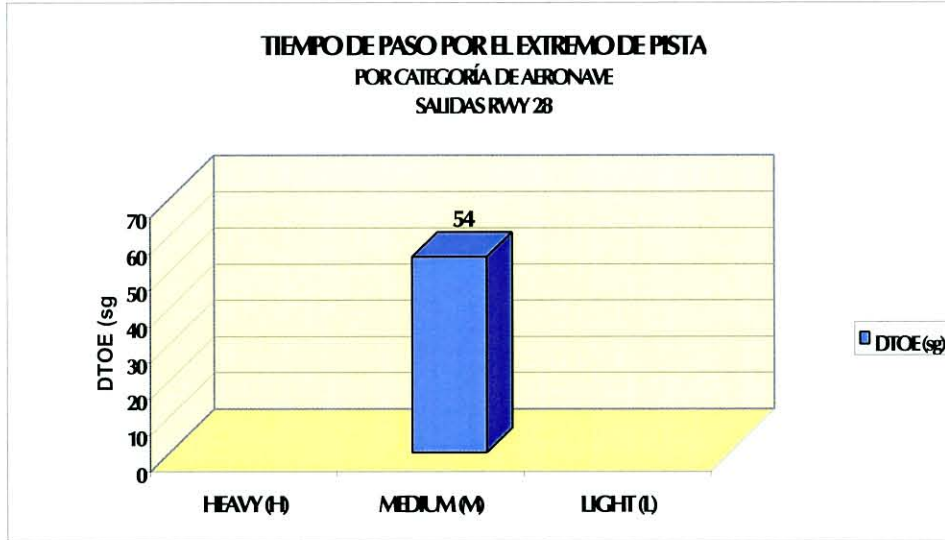
5.5.3.- TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA (DTE)

**LEBB
SALIDAS RWY 28
TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA (DTE)**

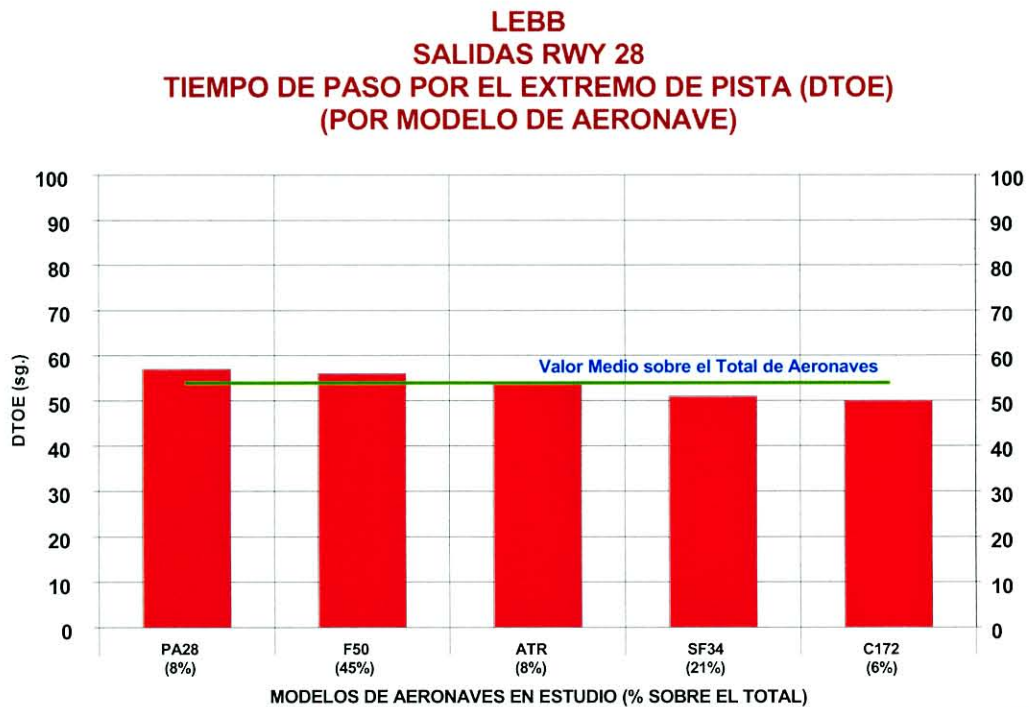


VALOR MEDIO DEL TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA: 54 sg.

5.5.3.1.- TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA POR CATEGORÍA DE AERONAVE

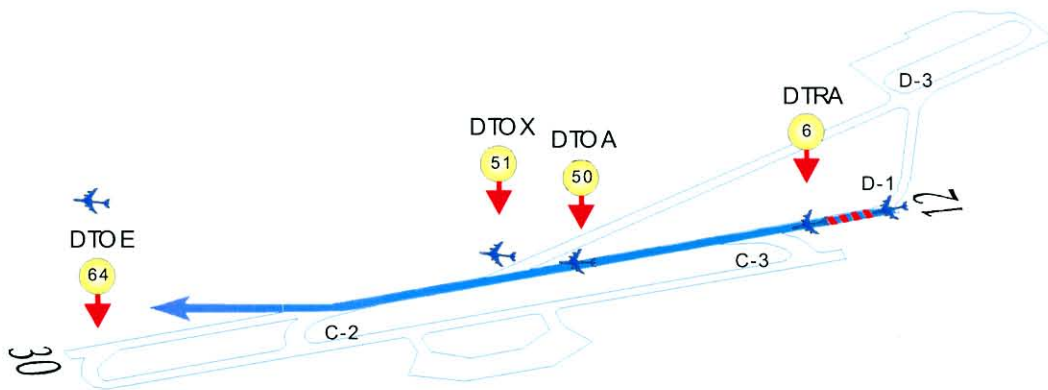


5.5.3.2.- TIEMPO DE PASO POR EL EXTREMO DE PISTA POR MODELO DE AERONAVE

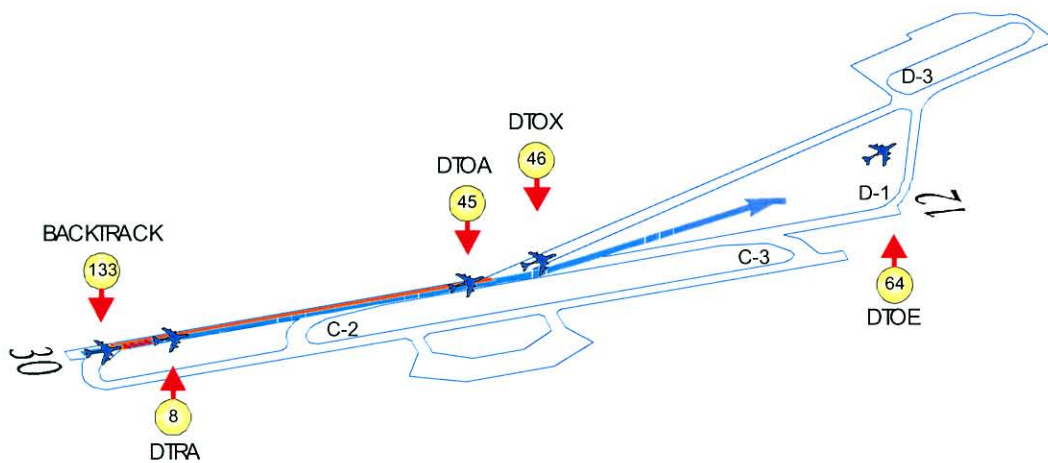


6.- RESUMEN GRÁFICO DEL ANÁLISIS

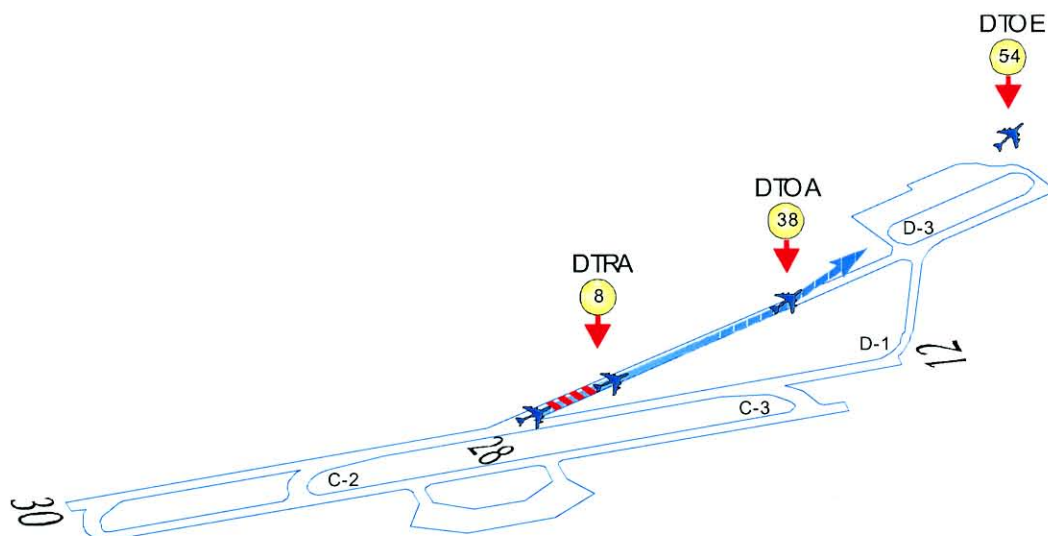
6.1.- SALIDAS PISTA 12



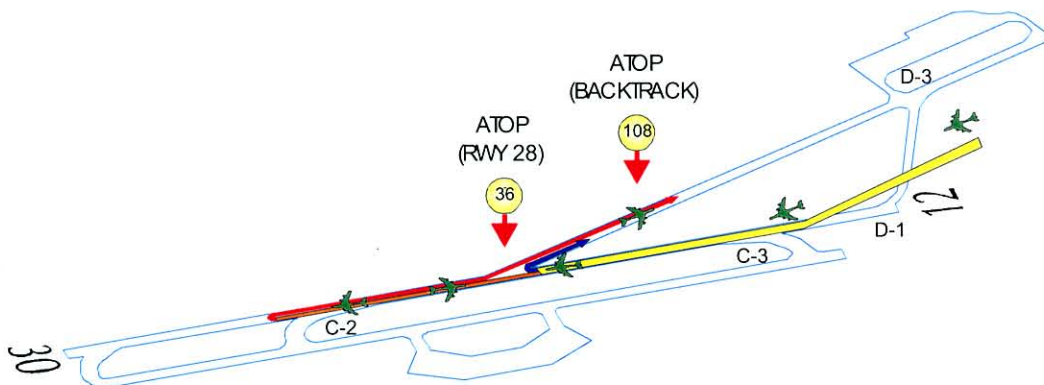
6.2.- SALIDAS PISTA 30



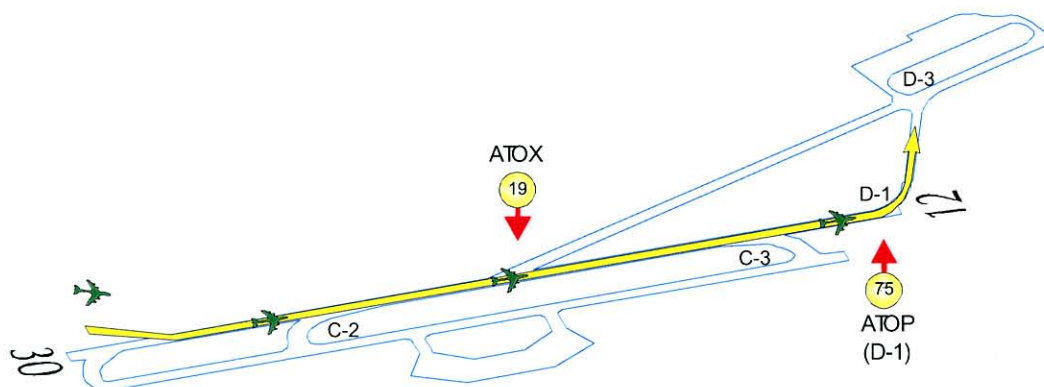
6.3.- SALIDAS PISTA 28



6.4.- LLEGADAS PISTA 12



6.5.- LLEGADAS PISTA 30



RESULTADO DE LA SIMULACIÓN DEL
AEROPUERTO DE BILBAO-SONDIKA.
MODELOS ACTUAL Y FUTURO
CONFIGURACIÓN RWY 12 A+D



SEPTIEMBRE 1998

ÍNDICE

	Página
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- OBJETO.....	1
3.- RENDIMIENTO MÁXIMO DE PISTA.....	1
4.- ESCENARIO.....	1
4.1.- CONFIGURACIÓN DE AERÓDROMO.....	1
4.2.- MÍNIMAS DE SEPARACIÓN.....	2
4.3.- CONDICIONES METEOROLÓGICAS.....	3
4.4.- MEZCLA Y DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO.....	3
5.- ALCANCE Y METODOLOGÍA.....	4
6.- VALOR DE LAS CONCLUSIONES.....	5
7.- FUENTES DE INFORMACIÓN.....	5
8.- HIPÓTESIS GENERALES.....	5
9.- RESUMEN EJECUTIVO.....	6
ANEXO I.- DESCRIPCIÓN DE LA CARGA DE TRÁFICO UTILIZADA	
ANEXO II.- PARÁMETROS OPERATIVOS UTILIZADOS EN LA SIMULACIÓN	
PARÁMETROS COMUNES A LOS MODELOS	
MODELOS DE SIMULACIÓN	
ANEXO III.- GRÁFICOS Y TABLAS DE RESULTADOS	
MODELO ACTUAL	
MODELO FUTURO	

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.- MÍNIMAS DE SEPARACIÓN RADAR POR ESTELA TURBULENTA (REGLAMENTO CIRCULACIÓN AÉREA).....	2
Tabla 2.- MÍNIMAS DE SEPARACIÓN ENTRE SALIDAS POR ESTELA TURBULENTA.....	2
Tabla 3.- VALORES DE RENDIMIENTO MÁXIMO DE PISTA.....	7
Tabla 4.- DATOS ANALIZADOS PARA ESTABLECER LOS TIEMPOS DE OCUPACIÓN DE PISTA.....	A.I.2
Tabla 5.- DISTRIBUCIÓN DE LA FLOTA SEGÚN EL TIPO DE AERONAVE.....	A.I.2
Tabla 6.- UTILIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SALIDA (SID).....	A.I.4
Tabla 7.-PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE APROXIMACIÓN POR INSTRUMENTOS.....	A.II.4
Tabla 8.- TIEMPO INVERTIDO POR LA AERONAVE DESDE QUE SE LE AUTORIZA PARA INICIAR EL PROCEDIMIENTO DE APROXIMACIÓN HASTA QUE ESTA A LA VISTA DE LA TORRE.....	A.II.6
Tabla 9.- SEPARACIÓN ENTRE SALIDAS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE AERONAVE Y EL PROCEDIMIENTO DE SALIDA UTILIZADO.....	A.II.7



Tabla 10.- SEPARACIÓN ENTRE SALIDAS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE AERONAVE Y EL PROCEDIMIENTO DE SALIDA UTILIZADO	A.II.10
Tabla 11.- VALORES DE RENDIMIENTO OBTENIDOS PARA EL MODELO ACTUAL.....	A.III.3
Tabla 12.- VALORES DE RENDIMIENTO OBTENIDOS PARA EL MODELO FUTURO.....	A.III.6

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.- COMPARACIÓN DE LAS OPERACIONES DE LLEGADA	8
Figura 2.- COMPARACIÓN DE LAS OPERACIONES DE SALIDA.....	8
Figura 3.- COMPARACIONES DEL NÚMERO DE OPERACIONES TOTALES.....	9
Figura 4.- PROCEDIMIENTOS DE SALIDA (SID) POR LA PISTA 12	A.I.3
Figura 5.- RANGO DE VELOCIDADES (IAS) PARA REACTORES.....	A.II.1
Figura 6.- RANGO DE VELOCIDADES (IAS) PARA TURBOHÉLICES.	A.II.2
Figura 7.-DEFINICIÓN DEL PPA.....	A.II.2
Figura 8.- SECUENCIA LLEGADA – SALIDA.	A.II.3
Figura 9.- SECUENCIA DE APROXIMACIÓN UTILIZANDO EL CIRCUITO DE ESPERA BASADO EN EL VOR/DME “BLV”	A.II.5
Figura 10.- LADO AIRE DEL AEROPUERTO DE BILBAO. MODELO FUTURO.	A.II.8
Figura 11.- SEPARACIÓN ENTRE LLEGADAS EN EL UMBRAL.	A.II.9
Figura 12.- NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES PARA LOS DISTINTOS FLUJOS DE LLEGADAS.	A.III.1
Figura 13.- NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES PARA LOS DISTINTOS FLUJOS DE SALIDAS.....	A.III.2
Figura 14.- FLUJO TOTAL DE OPERACIONES.	A.III.2
Figura 15.- NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES PARA LOS DISTINTOS FLUJOS DE LLEGADAS.	A.III.4
Figura 16.- NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES PARA LOS DISTINTOS FLUJOS DE SALIDAS.....	A.III.5
Figura 17.- FLUJO TOTAL DE OPERACIONES.	A.III.5



1.- INTRODUCCIÓN

De los diferentes elementos que intervienen en la capacidad aeroportuaria, la pista es el factor más escaso, esencial y valioso. La construcción de nuevas pistas o aeródromos que den cabida a la demanda creciente del tránsito es una medida extremadamente compleja y por tanto incapaz de aportar soluciones a los problemas de capacidad a corto o medio plazo. Es, por tanto, fundamental asegurar que en los grandes aeropuertos, donde demanda y capacidad conviven en un delicado equilibrio, las operaciones en las pistas existentes se desarrollen a un nivel de eficiencia apropiado y en beneficio de todos los usuarios.

2.- OBJETO

Este documento tiene por objeto asesorar en la determinación de la capacidad ATC declarada del Aeropuerto de Bilbao - Sondika, aceptando, de acuerdo con NATS, que la capacidad declarada puede ser el 80%, aproximadamente, del valor máximo de operaciones (ARR y DEP) que pueden realizarse en las pistas de Sondika durante 60 minutos (capacidad de una configuración de pistas).

3.- RENDIMIENTO MÁXIMO DE PISTA

Rendimiento Máximo de Pista (RMP) es el número máximo de operaciones por hora que pueden efectuarse en un aeródromo en base a las hipótesis de funcionamiento de cada modelo (condiciones meteorológicas, procedimientos ATC y la mezcla y distribución del tráfico), **sin considerar el nivel de demora.**

4.- ESCENARIO

4.1.- CONFIGURACIÓN DE AERÓDROMO

El escenario reproduce el Aeropuerto de Bilbao – Sondika, operando en Configuración de Pista 12 para Llegadas y Salidas, comprendiendo tanto las cercanías del aeródromo como las pistas, sus accesos y calles de salida. No se contemplan aquellas partes del área de maniobras no relacionadas directamente con las operaciones de aterrizaje y despegue.



4.2.- MÍNIMAS DE SEPARACIÓN

4.2.1.- Entre llegadas

En el caso de un entorno no radar, se considera que las sucesivas aeronaves reciben autorización para aproximación cuando la precedente está en comunicación con la torre, a la vista de ésta, y haya razón para creer que podrá efectuar un aterrizaje normal. (RCA 4.4.12.1.2.b).

En el caso de control radar, durante la fase de aproximación la mínima de separación radar es de 3NM, sin embargo esta separación debe aumentarse, llegado el caso, por razones de estela turbulenta.

ACFT PRECEDENTE	ACFT SUBSIGUIENTE		
	PESADO (H)	MEDIO (M)	LIGERO (L)
PESADO (H)	4 NM	5NM	6NM
MEDIO (M)	3NM	3NM	5NM
LIGERO (L)	3NM	3NM	3NM

**Tabla 1.- MÍNIMAS DE SEPARACIÓN RADAR POR ESTELA TURBULENTA
(REGLAMENTO CIRCULACIÓN AÉREA)**

4.2.2.- Entre salidas

Como en el caso de las llegadas, las mínimas de separación por estela turbulenta deben prevalecer sobre otras posibles separaciones. En este caso la separación se mide en términos de tiempo (minutos).

ACFT PRECEDENTE	ACFT SUBSIGUIENTE		
	PESADO (H)	MEDIO (M)	LIGERO (L)
PESADO (H)	-	2*	2*
MEDIO (M)	-	-	2*
LIGERO (L)	-	-	-

Tabla 2.- MÍNIMAS DE SEPARACIÓN ENTRE SALIDAS POR ESTELA TURBULENTA

* Esta separación debe aumentarse a 3 minutos cuando se despegue desde una parte intermedia de la misma pista (RCA 4.5.16.2.3.2.)



Cuando no son de aplicación las mínimas por estela turbulenta se utilizan las mínimas de separación previstas en los distintos supuestos correspondientes a las hipótesis analizadas en cada modelo

4.3.- CONDICIONES METEOROLÓGICAS

La experiencia ha demostrado que en condiciones de vuelo visual el número de operaciones registradas es, a menudo, sensiblemente superior a las que se producen en otras condiciones meteorológicas menos favorables. Ello es debido a que en tales condiciones visuales es posible aplicar ciertos procedimientos de control que bajo el principio de "ver y ser visto" reducen, sin perjuicio de la seguridad, la separación entre aeronaves y consecuentemente aumentan la capacidad.

Sin embargo, una mínima prudencia y rigurosidad aconsejan no considerar como elementos habituales del escenario aquellas condiciones excepcionalmente favorables cuya presencia no puede asegurarse, especialmente en invierno, por lo que el escenario elegido considera que las operaciones se desarrollan bajo condiciones de vuelo instrumental.

4.4.- MEZCLA Y DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO

Para la determinación del Rendimiento Máximo de Pista se ha empleado una **carga de tráfico de saturación**. La carga de tráfico de saturación se ha construido a partir de:

- Los datos reales de tráfico se han tomado de datos reales de CONOPER correspondientes al periodo 01/01/98 – 12/07/98 de las operaciones realizadas en el aeropuerto de Bilbao – Sondika.
- Los datos de operación reales obtenidos dentro del programa PICAP (Programa de Investigación de Capacidad de Pista) durante los meses de Mayo y Junio de 1998 en el aeropuerto de Bilbao - Sondika.
- El porcentaje de utilización de los procedimientos de salida (SID) determinado mediante las fichas proporcionadas por Torre de Control correspondientes al periodo entre los días 13 y 20 de Abril de 1998.

Se han conservado las proporciones, según el tipo de aeronave y procedimiento de salida utilizado, aumentándose el número total de vuelos de forma que la demanda mantenga al aeródromo funcionando constantemente a la máxima capacidad posible, es decir, siempre exista una aeronave preparada para iniciar la carrera de despegue y siempre habrá una aeronave en la secuencia de aproximación.



5.- ALCANCE Y METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente informe se han utilizado los datos proporcionados por la herramienta de simulación en tiempo acelerado SIMMOD v2.2 sobre una Estación de Trabajo Apollo 700 de la firma comercial Hewlett Packard.

Esta herramienta simula de forma realista el movimiento de todas las aeronaves que evolucionan tanto en el aeropuerto como en el espacio aéreo, resolviendo los posibles conflictos y conservando la memoria temporal de cada vuelo durante su desarrollo en ruta y en tierra. A partir de estos registros, SIMMOD proporciona valores de flujo de aeronaves en el aeropuerto, tiempo de vuelo de las aeronaves, demoras y consumo de combustible.

Para ello se han utilizado parámetros reales de la operación de Sondika, obtenidos a partir de 1009 tomas de operaciones, extraídos de los datos del Programa de Investigación de Capacidad de Pista (PICAP) y que representan la realidad operativa del aeropuerto. La información obtenida es representativa de la realidad con un error inferior al 2 % para un margen de confianza del 95.5 %.

Las horas de simulación realizadas para esta investigación suman un total de 50, de las cuales se han obtenido datos de:

- El número máximo de operaciones de llegada por hora (demanda de saturación sostenida).
- El número máximo de operaciones de salida por hora (demanda de saturación sostenida).

El estudio se centra en:

- Obtener el intervalo de variación, en función de la distribución horaria del tráfico, del Rendimiento Máximo de Pista de cada modelo sometido a una carga de tráfico de saturación. La definición de la carga de tráfico de saturación y su proceso de generación se recogen en la página 3, apartado 4.4.- MEZCLA Y DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO.

El efecto restrictivo de la carga de trabajo del controlador sobre la capacidad no se ha considerado en este estudio.



6.- VALOR DE LAS CONCLUSIONES

En todo momento, los resultados que se reflejan en este documento deben ser interpretados como una aproximación a la realidad operativa del aeropuerto. Por lo tanto, en ningún caso se puede asegurar cuál será la realidad de la operación en otras circunstancias que no sean exactamente las mismas que contempla la simulación.

7.- FUENTES DE INFORMACIÓN

Los datos de partida utilizados para la definición del modelo de simulación se han obtenido de las siguientes fuentes:

- Datos de tráfico y operación reales tomados del Informe de Resultados de Tiempos de Ocupación de Pista del PICAP (Programa de Investigación de Capacidad de Pista) acerca de la Operación en el Aeropuerto de Bilbao - Sondika.
- Datos de tráfico y operación reales correspondientes al periodo 01/01/98-12/07/98 extraídos de CONOPER.
- Fichas de operaciones de Torre del 13/04/98 al 20/04/98.
- Datos geométricos y operativos del Aeropuerto de Bilbao - Sondika (AIP, Publicación de Información Aeronáutica).
- Reglamento de Circulación Aérea.
- Documento 8168 PANS-OPS, Volumen II.
- Jane's All the World Aircrafts (1996-97).
- Base de datos de Performance de Aeronaves para las herramientas de simulación SIMMOD e INM (FAA, ed. 1997).

8.- HIPÓTESIS GENERALES

Para el modelo de simulación generado se han considerado las siguientes hipótesis generales:

- Todos los aterrizajes y despegues se realizan por la pista 12.
- En el modelo simulado se han respetado los requerimientos de separación por estela turbulenta, según prescribe el Reglamento de Circulación Aérea.
- Este estudio se basa en datos de tráfico y operación reales obtenidos dentro del programa PICAP (Programa de Investigación de Capacidad de Pista).



- La geometría de las calles de rodaje es tal que no permite ni los adelantamientos durante la rodadura, ni en la cola de salida.
- No se han considerado aeronaves que operan con procedimientos visuales.

9.- RESUMEN EJECUTIVO

Sobre el escenario básico descrito en la página 1, apartado 4.- ESCENARIO, se han creado dos modelos SIMMOD, correspondientes a diferentes infraestructuras y procedimientos de control en el TMA.

MODELO ACTUAL: Empleo de las actuales infraestructuras y control convencional del TMA.

MODELO FUTURO: Se considera un nuevo acceso en el umbral de la pista 12, uso exclusivo de la plataforma 2, rodadura paralela a la pista para acceder a dicha plataforma y control radar del TMA.

De cada modelo simulado se obtienen 50 valores (correspondientes a 50 horas simuladas), que determinan el intervalo de variación del Rendimiento Máximo de Pista (RMP) en función de la distribución horaria del tráfico. Los valores que caracterizan cada modelo son:

- VALOR MÁS ALTO DE RMP: Número máximo de operaciones por hora que se ha obtenido en el intervalo. Este valor se corresponde con la secuencia horaria de tráfico más **favorable**.
- VALOR MÁS BAJO DE RMP: Número mínimo de operaciones por hora que se ha obtenido en el intervalo. Este valor se corresponde con la secuencia horaria de tráfico más **desfavorable**.
- VALOR MEDIO DE RMP: Valor **medio** del Rendimiento Máximo de Pista para cada modelo.

La Tabla 3 recoge los valores definidos para cada tipo de operación (DEP, ARR y TOTAL). Estos valores son independientes entre sí, ya que se han producido como consecuencia de secuencias de tráfico diferentes (horas de simulación diferentes).



	MEZCLA Y DISTRIBUCIÓN DE TRÁFICO	MODELO ACTUAL	MODELO FUTURO
OPERACIONES TOTALES	FAVORABLE	22 (7 A, 15 D)	40 (20 A, 20 D)
	DESFAVORABLE	17 (6 A, 11 D)	32 (14 A, 18 D)
	MEDIO	19.3	37.0
OPERACIONES DE LLEGADA	FAVORABLE	8	21
	DESFAVORABLE	6	14
	MEDIO	6.5	18.9
OPERACIONES DE SALIDA	FAVORABLE	16	22
	DESFAVORABLE	10	16
	MEDIO	12.8	18.2

Tabla 3.- VALORES DE RENDIMIENTO MÁXIMO DE PISTA.

A = Llegadas, D = Salidas



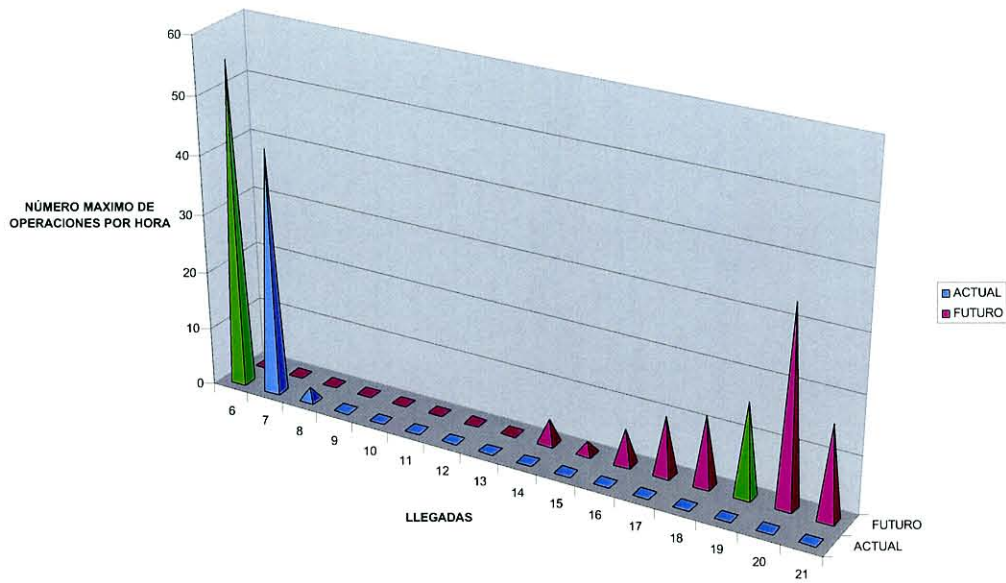


Figura 1:- COMPARACIÓN DE LAS OPERACIONES DE LLEGADA

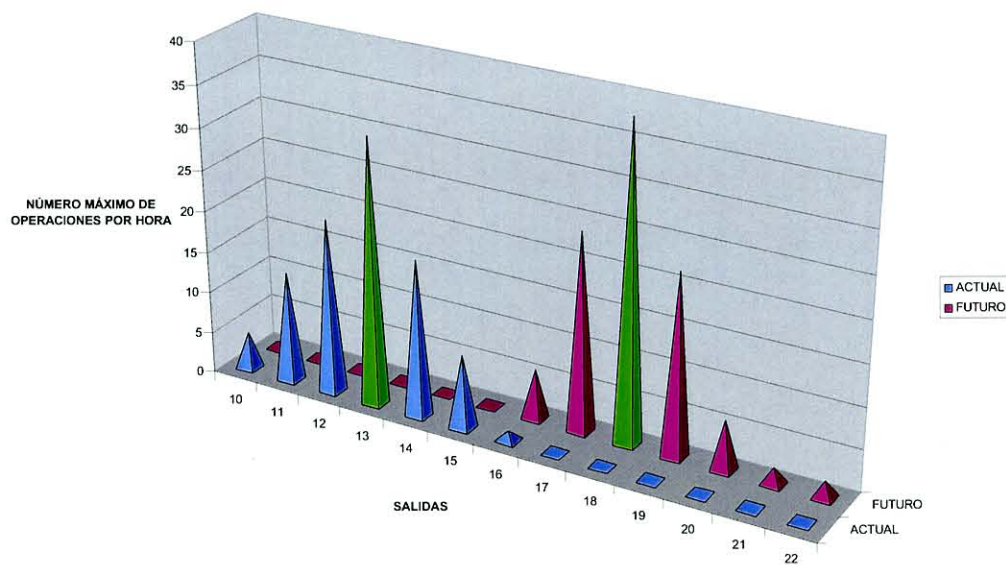


Figura 2.- COMPARACIÓN DE LAS OPERACIONES DE SALIDA

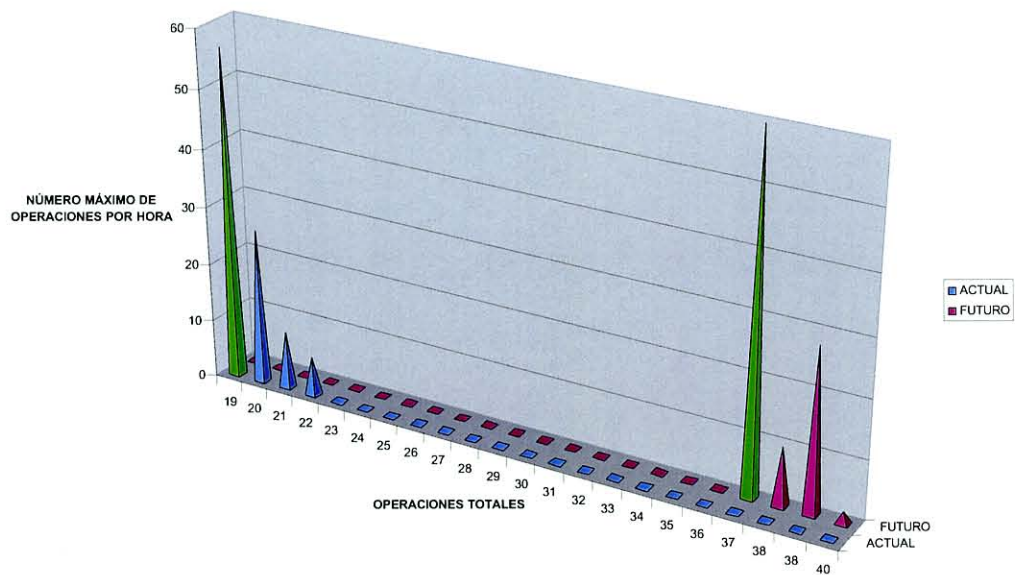


Figura 3.- COMPARACIONES DEL NÚMERO DE OPERACIONES TOTALES

De los resultados obtenidos se deduce que, el Aeropuerto de Bilbao, en Configuración de Pista 12 para Llegadas y Salidas, sometido a carga de tráfico de saturación presenta:

MODELO ACTUAL

- Un rendimiento medio de pista de 19 operaciones por hora.
- La posibilidad de operar con un flujo medio de 6 llegadas y 13 salidas.

MODELO FUTURO

- Un rendimiento medio de pista de 37 operaciones por hora.
- La posibilidad de operar con un flujo medio de 19 llegadas y 18 salidas.



ANEXO I:

DESCRIPCIÓN DE LA CARGA DE TRÁFICO UTILIZADA



ANEXO I.- DESCRIPCIÓN DE LA CARGA DE TRÁFICO UTILIZADA

Para la carga de tráfico de saturación se ha aumentado el número total de vuelos de forma que se mantiene al aeródromo funcionando constantemente a la máxima capacidad posible, es decir, siempre existe una aeronave preparada para iniciar la carrera de despegue y siempre hay una aeronave en la secuencia de aproximación.

Esta carga conserva las proporciones, según el tipo de aeronave y procedimiento de salida utilizado, de acuerdo con:

- El Informe de Resultados de Tiempos de Ocupación de Pista del PICAP (Programa de Investigación de Capacidad de Pista) acerca de la Operación en el Aeropuerto de Bilbao.
- Con los datos extraídos de CONOPER se ha obtenido la composición del tráfico que opera en el Aeropuerto de Bilbao. La muestra empleada corresponde a las operaciones registradas en el periodo comprendido en los días 01/01/98 y 12/07/98.
- De las fichas de operaciones de Torre se han determinado los porcentajes de utilización de las distintas SID.

Información PICAP

La información obtenida con la herramienta de adquisición de datos enmarcada dentro del programa "PICAP" (Programa de Investigación de Capacidad de Pista) acerca de la Operación en el Aeropuerto de Bilbao – Sondika se compone de:

- Tiempo transcurrido desde que la aeronave sobrevuela el umbral de la pista hasta que rebasa el cruce de pistas (AROX).
- Tiempo empleado por las llegadas en realizar la rodadura por la pista 12 (BACK TRACK).
- Tiempo transcurrido desde el inicio de la autorización de despegue, por parte de ATC, hasta que la aeronave que ha despegado sobrevuela el extremo de la pista (DROE).
- Utilización de las calles de salida, por los distintos tipos de aeronaves que llegan.

La Tabla 4 refleja el tamaño y la composición de la muestra recogida con la herramienta PICAP durante el periodo comprendido entre el 19 de Mayo y el 19 de Junio de 1998.



N° DE AERONAVES EVALUADAS	
LLEGADAS	37
SALIDAS	47

Tabla 4.- DATOS ANALIZADOS PARA ESTABLECER LOS TIEMPOS DE OCUPACIÓN DE PISTA.

Las aeronaves se distinguen según los criterios de estela turbulenta que establece el Reglamento de Circulación Aérea:

- Aeronave Ligera: $MTOW \leq 7000$ Kg
- Aeronave Media: $7000 \text{ Kg} < MTOW \leq 136.000$ Kg
- Aeronave Pesada: $MTOW \geq 136000$ Kg

Esta clasificación permite establecer una distinción entre tipos de aeronaves según el tipo de estela y la calle de salida empleada para abandonar la pista.

Información CONOPER

La muestra analizada tiene un volumen de 16659 operaciones (8348 Llegadas + 8311 Salidas). Distinguiendo entre el tipo de estela turbulenta y el motor empleado, se obtiene la siguiente clasificación:

TIPO DE AERONAVE	NÚMERO	PORCENTAJE SOBRE EL TOTAL DE AERONAVES
PESADA	25	0.30
MEDIA con motor de REACCIÓN	4931	59.07
MEDIA con motor TURBOHÉLICE	3026	36.25
LIGERA	366	4.50

Tabla 5.- DISTRIBUCIÓN DE LA FLOTA SEGÚN EL TIPO DE AERONAVE.



Información de fichas

Se han reproducido los procedimientos de salida recogidos en el AIP.

SID (STANDARD INSTRUMENT DEPARTURE) PISTA 12:

1. CALCE 1B
2. TACHA 1B
3. BISKA 1B
4. CEGAM 2B
5. AMTOS 1B
6. AMTOS 1D

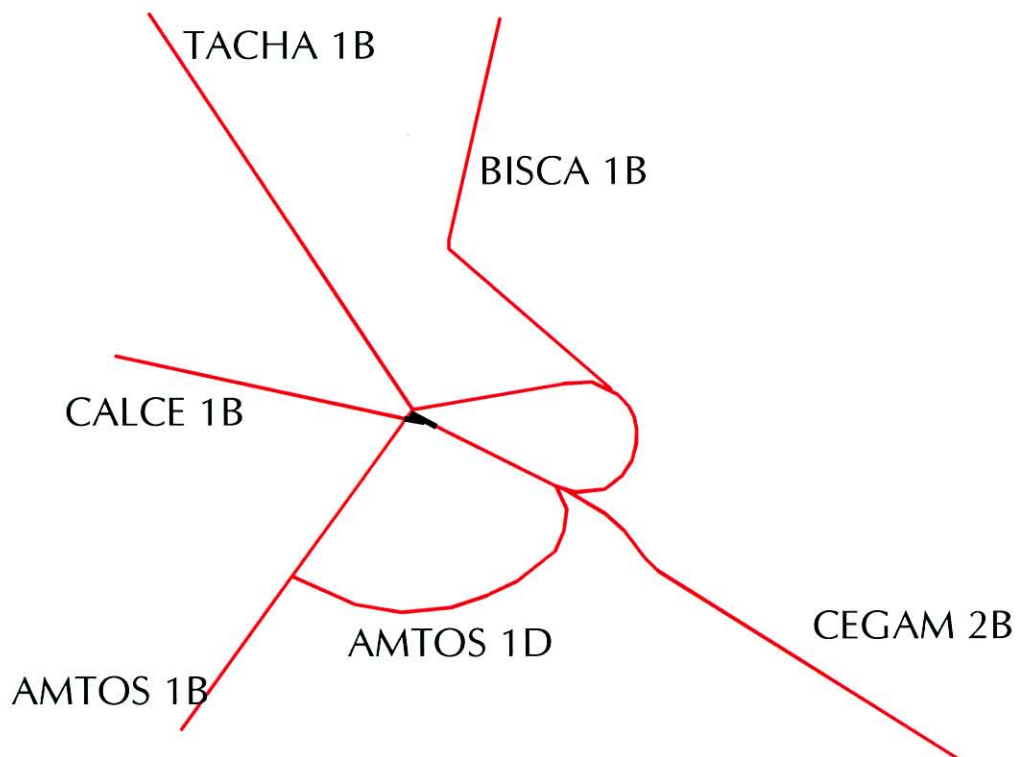


Figura 4.- PROCEDIMIENTOS DE SALIDA (SID) POR LA PISTA 12



Con las fichas de salida proporcionadas por la Torre se han determinado los porcentajes de utilización de los procedimientos de salida (SID) para la pista 12. Estos porcentajes se han clasificado en función del tipo de motor:

TIPO DE MOTOR	PROCEDIMIENTO DE SALIDA UTILIZADO (PORCENTAJE)			
	AMTOS	BISKA	CALCE	CEGAM
REACTOR	38.20	27.60	-	34.20
TURBOHÉLICE	21.50	-	26.20	52.30

Tabla 6.- UTILIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SALIDA (SID).

En esta clasificación no se han tenido en cuenta las aeronaves de tipo ligero debido a que operan por la pista 10/28.



ANEXO II:

PARÁMETROS OPERATIVOS UTILIZADOS EN LA SIMULACIÓN

ANEXO II.- PARÁMETROS OPERATIVOS UTILIZADOS EN LA SIMULACIÓN

En este anexo se detallan los parámetros de entrada necesarios para definir las distintas hipótesis de cada modelo de simulación.

PARÁMETROS COMUNES A LOS MODELOS

Velocidad de las aeronaves

Se han asignado a las aeronaves un rango de velocidades en función de la fase del vuelo en la que se encuentren según indican las siguientes figuras:

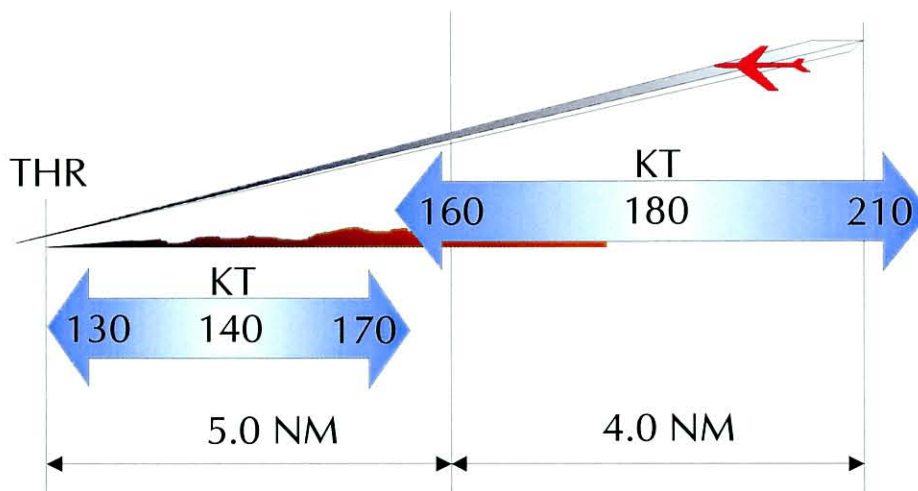


Figura 5.- RANGO DE VELOCIDADES (IAS) PARA REACTORES.

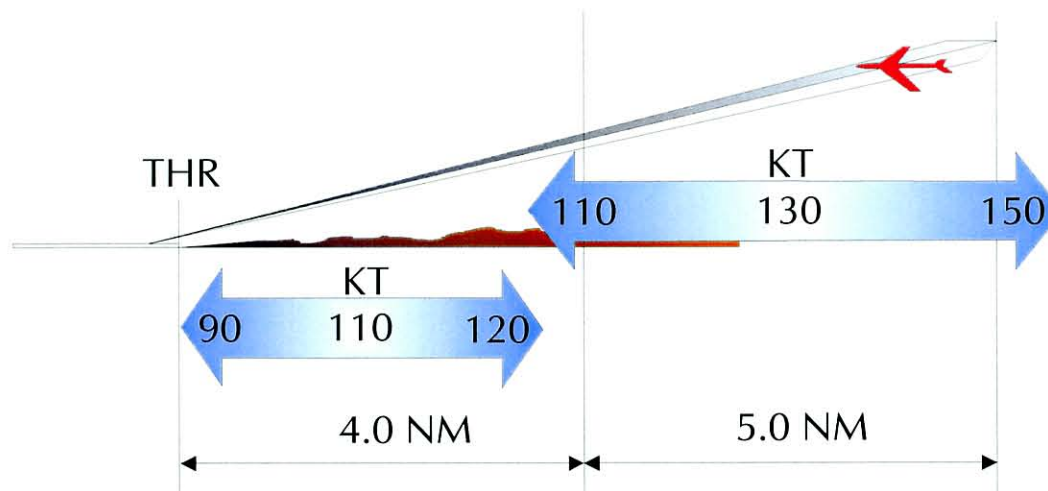


Figura 6.- RANGO DE VELOCIDADES (IAS) PARA TURBOHÉLICES.

Punto de permiso para aterrizar (PPA)

El PPA es un punto imaginario en la trayectoria de aproximación final creado a efectos de simulación y situado a una milla náutica del umbral de la pista.

Se considera que la autorización para aterrizar se concede cuando la aeronave que llega se encuentra en dicho punto o antes.

ATUM: Tiempo empleado en volar la última milla de la aproximación final.

✈ ARR

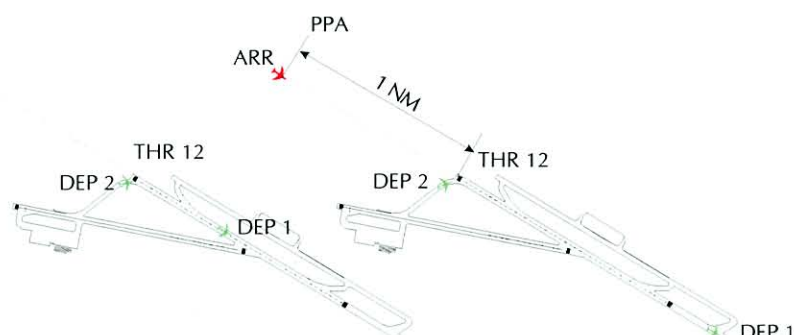


Figura 7.-DEFINICIÓN DEL PPA.

MODELOS DE SIMULACIÓN

MODELO ACTUAL

En este modelo todas las aeronaves que han aterrizado rebasan el cruce de pistas, por lo que deben realizar un BACK TRACK hasta llegar a la pista 28/10 por la que se dirigen a la plataforma de estacionamiento.

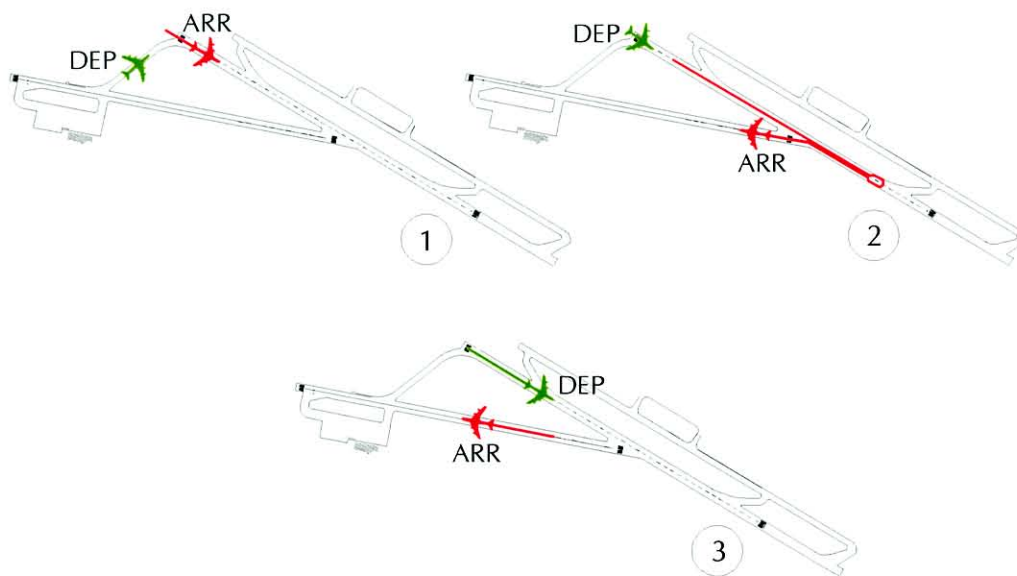


Figura 8.- SECUENCIA LLEGADA – SALIDA.



Hipótesis particulares

Además de las hipótesis generales a los dos modelos de simulación, se han considerado las siguientes hipótesis particulares:

- Control convencional en el TMA.
- Todas las salidas realizan rodadura por D-1 para alcanzar la cabecera de la pista 12.
- Todas las llegadas realizan BACK TRACK para rodar por la pista 28 hasta la plataforma 1.
- Uso exclusivo de la plataforma 1.

A continuación se definen los parámetros de simulación que rigen el funcionamiento del modelo SIMMOD contemplado en este informe.

Separación entre llegadas

Por tratarse de un entorno no-radar, se considera que una aeronave es autorizada a iniciar la aproximación instrumental cuando la precedente está a la vista de la Torre. Esta circunstancia condiciona las mínimas de separación entre llegadas.

Las llegadas se han separado en función del procedimiento de llegada empleado.

Según información proporcionada por la dependencia TWR del Aeropuerto de Bilbao, los porcentajes estimados de utilización de los distintos procedimientos de aproximación son los siguientes:

PROCEDIMIENTO DE APROXIMACIÓN INSTRUMENTAL	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN
APROXIMACIÓN DIRECTA (BISKA)	12.5 %
APROXIMACIÓN DIRECTA (TACHA)	12.5 %
CIRCUITO DE ESPERA BLV	75.0 %

Tabla 7.-PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE APROXIMACIÓN POR INSTRUMENTOS.

Para aquellas aeronaves que realizan la aproximación de circuito de espera sobre el VOR/DME "BLV" se ha considerado el peor de los casos posibles, esto es, cuando dicha aeronave ha sido autorizada a iniciar el procedimiento de aproximación se encuentra en una posición tal, que debe recorrer previamente todo el circuito de espera.

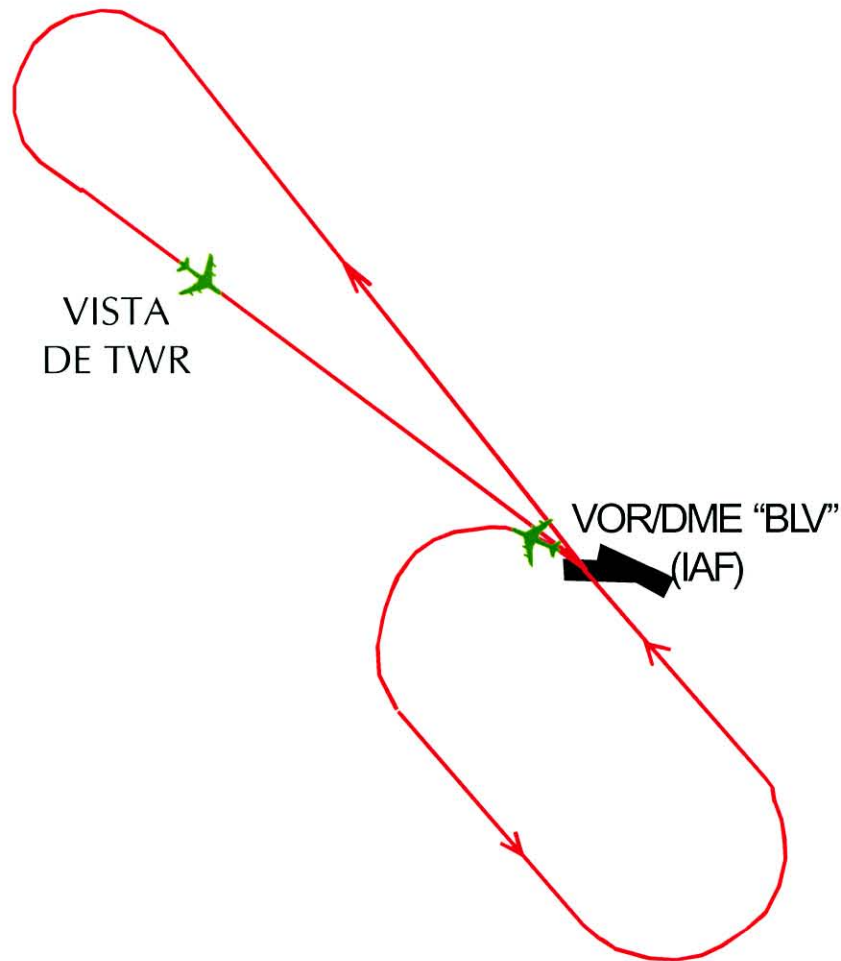


Figura 9.- SECUENCIA DE APROXIMACIÓN UTILIZANDO EL CIRCUITO DE ESPERA BASADO EN EL VOR/DME "BLV".

Se ha realizado una estimación del tiempo que invierten las aeronaves en volar los distintos tramos de la aproximación teniendo en cuenta las distancias involucradas en cada uno de ellos y las velocidades con que se realizan dichas maniobras, calculadas en función del tipo de aeronave y según el Adjunto A a la Parte IV del Doc. 8168 Volumen II.



PROCEDIMIENTO DE APROXIMACIÓN INSTRUMENTAL	TIPO DE AERONAVE	TIEMPO INVERTIDO (AUTORIZACIÓN INICIO DE APROXIMACIÓN – VISTA DE TWR)
APROXIMACIÓN DIRECTA (BISKA)	REACTOR	7´
	TURBOHÉLICE	9´30´´
APROXIMACIÓN DIRECTA (TACHA)	REACTOR	6´
	TURBOHÉLICE	8´20´´
CIRCUITO DE ESPERA BLV	REACTOR	9´40´´
	TURBOHÉLICE	10´

Tabla 8.- TIEMPO INVERTIDO POR LA AERONAVE DESDE QUE SE LE AUTORIZA PARA INICIAR EL PROCEDIMIENTO DE APROXIMACIÓN HASTA QUE ESTA A LA VISTA DE LA TORRE

Separación entre salidas

La separación entre salidas se realiza en función del tipo de aeronave y la SID empleada. Estas separaciones se establecen en tiempo y vienen recogidas en la siguiente tabla:

		AERONAVE SUBSIGUIENTE						
		SID	REACTOR			TURBOHÉLICE		
			AMTOS	BISKA	CEGAM	AMTOS	CALCE	CEGAM
AERONAVE PRECEDENTE	REACTOR	AMTOS	5'	2' 30"	2' 30"	3'	2' 30"	2' 30"
		BISKA	2' 30"	5'	2' 30"	2' 30"	2' 30"	2' 30"
		CEGAM	2' 30"	2' 30"	5'	2' 30"	2' 30"	3'
	TURBOHÉLICE	AMTOS	10'	3'	3'	5'	3'	3'
		CALCE	3'	3'	3'	3'	5'	3'
		CEGAM	3'	5'	10'	3'	3'	5'

Tabla 9.- SEPARACIÓN ENTRE SALIDAS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE AERONAVE Y EL PROCEDIMIENTO DE SALIDA UTILIZADO.



MODELO FUTURO

Se ha diseñado un modelo que representa la operación del Aeropuerto de Bilbao con un nuevo acceso desde la plataforma 2 hasta la cabecera de la pista 12 y empleo exclusivo de dicha plataforma.

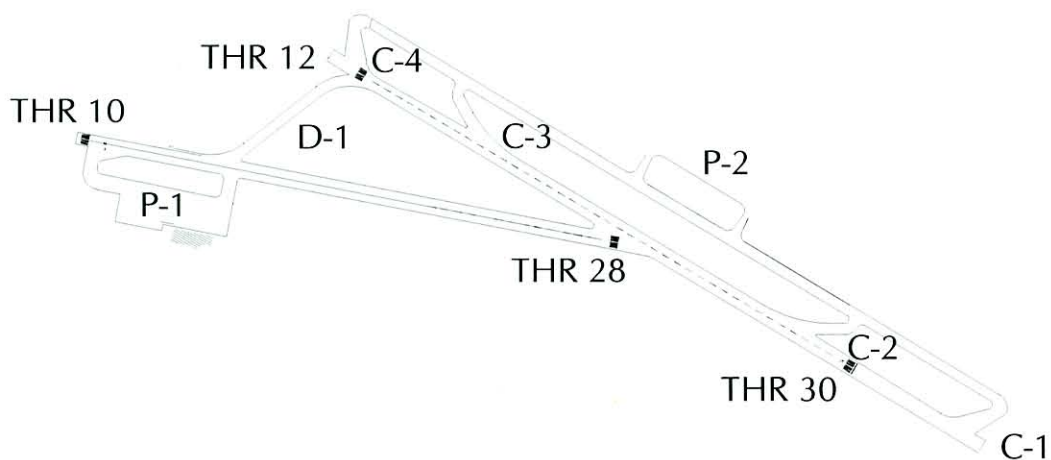


Figura 10.- LADO AIRE DEL AEROPUERTO DE BILBAO. MODELO FUTURO.

Hipótesis particulares

Además de las hipótesis generales a los dos modelos de simulación, se han considerado las siguientes hipótesis particulares:

- Se emplea control radar en el TMA
- Los reactores de tipo medio abandonan la pista por C-1.
- Los turbohélices abandonan la pista por C-2.

A continuación se definen los parámetros de simulación que rigen el funcionamiento del modelo SIMMOD contemplado en este informe.

Separación entre llegadas

Las llegadas se han separado entre sí una distancia suficiente que permita intercalar una salida entre dos de ellas, asegurando que la aeronave que sale sobrevuela el extremo de la pista cuando la siguiente llegada se encuentra a no menos de una milla náutica del umbral.

$$\text{SEPARACIÓN ENTRE LLEGADAS EN EL UMBRAL} = \mathbf{AROT} + \mathbf{DROE} + \mathbf{ATUM}$$

AROT: Tiempo que invierte una aeronave que llega desde que sobrevuela el umbral hasta que libera la pista.

DROE: Tiempo transcurrido desde el inicio de la autorización para despegar hasta que la aeronave sobrevuela el extremo de pista.

ATUM: Tiempo de vuelo empleado por la siguiente llegada en volar la última milla de la aproximación final.

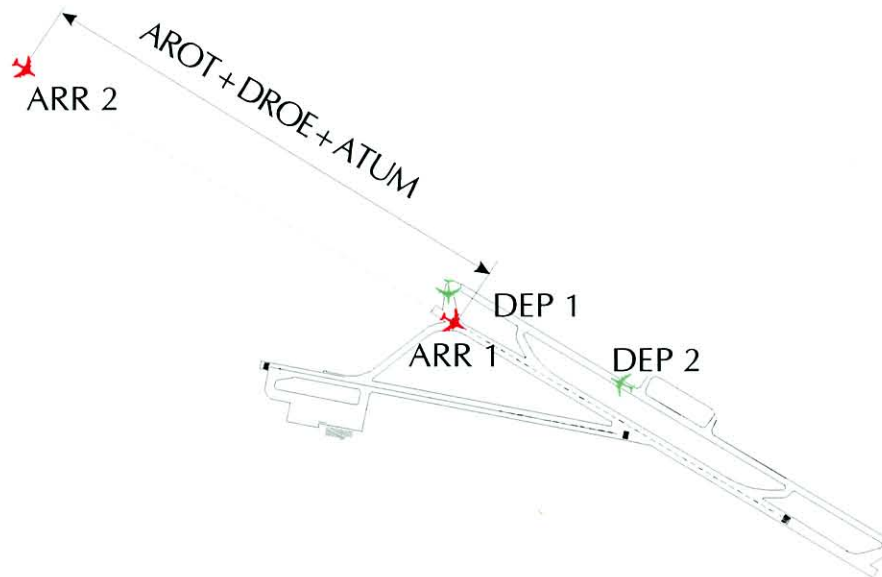


Figura 11.- SEPARACIÓN ENTRE LLEGADAS EN EL UMBRAL.

Los tiempos de ocupación de pista empleados en este modelo se han estimado a partir de los datos del Informe de Resultados de Tiempos de Ocupación de Pistas del PICAP y del análisis de aeropuertos con características geométricas y operativas similares.



Separación entre salidas

La separación entre salidas se realiza en función del tipo de aeronave y la SID empleada, y debe satisfacer las mínimas de separación radar.

Estas separaciones se establecen en tiempo y vienen recogidas en la siguiente tabla:

SEPARACIÓN ENTRE SALIDAS (tiempo)			
AERONAVE		INTERVALO	
PRECEDENTE	SUBSIGUIENTE	MISMA SID	DIFERENTE SID
REACTOR	REACTOR	2´	1´30´´
REACTOR	HÉLICE	1´30´´	1´30´´
HÉLICE	REACTOR	4´	3´
HÉLICE	HÉLICE	2´	1´30´´

Tabla 10.- SEPARACIÓN ENTRE SALIDAS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE AERONAVE Y EL PROCEDIMIENTO DE SALIDA UTILIZADO



ANEXO III:

GRÁFICOS Y TABLAS DE RESULTADOS



ANEXO III.- GRÁFICOS Y TABLAS DE RESULTADOS

A continuación se presentan de forma detallada los resultados obtenidos para los modelos simulados.

MODELO ACTUAL

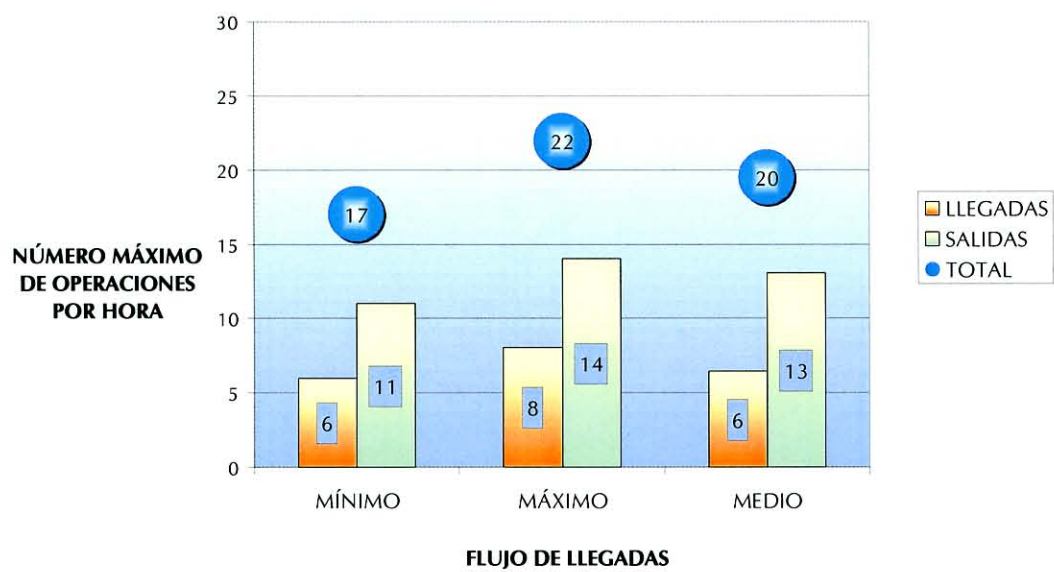


Figura 12.- NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES PARA LOS DISTINTOS FLUJOS DE LLEGADAS.

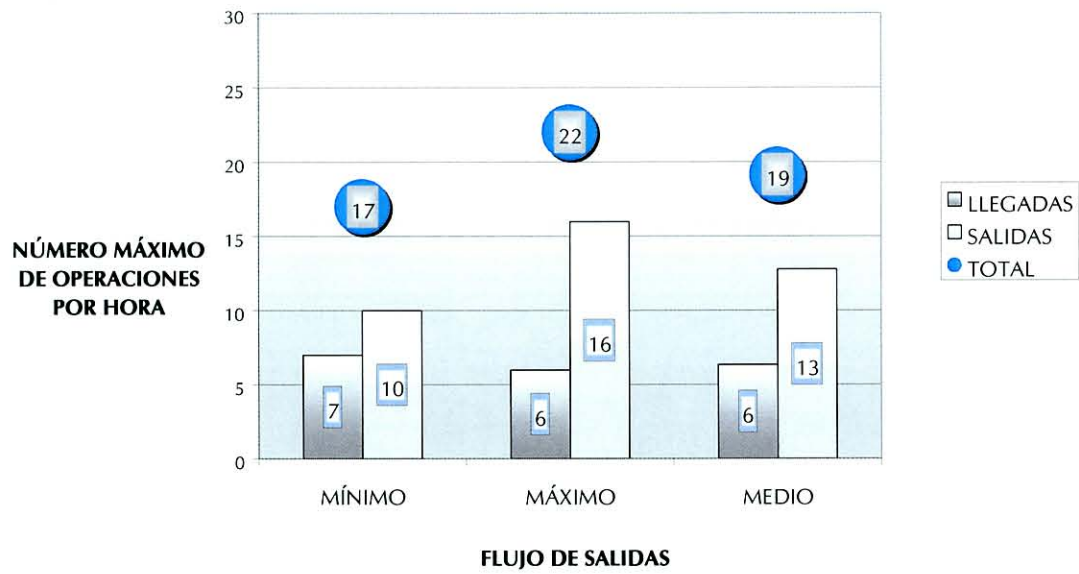


Figura 13.- NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES PARA LOS DISTINTOS FLUJOS DE SALIDAS.

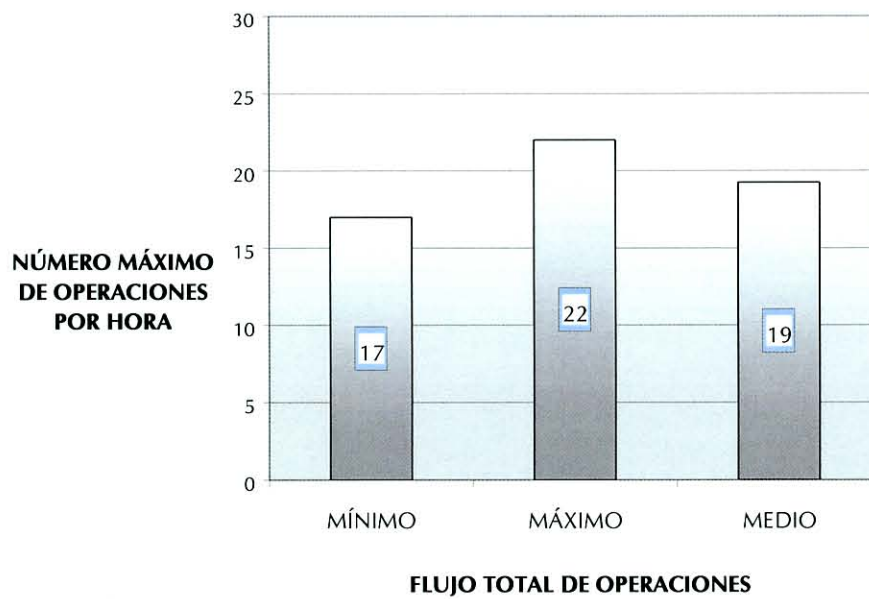


Figura 14.- FLUJO TOTAL DE OPERACIONES.



Resultados del modelo ACTUAL

En la siguiente tabla se presentan los valores de rendimiento máximo de pista obtenidos:

RESULTADOS DEL MODELO ACTUAL			
MEZCLA Y DISTRIBUCIÓN DE TRÁFICO			
	FAVORABLE	DESFAVORABLE	<i>MEDIA</i>
OPERACIONES DE LLEGADA	8	6	<i>6.5</i>
OPERACIONES DE SALIDA	16	10	<i>12.8</i>
OPERACIONES TOTALES	22 (7 A, 15 D)*	17 (6 A, 11 D)*	<i>19.3</i>

Tabla 11.- VALORES DE RENDIMIENTO OBTENIDOS PARA EL MODELO ACTUAL.

A = llegadas, D = salidas.

MODELO FUTURO

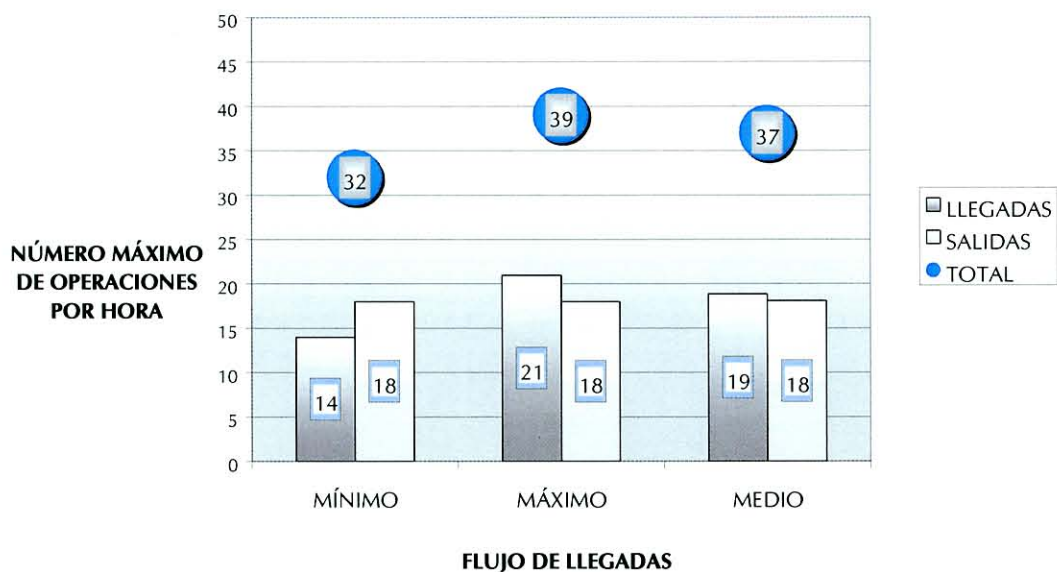


Figura 15.- NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES PARA LOS DISTINTOS FLUJOS DE LLEGADAS.

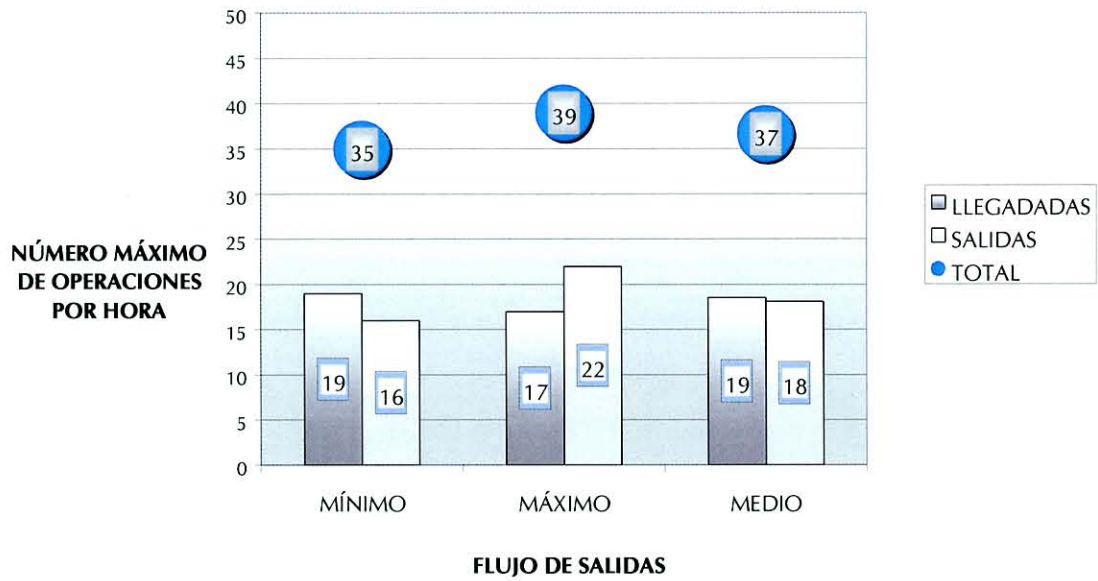


Figura 16.- NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES PARA LOS DISTINTOS FLUJOS DE SALIDAS.

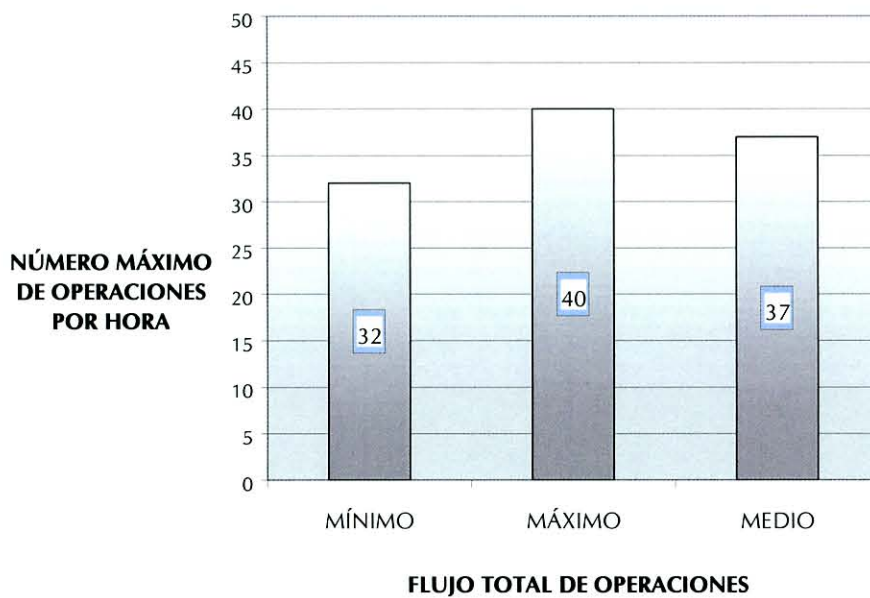


Figura 17.- FLUJO TOTAL DE OPERACIONES.



Resultados del modelo FUTURO

En la siguiente tabla se presentan los valores de rendimiento máximo de pista obtenidos:

	RESULTADOS DEL MODELO ACTUAL		
	MEZCLA Y DISTRIBUCIÓN DE TRÁFICO		
	FAVORABLE	DESFAVORABLE	<i>MEDIA</i>
OPERACIONES DE LLEGADA	21	14	<i>18.9</i>
OPERACIONES DE SALIDA	22	16	<i>18.2</i>
OPERACIONES TOTALES	40 (20 A, 20 D)*	32 (14 A, 18 D)*	<i>37.0</i>

Tabla 12.- VALORES DE RENDIMIENTO OBTENIDOS PARA EL MODELO FUTURO.

A = llegadas, D = salidas.



**SIMULACIÓN EN TIEMPO ACELERADO DEL
AEROPUERTO DE BILBAO-SONDIKA.
MODELO ACTUAL
CONFIGURACIÓN RWY 30 A+D**



ÍNDICE

	Página
1.- INTRODUCCIÓN.....	3
2.- OBJETO	3
3.- RENDIMIENTO MÁXIMO DE PISTA	3
4.- ESCENARIO.....	3
4.1.- CONFIGURACIÓN DE AERÓDROMO	3
4.2.- MÍNIMAS DE SEPARACIÓN	4
4.3.- CONDICIONES METEOROLÓGICAS	4
4.4.- MEZCLA Y DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO	5
5.- ALCANCE Y METODOLOGÍA	5
6.- VALOR DE LAS CONCLUSIONES.....	6
7.- RESUMEN EJECUTIVO	6
8.- FUENTES DE INFORMACIÓN	8
9.- DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO A ESTUDIAR.....	8
9.1.- HIPÓTESIS GENERALES.....	8
9.2.- DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL MODELO DE SIMULACIÓN	10
ANEXO I.- DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO	
ANEXO II.- DESCRIPCIÓN DE LA CARGA DE TRÁFICO UTILIZADA	
ANEXO III.- PARÁMETROS DE SIMULACIÓN	
ANEXO IV.- GRÁFICOS Y TABLAS DE RESULTADOS	

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.- MÍNIMAS DE SEPARACIÓN ENTRE SALIDAS POR ESTELA TURBULENTA. (REGLAMENTO DE CIRCULACIÓN AÉREA).....	4
Tabla 2.- VALORES DE RENDIMIENTO MÁXIMO DE PISTA.	7
Tabla 3.-PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE APROXIMACIÓN POR INSTRUMENTOS.	11
Tabla 4.- TIEMPO INVERTIDO POR LA AERONAVE DESDE QUE ES AUTORIZADA PARA INICIAR EL PROCEDIMIENTO DE APROXIMACIÓN HASTA QUE ALCANZA EL FAF.....	12
Tabla 5.- SEPARACIÓN ENTRE SALIDAS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE AERONAVE Y EL PROCEDIMIENTO DE SALIDA UTILIZADO.	14
Tabla 6.- VALORES DE RENDIMIENTO OBTENIDOS PARA EL MODELO ACTUAL.	15
Tabla 7.- PORCENTAJES DE UTILIZACIÓN DE LAS CALLES DE SALIDA.	A.II.2
Tabla 8.- DISTRIBUCIÓN DE LA FLOTA SEGÚN EL TIPO DE AERONAVE.	A.II.2
Tabla 9.- UTILIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SALIDA (SID).	A.II.3



ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.- SECUENCIA LLEGADA – SALIDA.	10
Figura 2.- SECUENCIA DE APROXIMACIÓN UTILIZANDO EL CIRCUITO DE ESPERA BASADO EN EL PUNTO 18 DME BLV.	12
Figura 3.- LADO TIERRA DEL AEROPUERTO DE BILBAO.	A.I.1
Figura 4.- PROCEDIMIENTOS DE SALIDA (SID) POR LA PISTA 30.	A.I.2
Figura 5.- PROCEDIMIENTOS DE APROXIMACIÓN POR INSTRUMENTOS.	A.I.3
Figura 6.- RANGO DE VELOCIDADES (IAS) PARA REACTORES.	A.III.1
Figura 7.- RANGO DE VELOCIDADES (IAS) PARA TURBOHÉLICES.	A.III.1
Figura 8.-DEFINICIÓN DEL PPA.	A.III.2
Figura 9.- NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES PARA LOS DISTINTOS FLUJOS DE LLEGADAS.	A.IV.1
Figura 10.- NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES PARA LOS DISTINTOS FLUJOS DE SALIDAS.	A.IV.2
Figura 11.- FLUJO TOTAL DE OPERACIONES.	A.IV.2



1.- INTRODUCCIÓN

De los diferentes elementos que intervienen en la capacidad aeroportuaria, la pista es el factor más escaso, esencial y valioso. La construcción de nuevas pistas o aeródromos que den cabida a la demanda creciente del tránsito es una medida extremadamente compleja y por tanto incapaz de aportar soluciones a los problemas de capacidad a corto o medio plazo. Es, por tanto, fundamental asegurar que en los grandes aeropuertos, donde demanda y capacidad conviven en un delicado equilibrio, las operaciones en las pistas existentes se desarrollen a un nivel de eficiencia apropiado y en beneficio de todos los usuarios.

2.- OBJETO

Este documento tiene como objeto estudiar el rendimiento máximo de pista del Aeropuerto de Bilbao en Configuración de Pista 30 para Llegadas y Salidas, mediante simulación en tiempo acelerado.

3.- RENDIMIENTO MÁXIMO DE PISTA

El término rendimiento máximo de pista, utilizado a lo largo de este documento, se define como el número máximo de operaciones por hora que pueden efectuarse en función de las condiciones meteorológicas, los procedimientos ATC aplicados y la mezcla y distribución del tráfico, sin considerar el nivel de demora generado.

4.- ESCENARIO

4.1.- CONFIGURACIÓN DE AERÓDROMO

El escenario reproduce la Configuración de Pista 30 para Llegadas y Salidas del Aeropuerto de Bilbao, con las infraestructuras y procedimientos operativos actuales.

El escenario simulado se basa en la descripción que el AIP hace de la pista 30. La situación y distribución de las calles de salida se encuentra recogida en el ANEXO I.



4.2.- MÍNIMAS DE SEPARACIÓN

4.2.1.- Entre llegadas

Por tratarse de un entorno no-radar, se considera que las sucesivas aeronaves reciben autorización para aproximación cuando la aeronave precedente está en comunicación con la torre, a la vista de ésta, y haya razón para creer que podrá efectuar un aterrizaje normal. (RCA 4.4.12.1.2.b.)

4.2.2.- Entre salidas

La tabla donde se indica la separación entre salidas aplicada aparece recogida en el apartado 9.2.2.

Dichas separaciones no deben ser inferiores a las mínimas de separación que establece el Reglamento de Circulación Aérea por razones de estela turbulenta.

AERONAVE PRECEDENTE	AERONAVE SUBSIGUIENTE		
	PESADO	MEDIO	LIGERO
PESADO	-	2 minutos	2 minutos
MEDIO	-	-	2 minutos
LIGERO	-	-	-

**Tabla 1.- MÍNIMAS DE SEPARACIÓN ENTRE SALIDAS POR ESTELA TURBULENTO.
(REGLAMENTO DE CIRCULACIÓN AÉREA).**

En el ANEXO I aparecen detallados los procedimientos de salida (SID) que se han introducido en el escenario formando parte del espacio aéreo considerado en este estudio.

4.3.- CONDICIONES METEOROLÓGICAS

La experiencia ha demostrado que en condiciones de vuelo visual el número de operaciones registradas es, a menudo, sensiblemente superior a las que se producen en otras condiciones meteorológicas menos favorables. Ello es debido a que en tales condiciones visuales es posible aplicar ciertos procedimientos de control que bajo el principio de "ver y ser visto" reducen, sin perjuicio de la seguridad, la separación entre aeronaves y consecuentemente aumentan la capacidad.



Sin embargo, una mínima prudencia y rigurosidad aconsejan no considerar como elementos habituales del escenario aquellas condiciones excepcionalmente favorables cuya presencia no puede asegurarse, especialmente en invierno, por lo que el escenario elegido considera que las operaciones se desarrollan bajo condiciones de vuelo instrumental.

4.4.- MEZCLA Y DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO

Para la determinación del número máximo de operaciones por hora, se ha empleado una **carga de tráfico de saturación**. La carga de tráfico se ha construido a partir de los datos, relativos al Aeropuerto de Bilbao, extraídos de CONOPER correspondientes al periodo 01/01/98 – 12/07/98, conservándose las proporciones, según el tipo de aeronave, y asegurando una demanda que mantenga al aeródromo funcionando constantemente a la máxima capacidad posible, es decir, que siempre exista una aeronave preparada para iniciar la carrera de despegue y una aeronave esperando comenzar la secuencia de aproximación.

El porcentaje de utilización de los procedimientos de salida (SID) se ha determinado a partir de los datos reales extraídos de las fichas de torre correspondientes al periodo 13/04/98 – 20/04/98.

5.- ALCANCE Y METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente informe se han utilizado los datos proporcionados por la herramienta de simulación en tiempo acelerado SIMMOD v2.2 sobre una Estación de Trabajo Apollo 700 de la firma comercial Hewlett Packard.

Esta herramienta simula de forma realista el movimiento de todas las aeronaves que evolucionan tanto en el aeropuerto como en el espacio aéreo, resolviendo los posibles conflictos y conservando la memoria temporal de cada vuelo durante su desarrollo en ruta y en tierra. A partir de estos registros, SIMMOD proporciona valores de flujo de aeronaves en el aeropuerto, tiempo de vuelo de las aeronaves, demoras y consumo de combustible.

El escenario de estudio abarca el volumen de Espacio Aéreo que comprende las proximidades del aeródromo, así como la pista y sus calles de acceso y de salida. No se contemplan el resto de rodaduras, plataformas y Espacio Aéreo colateral por no ser objeto de este estudio.

El estudio se centra en obtener la capacidad de pista del Aeropuerto de Bilbao – Sondika, sometido a una carga de tráfico de saturación.



Para ello se han utilizado parámetros reales de la operación de Sondika, obtenidos a partir de 1009 tomas de operaciones, extraídos de los datos del Programa de Investigación de Capacidad de Pista (PICAP) y que representan la realidad operativa del aeropuerto (ANEXO II).

El efecto restrictivo de la carga de trabajo del controlador sobre la capacidad no se ha considerado en este estudio.

6.- VALOR DE LAS CONCLUSIONES

En todo momento, los resultados que se reflejan en este documento deben ser interpretados como una aproximación a la realidad operativa del aeropuerto. Por lo tanto, en ningún caso se puede asegurar cuál será la realidad de la operación en otras circunstancias que no sean exactamente las mismas que contempla la simulación.

7.- RESUMEN EJECUTIVO

Del modelo simulado se obtienen 70 valores (correspondientes a 70 horas simuladas), que determinan el intervalo de variación del rendimiento de pista en función de la mezcla de tráfico y distribución horaria del mismo. Los valores que caracterizan cada modelo son:

- VALOR MÁXIMO DEL RENDIMIENTO: Número máximo de operaciones por hora que se ha obtenido en el intervalo. Este valor se corresponde con la secuencia de tráfico (mezcla y distribución) más **favorable**.
- VALOR MÍNIMO DEL RENDIMIENTO: Número mínimo de operaciones por hora que se ha obtenido en el intervalo. Este valor se corresponde con la secuencia de tráfico (mezcla y distribución) más **desfavorable**.
- RENDIMIENTO MEDIO: Valor **medio** del rendimiento de pista para cada modelo.
- VALOR MODAL: **Moda** del conjunto de valores obtenidos en el intervalo.

La Tabla 2 recoge los valores definidos para cada tipo de operación (DEP, ARR y TOTAL). Estos valores son independientes entre sí, ya que se han producido como consecuencia de secuencias de tráfico diferentes (horas de simulación diferentes).

De los resultados obtenidos se concluye que, el Aeropuerto de Bilbao, en Configuración de Pista 30 para Llegadas y Salidas y con los procedimientos operativos actuales, sometido a carga de tráfico de saturación presenta:

- Un rendimiento medio de pista de 18 operaciones por hora.
- La posibilidad de operar con un flujo medio de 7 llegadas y 11 salidas.

	MEZCLA Y DISTRIBUCIÓN DE TRÁFICO	MODELO ACTUAL
OPERACIONES TOTALES	FAVORABLE	21 (8 A, 13 D)
	DESFAVORABLE	16 (6 A, 10 D)
	MEDIO	18.3
	MODA	18 (7 A, 11 D)
OPERACIONES DE LLEGADA	FAVORABLE	8
	DESFAVORABLE	6
	MEDIO	6.8
OPERACIONES DE SALIDA	FAVORABLE	14
	DESFAVORABLE	9
	MEDIO	11.5

Tabla 2.- VALORES DE RENDIMIENTO MÁXIMO DE PISTA.



8.- FUENTES DE INFORMACIÓN

Los datos de partida utilizados para la definición del modelo de simulación se han obtenido de las siguientes fuentes:

- Datos de tráfico y operación reales tomados del Informe de Resultados de Tiempos de Ocupación de Pista del PICAP (Programa de Investigación de Capacidad de Pista) acerca de la Operación en el Aeropuerto de Bilbao - Sondika.
- Datos de tráfico y operación reales correspondientes al periodo 01/01/98-12/07/98 extraídos de CONOPER.
- Fichas de operaciones de Torre del 13/04/98 al 20/04/98.
- Datos geométricos y operativos del Aeropuerto de Bilbao - Sondika (AIP, Publicación de Información Aeronáutica).
- Reglamento de Circulación Aérea.
- Documento 8168 PANS-OPS, Volumen II.
- Jane's All the World Aircrafts (1996-97).
- Base de datos de Performance de Aeronaves para las herramientas de simulación SIMMOD e INM (FAA, ed. 1997).

9.- DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO A ESTUDIAR

Se ha introducido en la herramienta SIMMOD el escenario que reproduce el volumen de Espacio Aéreo responsabilidad de Bilbao APP/TWR, las pistas y sus calles de acceso y de salida en Configuración de Pista 30 para Llegadas y Salidas.

Sobre este escenario básico se ha definido el modelo que estudia los supuestos planteados.

9.1.- HIPÓTESIS GENERALES

Para el modelo de simulación generado se han considerado las siguientes hipótesis generales:

- Todos los aterrizajes y despegues se realizan por la pista 30
- La geometría de las calles de rodaje es tal que no permite ni los adelantamientos durante la rodadura, ni en la cola de salida.
- No se han considerado los sobrevuelos del TMA de Bilbao, si bien, por tratarse de un entorno no radar, incrementan notablemente la carga de trabajo del ATC.



- No se han considerado aeronaves que operan con procedimientos visuales.
- Se han respetado los requerimientos de separación que prescribe el Reglamento de Circulación Aérea.
- Tiempo medio requerido para expedir la autorización de despegue: 8 segundos.
- A partir de datos reales se ha determinado, mediante ponderación, un tiempo medio de reacción del piloto, para iniciar la carrera de despegue, de 8 segundos.

9.2.- DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Se ha diseñado un modelo que representa el funcionamiento actual del Aeropuerto de Bilbao considerando que todas las operaciones se realizan por la pista 30.

En este modelo todas las aeronaves que van a despegar realizan la rodadura por la pista 10 para, posteriormente y una vez han sido autorizadas, efectuar un BACK TRACK hasta el umbral de la pista 30 para, desde allí, iniciar el despegue.

Por otro lado debido al bajo porcentaje de aeronaves que, en las llegadas, abandonan la pista por el cruce, se ha considerado que todas abandonan la misma por la calle D-1.

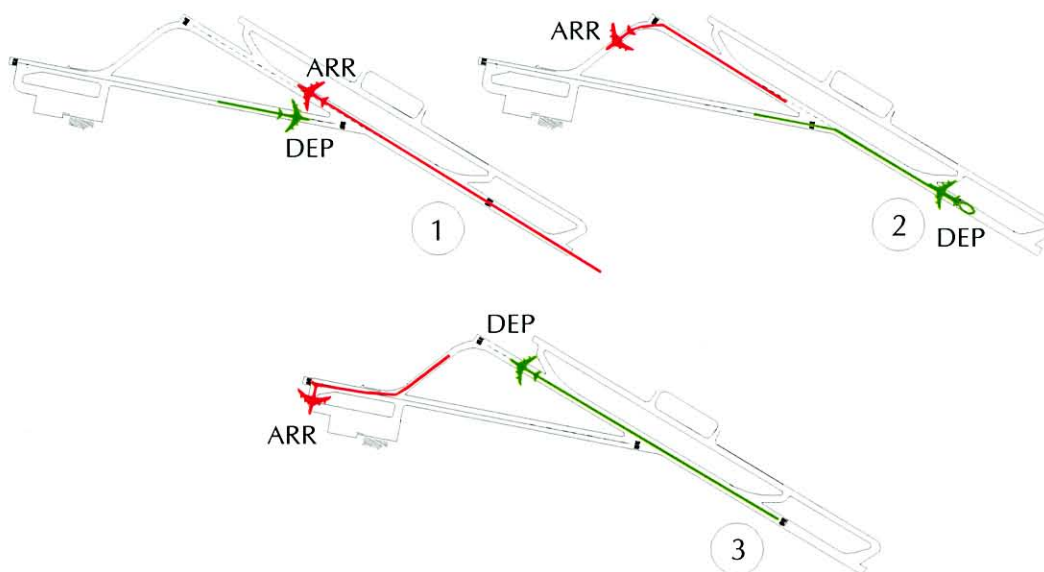


Figura 1.- SECUENCIA LLEGADA – SALIDA.



A continuaci3n se definen los par3metros de simulaci3n que rigen el funcionamiento del modelo SIMMOD contemplado en este informe.

9.2.1.- Separaci3n entre llegadas

Por tratarse de un entorno no-radar, una aeronave puede ser autorizada a iniciar la aproximaci3n instrumental cuando la precedente est3 a la vista de la Torre. Esta circunstancia condiciona las m3nimas de separaci3n entre llegadas.

Las llegadas se han separado en funci3n del procedimiento de llegada empleado. En el ANEXO I se recogen los procedimientos de aproximaci3n instrumental para la pista 30.

Seg3n informaci3n proporcionada por la TWR del Aeropuerto de Bilbao, los porcentajes estimados de utilizaci3n de los distintos procedimientos de aproximaci3n son los siguientes:

PROCEDIMIENTO DE APROXIMACI3N INSTRUMENTAL	PORCENTAJE DE UTILIZACI3N
APROXIMACI3N DIRECTA (LEKTO)	25.0 %
CIRCUITO DE ESPERA A 18 DME	75.0 %
CIRCUITO DE ESPERA BLV	-

Tabla 3.-PORCENTAJE DE UTILIZACI3N DE LOS PROCEDIMIENTOS DE APROXIMACI3N POR INSTRUMENTOS.

Para aquellas aeronaves que realizan la aproximación de Circuito de Espera a 18 DME se ha considerado el peor de los casos posibles, esto es, cuando dicha aeronave ha sido autorizada a iniciar el procedimiento de aproximación se encuentra en una posición tal que para realizarla debe recorrer previamente todo el circuito de espera.

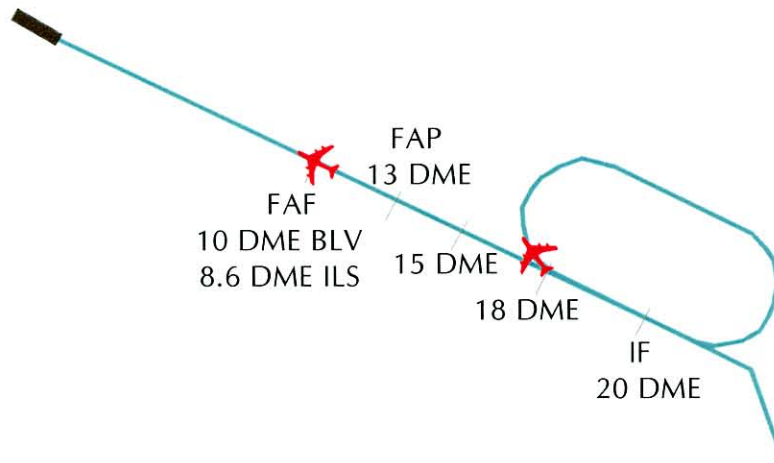


Figura 2.- SECUENCIA DE APROXIMACIÓN UTILIZANDO EL CIRCUITO DE ESPERA BASADO EN EL PUNTO 18 DME BLV.

Se ha realizado una estimación del tiempo que invierten las aeronaves en volar los distintos tramos de la aproximación teniendo en cuenta las distancias involucradas en cada uno de ellos y las velocidades con que se realizan dichas maniobras, calculadas en función del tipo de aeronave y según el Adjunto A a la Parte IV del Doc. 8168 Volumen II.

PROCEDIMIENTO DE APROXIMACIÓN INSTRUMENTAL	TIPO DE AERONAVE	TIEMPO INVERTIDO (AUTORIZACIÓN INICIO DE APROXIMACIÓN - FAF)
APROXIMACIÓN DIRECTA	REACTOR	5'30''
	TURBOHÉLICE	7'30''
CIRCUITO DE ESPERA A 18 DME	REACTOR	9'
	TURBOHÉLICE	10'

Tabla 4.- TIEMPO INVERTIDO POR LA AERONAVE DESDE QUE ES AUTORIZADA PARA INICIAR EL PROCEDIMIENTO DE APROXIMACIÓN HASTA QUE ALCANZA EL FAF.



9.2.2.- Separación entre salidas

Los procedimientos de salida correspondientes a la pista 30 se recogen en el ANEXO I.

La separación entre salidas se realiza en función del tipo de aeronave y la SID empleada, y se basan en las disposiciones del Reglamento de Circulación Aérea (4.4.3).

En aquellos casos en los que no existen reglas específicas se han aplicado separaciones basadas en puntos significativos de la derrota de salida.

Estas separaciones se establecen en tiempo y vienen recogidas en la siguiente tabla:

		AERONAVE SUBSIGUIENTE						
		SID	REACTOR			TURBOHÉLICE		
			AMTOS	BISKA	CEGAM	AMTOS	CALCE	CEGAM
AERONAVE PRECEDENTE	REACTOR	AMTOS	5'	2' 30"	2' 30"	3'	2' 30"	2' 30"
		BISKA	2' 30"	5'	2' 30"	2' 30"	2' 30"	2' 30"
		CEGAM	2' 30"	2' 30"	5'	2' 30"	2' 30"	3'
	TURBOHÉLICE	AMTOS	10'	3'	3'	5'	3'	3'
		CALCE	3'	3'	3'	3'	5'	3'
		CEGAM	3'	5'	10'	3'	3'	5'

Tabla 5.- SEPARACIÓN ENTRE SALIDAS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE AERONAVE Y EL PROCEDIMIENTO DE SALIDA UTILIZADO.





9.2.3.- Resultados del MODELO ACTUAL

En la siguiente tabla se presentan los valores de capacidad obtenidos:

RESULTADOS DEL MODELO ACTUAL			
MEZCLA Y DISTRIBUCIÓN DE TRÁFICO			
	FAVORABLE	DESFAVORABLE	<i>MEDIA</i>
OPERACIONES DE LLEGADA	8	6	<i>6.8</i>
OPERACIONES DE SALIDA	14	9	<i>11.5</i>
OPERACIONES TOTALES	21 (8 A, 13 D)*	16 (6 A, 10 D)*	<i>18.3</i>

Tabla 6.- VALORES DE RENDIMIENTO OBTENIDOS PARA EL MODELO ACTUAL.

* A = llegadas, D = salidas.



ANEXO I:

DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO

ANEXO I.- DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO

Se ha introducido en la herramienta SIMMOD el escenario físico (lado tierra) que reproduce las pistas, los accesos a las mismas y las calles de salida del Aeropuerto de Bilbao.

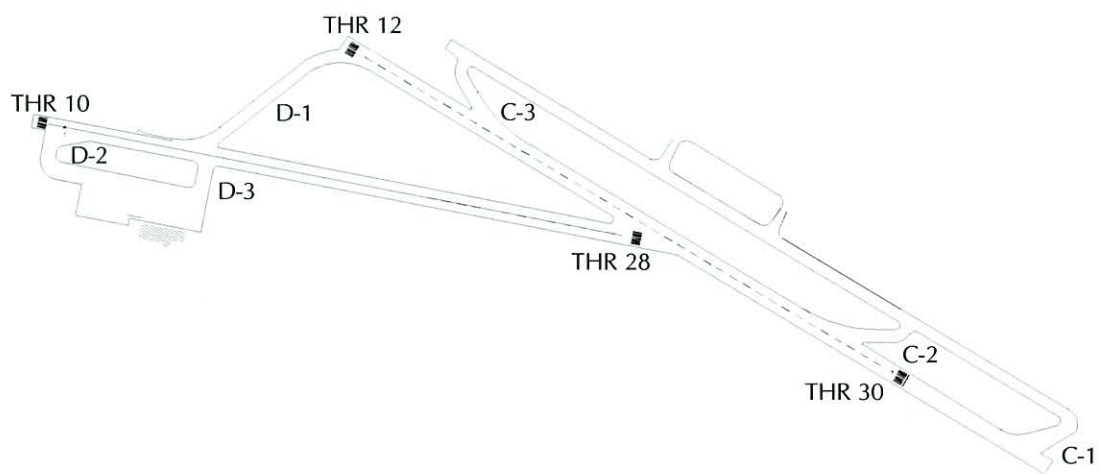


Figura 3.- LADO TIERRA DEL AEROPUERTO DE BILBAO



Se ha creado una base de datos en la que se recogen todas las radioayudas y puntos de notificación correspondientes al espacio aéreo español. Dicha base de datos se ha introducido en la herramienta SIMMOD, y con ella se han reproducido los procedimientos SID, publicados en el AIP, operativos actualmente para las salidas por ambas pistas.

SID (STANDARD INSTRUMENT DEPARTURE) PISTA 30:

1. CALCE 1A
2. TACHA 1A
3. BSKA 1A
4. CEGAM 2A
5. AMTOS 1A
6. AMTOS 1C

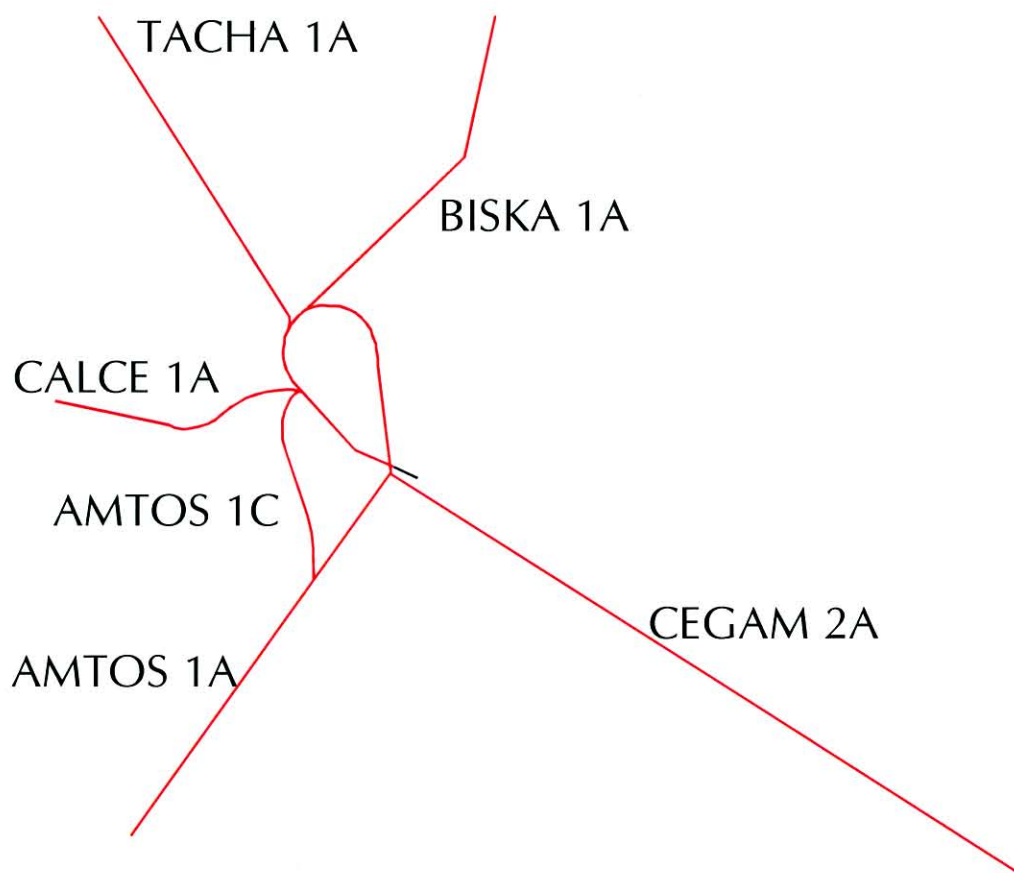


Figura 4.- PROCEDIMIENTOS DE SALIDA (SID) POR LA PISTA 30



PROCEDIMIENTOS DE APROXIMACIÓN POR INSTRUMENTOS A LA PISTA 30

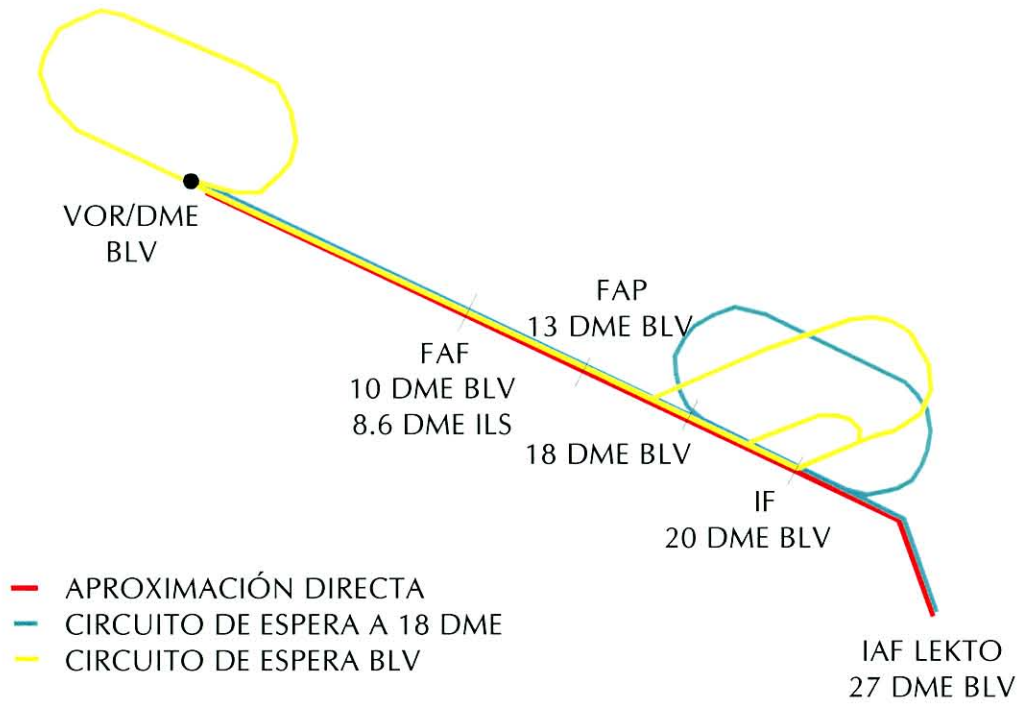


Figura 5.- PROCEDIMIENTOS DE APROXIMACIÓN POR INSTRUMENTOS.



ANEXO II:

DESCRIPCIÓN DE LA CARGA DE TRÁFICO UTILIZADA



ANEXO II.- DESCRIPCIÓN DE LA CARGA DE TRÁFICO UTILIZADA

Para construir la carga de tráfico se ha utilizado la información obtenida con:

- El Informe de Resultados de Tiempos de Ocupación de Pista del PICAP (Programa de Investigación de Capacidad de Pista) acerca de la Operación en el Aeropuerto de Bilbao.
 - Tiempo al cruce de pistas (AROX): Tiempo transcurrido desde que la llegada sobrevuela el umbral de la pista hasta que rebasa el cruce de pistas.
 - Tiempo de ocupación de pista (AROT): Tiempo transcurrido desde que la llegada sobrevuela el umbral de la pista hasta que la abandona.
 - Tiempo empleado por las salidas en efectuar la rodadura por la pista 30 (BACK TRACK).
 - Tiempo al Extremo de Pista (DROE): Tiempo transcurrido desde el inicio de la transmisión de la autorización de despegue, por parte del ATC, hasta que la aeronave que ha despegado cruza el extremo de pista.
 - Utilización de las calles de salida, por los distintos tipos de aeronaves que llegan.

Las aeronaves se distinguen según los criterios de estela turbulenta que establece el Reglamento de Circulación Aérea:

- Aeronave Ligera: $MTOW \leq 7000 \text{ Kg}$
- Aeronave Media: $7000 \text{ Kg} < MTOW \leq 136.000 \text{ Kg}$
- Aeronave Pesada: $MTOW \geq 136000 \text{ Kg}$



Esta clasificación permite establecer una distinción entre tipos de aeronaves según la categoría de estela y la calle de salida empleada para abandonar la pista:

	CALLE DE SALIDA	PORCENTAJE SOBRE EL TOTAL DE LLEGADAS
MEDIA con motor REACTOR	D-1	64.80
	THR 28	0.75
MEDIA con motor TURBOHÉLICE	D-1	33.33
	THR 28	0.56
LIGERA	THR 28	0.56

Tabla 7.- PORCENTAJES DE UTILIZACIÓN DE LAS CALLES DE SALIDA.

- Con los datos extraídos de CONOPER se ha obtenido la composición del tráfico que opera en el Aeropuerto de Bilbao. La muestra empleada corresponde a las operaciones registradas en el periodo comprendido en los días 01/01/98 y 12/07/98.

La muestra analizada tiene un volumen de 16659 operaciones (8348 Llegadas + 8311 Salidas). Distinguiendo entre el tipo de estela turbulenta y el motor empleado, se obtiene la siguiente clasificación:

TIPO DE AERONAVE	NÚMERO	PORCENTAJE SOBRE EL TOTAL DE AERONAVES
PESADA	25	0.30
MEDIA con motor de REACCIÓN	4931	59.07
MEDIA con motor TURBOHÉLICE	3026	36.25
LIGERA	366	4.50

Tabla 8.- DISTRIBUCIÓN DE LA FLOTA SEGÚN EL TIPO DE AERONAVE.



- De las fichas de operaciones de Torre se han determinado los porcentajes de utilización de las distintas SID correspondientes a la pista 30, en función del tipo de motor:

TIPO DE MOTOR	PROCEDIMIENTO DE SALIDA UTILIZADO (PORCENTAJE)			
	AMTOS	BISKA	CALCE	CEGAM
REACTOR	38.20	27.60	-	34.20
TURBOHÉLICE	21.50	-	26.20	52.30

Tabla 9.- UTILIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SALIDA (SID).

En esta clasificación no se han tenido en cuenta las aeronaves de tipo ligero debido a que operan por la pista 10/28.



ANEXO III:

PARÁMETROS DE SIMULACIÓN

ANEXO III.- PARÁMETROS DE SIMULACIÓN

En este apartado se detallan las variables, introducidas en la herramienta SIMMOD, que definen la velocidad de las aeronaves y los procedimientos que rigen su comportamiento al interaccionar con el resto del tráfico.

VELOCIDAD DE LAS AERONAVES

En el modelo simulado se han empleado rangos de velocidades diferentes en función del tipo de motor de las aeronaves.

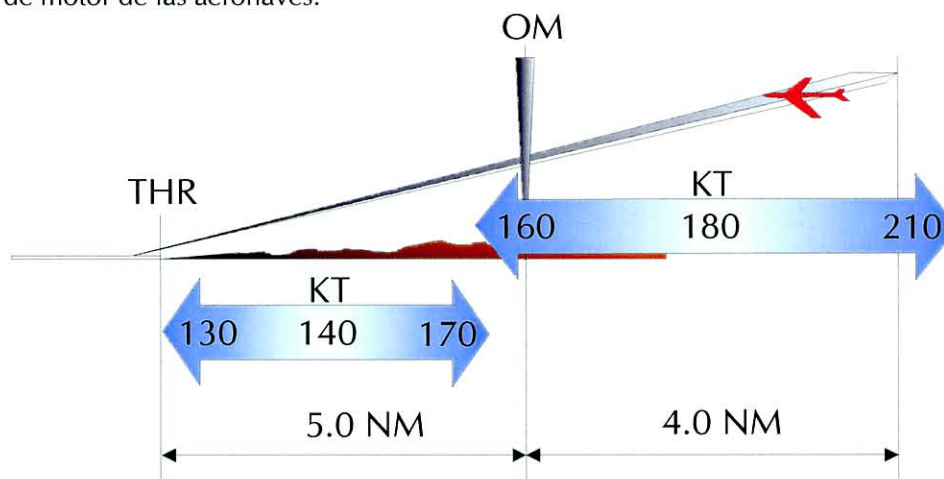


Figura 6.- RANGO DE VELOCIDADES (IAS) PARA REACTORES.

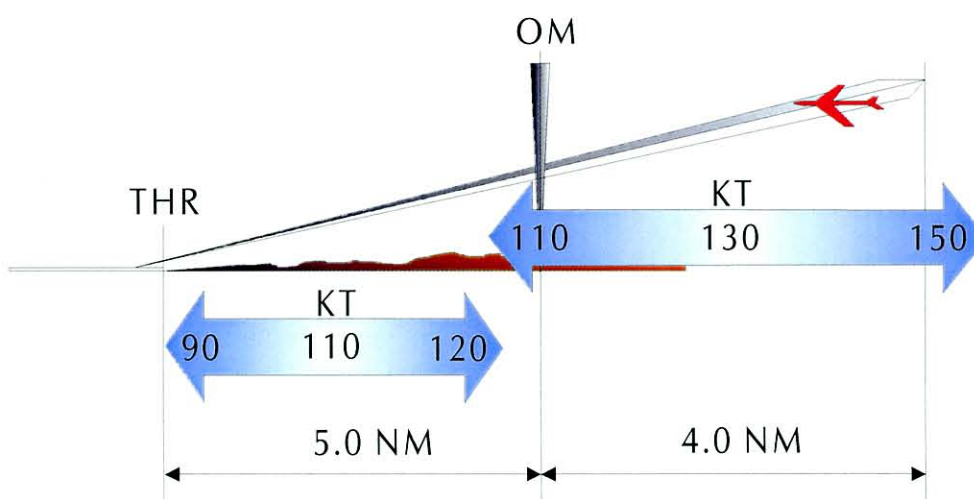


Figura 7.- RANGO DE VELOCIDADES (IAS) PARA TURBOHÉLICES.



PUNTO DE PERMISO PARA ATERRIZAR (PPA)

El PPA es un punto imaginario en la trayectoria de aproximación final creado a efectos de simulación y situado a una milla náutica del umbral de la pista.

Se considera que la autorización para aterrizar se concede cuando la aeronave que llega se encuentra en de dicho punto o antes.

ATUM: Tiempo empleado en volar la última milla de la aproximación final.

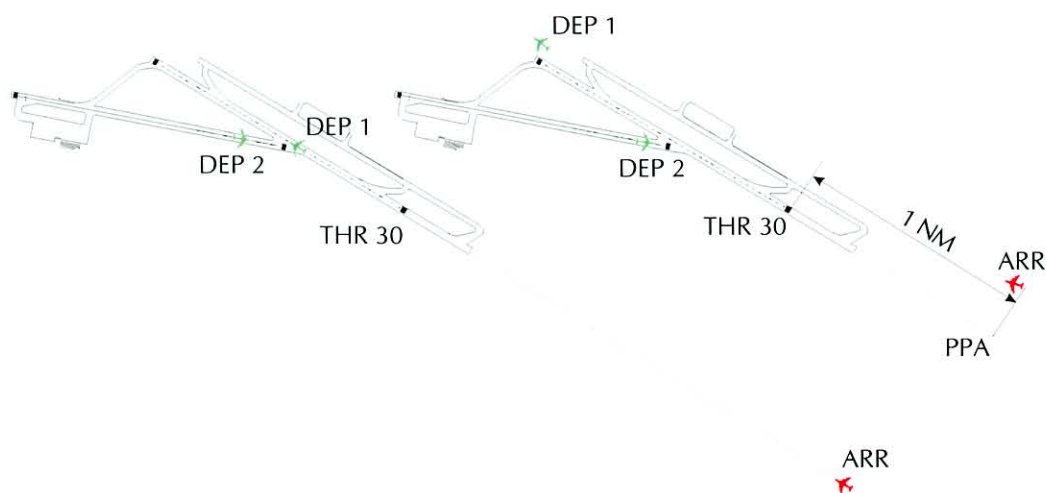


Figura 8.-DEFINICIÓN DEL PPA.



ANEXO IV:

GRÁFICOS Y TABLAS DE RESULTADOS



ANEXO IV.- GRÁFICOS Y TABLAS DE RESULTADOS

A continuación se presentan de forma detallada los resultados obtenidos para el modelo simulado.

MODELO ACTUAL

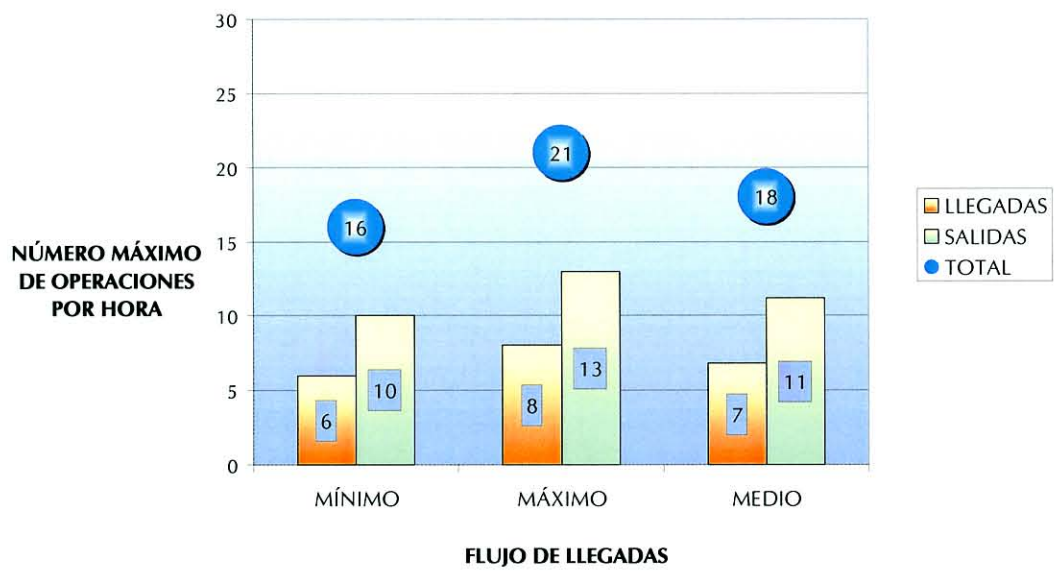


Figura 9.- NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES PARA LOS DISTINTOS FLUJOS DE LLEGADAS.

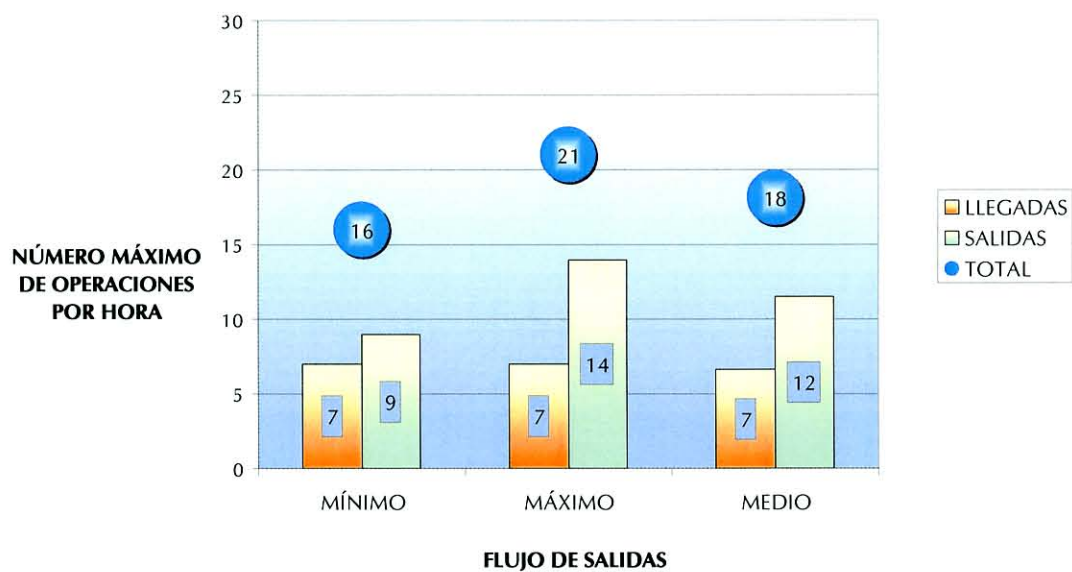


Figura 10.- NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES PARA LOS DISTINTOS FLUJOS DE SALIDAS.

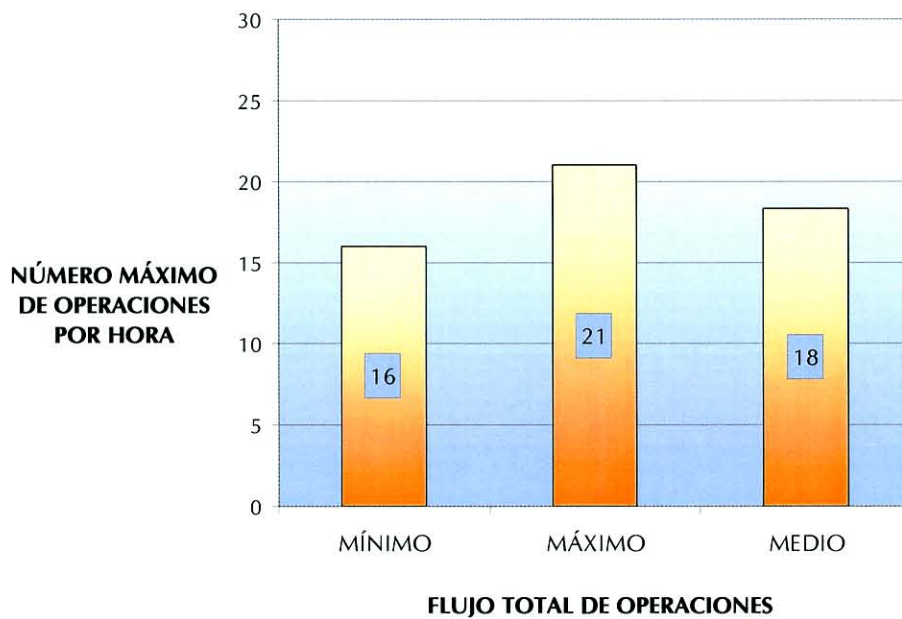
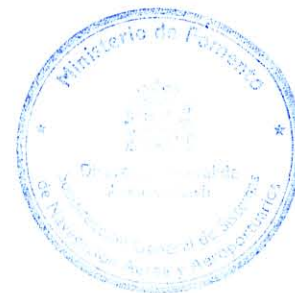


Figura 11.- FLUJO TOTAL DE OPERACIONES.



**RESULTADO DE LA SIMULACIÓN DEL
AEROPUERTO DE BILBAO-SONDIKA.
MODELO FUTURO
CONFIGURACIÓN RWY 30 A+D**

SEPTIEMBRE 1998



ÍNDICE

	Página
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- OBJETO	1
3.- RENDIMIENTO MÁXIMO DE PISTA	1
4.- ESCENARIO.....	1
4.1.- CONFIGURACIÓN DE AERÓDROMO	1
4.2.- MÍNIMAS DE SEPARACIÓN	2
4.3.- CONDICIONES METEOROLÓGICAS.....	3
4.4.- MEZCLA Y DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO	4
5.- ALCANCE Y METODOLOGÍA	4
6.- VALOR DE LAS CONCLUSIONES.....	5
7.- FUENTES DE INFORMACIÓN	5
8.- HIPÓTESIS GENERALES	6
9.- RESUMEN EJECUTIVO	6
ANEXO I.- DESCRIPCIÓN DE LA CARGA DE TRÁFICO UTILIZADA	
ANEXO II.- PARÁMETROS OPERATIVOS UTILIZADOS EN LA SIMULACIÓN	
MODELO DE SIMULACIÓN	
ANEXO III.- GRÁFICOS Y TABLAS DE RESULTADOS	
MODELO FUTURO	

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.- MÍNIMAS DE SEPARACIÓN RADAR POR ESTELA TURBULENDA (REGLAMENTO CIRCULACIÓN AÉREA).....	2
Tabla 2.- MÍNIMAS DE SEPARACIÓN ENTRE SALIDAS POR ESTELA TURBULENDA.....	3
Tabla 3.- VALORES DE RENDIMIENTO MÁXIMO DE PISTA.	7
Tabla 4.- DATOS ANALIZADOS PARA ESTABLECER LOS TIEMPOS DE OCUPACIÓN DE PISTA.....	A.I.2
Tabla 5.- DISTRIBUCIÓN DE LA FLOTA SEGÚN EL TIPO DE AERONAVE.	A.I.2
Tabla 6.- UTILIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SALIDA (SID).	A.I.4
Tabla 7.- SEPARACIÓN ENTRE SALIDAS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE AERONAVE Y EL PROCEDIMIENTO DE SALIDA UTILIZADO	A.II.4
Tabla 8.- VALORES DEL RMP OBTENIDOS PARA EL MODELO FUTURO.....	A.III.3



ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1.- LADO AIRE DEL AEROPUERTO DE BILBAO. MODELO FUTURO.	A.I.2
Figura 2.- PROCEDIMIENTOS DE SALIDA (SID) POR LA PISTA 30	A.I.3
Figura 3.- RANGO DE VELOCIDADES (IAS) PARA REACTORES.....	A.II.1
Figura 4.- RANGO DE VELOCIDADES (IAS) PARA TURBOHÉLICES.	A.II.2
Figura 5.-DEFINICIÓN DEL PPA.....	A.II.2
Figura 6.- SEPARACIÓN ENTRE LLEGADAS EN EL UMBRAL.	A.II.4
Figura 7.- NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES PARA LOS DISTINTOS FLUJOS DE LLEGADAS.	A.III.1
Figura 8.- NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES PARA LOS DISTINTOS FLUJOS DE SALIDAS.....	A.III.2
Figura 9.- FLUJO TOTAL DE OPERACIONES.	A.III.2



1.- INTRODUCCIÓN

De los diferentes elementos que intervienen en la capacidad aeroportuaria, la pista es el factor más escaso, esencial y valioso. La construcción de nuevas pistas o aeródromos que den cabida a la demanda creciente del tránsito es una medida extremadamente compleja y por tanto incapaz de aportar soluciones a los problemas de capacidad a corto o medio plazo. Es, por tanto, fundamental asegurar que en los grandes aeropuertos, donde demanda y capacidad conviven en un delicado equilibrio, las operaciones en las pistas existentes se desarrollen a un nivel de eficiencia apropiado y en beneficio de todos los usuarios.

2.- OBJETO

Este documento tiene por objeto asesorar en la determinación de la capacidad ATC declarada del Aeropuerto de Bilbao - Sondika, aceptando, de acuerdo con NATS, que la capacidad declarada puede ser el 80%, aproximadamente, del valor máximo de operaciones (ARR y DEP) que pueden realizarse en las pistas de Sondika durante 60 minutos (capacidad de una configuración de pistas).

3.- RENDIMIENTO MÁXIMO DE PISTA

Rendimiento Máximo de Pista (RMP) es el número máximo de operaciones por hora que pueden efectuarse en un aeródromo en base a las hipótesis de funcionamiento de cada modelo (condiciones meteorológicas, procedimientos ATC y la mezcla y distribución del tráfico), **sin considerar el nivel de demora.**

4.- ESCENARIO

4.1.- CONFIGURACIÓN DE AERÓDROMO

El escenario reproduce el Aeropuerto de Bilbao – Sondika, operando en Configuración de Pista 30 para Llegadas y Salidas, comprendiendo tanto las cercanías del aeródromo como las pistas, sus accesos y calles de salida, incluyendo la nueva rodadura y el nuevo acceso en el extremo de la pista 30. No se contemplan aquellas partes del área de maniobras no relacionadas directamente con las operaciones de aterrizaje y despegue.

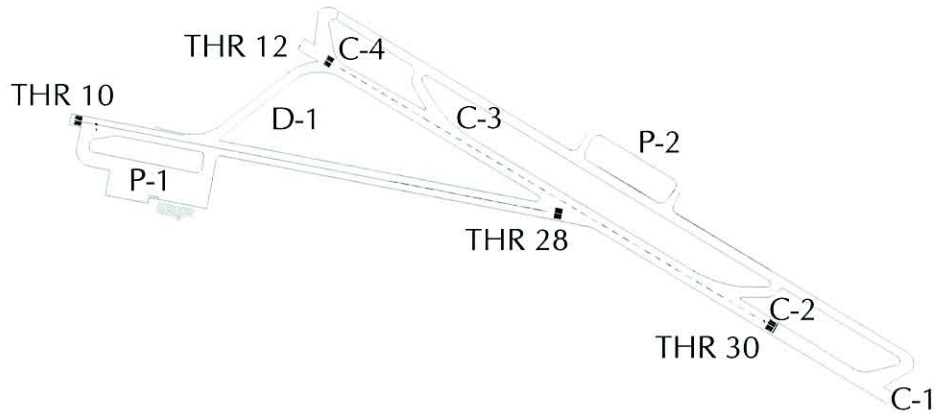


Figura 1.- LADO AIRE DEL AEROPUERTO DE BILBAO. MODELO FUTURO.

4.2.- MÍNIMAS DE SEPARACIÓN

4.2.1.- Entre llegadas

En la fase de aproximación la mínima de separación radar es de 3NM, sin embargo esta separación debe aumentarse, llegado el caso, por razones de estela turbulenta.

ACFT PRECEDENTE	ACFT SUBSIGUIENTE		
	PESADO (H)	MEDIO (M)	LIGERO (L)
PESADO (H)	4 NM	5NM	6NM
MEDIO (M)	3NM	3NM	5NM
LIGERO (L)	3NM	3NM	3NM

Tabla 1.- MÍNIMAS DE SEPARACIÓN RADAR POR ESTELA TURBULENTO (REGLAMENTO CIRCULACIÓN AÉREA)



4.2.2.- Entre salidas

Como en el caso de las llegadas, las mínimas de separación por estela turbulenta deben prevalecer sobre otras posibles separaciones. En este caso la separación se mide en términos de tiempo (minutos).

ACFT PRECEDENTE	ACFT SUBSIGUIENTE		
	PESADO (H)	MEDIO (M)	LIGERO (L)
PESADO (H)	-	2	2
MEDIO (M)	-	-	2
LIGERO (L)	-	-	-

Tabla 2.- MÍNIMAS DE SEPARACIÓN ENTRE SALIDAS POR ESTELA TURBULENTA

Cuando no son de aplicación las mínimas por estela turbulenta se utilizan las mínimas de separación previstas en los distintos supuestos correspondientes a las hipótesis analizadas en el modelo

4.3.- CONDICIONES METEOROLÓGICAS

La experiencia ha demostrado que en condiciones de vuelo visual el número de operaciones registradas es, a menudo, sensiblemente superior a las que se producen en otras condiciones meteorológicas menos favorables. Ello es debido a que en tales condiciones visuales es posible aplicar ciertos procedimientos de control que bajo el principio de "ver y ser visto" reducen, sin perjuicio de la seguridad, la separación entre aeronaves y consecuentemente aumentan la capacidad.

Sin embargo, una mínima prudencia y rigurosidad aconsejan no considerar como elementos habituales del escenario aquellas condiciones excepcionalmente favorables cuya presencia no puede asegurarse, especialmente en invierno, por lo que el escenario elegido considera que las operaciones se desarrollan bajo condiciones de vuelo instrumental.



4.4.- MEZCLA Y DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO

Para la determinación del Rendimiento Máximo de Pista se ha empleado una **carga de tráfico de saturación**. La carga de tráfico de saturación se ha construido a partir de:

- El tráfico real se ha tomado de datos de CONOPER correspondientes al periodo 01/01/98 – 12/07/98 de las operaciones realizadas en el aeropuerto de Bilbao – Sondika.
- Los datos de operación reales obtenidos dentro del programa PICAP (Programa de Investigación de Capacidad de Pista) durante los meses de Mayo y Junio de 1998 en el Aeropuerto de Bilbao - Sondika.
- El porcentaje de utilización de los procedimientos de salida (SID) determinado mediante las fichas proporcionadas por Torre de Control correspondientes al periodo comprendido entre los días 13 y 20 de Abril de 1998.

Se han conservado las proporciones, según el tipo de aeronave y procedimiento de salida utilizado, aumentándose el número total de vuelos de forma que la demanda mantenga al aeródromo funcionando constantemente a la máxima capacidad posible, es decir, siempre exista una aeronave preparada para iniciar la carrera de despegue y siempre habrá una aeronave en la secuencia de aproximación.

5.- ALCANCE Y METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente informe se han utilizado los datos proporcionados por la herramienta de simulación en tiempo acelerado SIMMOD v2.2 sobre una Estación de Trabajo Apollo 700 de la firma comercial Hewlett Packard.

Esta herramienta simula de forma realista el movimiento de todas las aeronaves que evolucionan tanto en el aeropuerto como en el espacio aéreo, resolviendo los posibles conflictos y conservando la memoria temporal de cada vuelo durante su desarrollo en ruta y en tierra. A partir de estos registros, SIMMOD proporciona valores de flujo de aeronaves en el aeropuerto, tiempo de vuelo de las aeronaves, demoras y consumo de combustible.

Para ello se han utilizado parámetros reales de la operación de Sondika, obtenidos a partir de 1009 tomas de operaciones, extraídos de los datos del Programa de Investigación de Capacidad de Pista (PICAP) y que representan la realidad operativa del aeropuerto. La información obtenida es representativa de la realidad con un error inferior al 2 % para un margen de confianza del 95.5 %.

Las horas de simulación realizadas para esta investigación suman un total de 70, de las cuales se han obtenido datos de:



- El número máximo de operaciones de llegada por hora (demanda de saturación sostenida).
- El número máximo de operaciones de salida por hora (demanda de saturación sostenida).

El estudio se centra en:

- Obtener el intervalo de variación, en función de la distribución horaria del tráfico, del Rendimiento Máximo de Pista de cada modelo sometido a una carga de tráfico de saturación. La definición de la carga de tráfico de saturación y su proceso de generación se recogen en la página 4, apartado 4.4.- MEZCLA Y DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO.

El efecto restrictivo de la carga de trabajo del controlador sobre la capacidad no se ha considerado en este estudio.

6.- VALOR DE LAS CONCLUSIONES

En todo momento, los resultados que se reflejan en este documento deben ser interpretados como una aproximación a la realidad operativa del aeropuerto. Por lo tanto, en ningún caso se puede asegurar cuál será la realidad de la operación en otras circunstancias que no sean exactamente las mismas que contempla la simulación.

7.- FUENTES DE INFORMACIÓN

Los datos de partida utilizados para la definición del modelo de simulación se han obtenido de las siguientes fuentes:

- Datos de tráfico y operación reales tomados del Informe de Resultados de Tiempos de Ocupación de Pista del PICAP (Programa de Investigación de Capacidad de Pista) acerca de la Operación en el Aeropuerto de Bilbao - Sondika.
- Datos de tráfico y operación reales correspondientes al periodo 01/01/98-12/07/98 extraídos de CONOPER.
- Fichas de operaciones de Torre del 13/04/98 al 20/04/98.
- Datos geométricos y operativos del Aeropuerto de Bilbao - Sondika (AIP, Publicación de Información Aeronáutica).
- Reglamento de Circulación Aérea.
- Documento 8168 PANS-OPS, Volumen II.
- Base de datos de Performance de Aeronaves para las herramientas de simulación SIMMOD e INM (FAA, ed. 1997).



8.- HIPÓTESIS GENERALES

Para el modelo de simulación generado se han considerado las siguientes hipótesis generales:

- Todos los aterrizajes y despegues se realizan por la pista 30.
- Todas las llegadas abandonan la pista por el extremo de la pista 30.
- En el modelo simulado se han respetado los requerimientos de separación por estela turbulenta, según prescribe el Reglamento de Circulación Aérea.
- Este estudio se basa en datos de tráfico y operación reales obtenidos dentro del programa PICAP (Programa de Investigación de Capacidad de Pista).
- Se utiliza exclusivamente la plataforma 2.
- La geometría de las calles de rodaje es tal que no permite ni los adelantamientos durante la rodadura, ni en la cola de salida.
- No se han considerado aeronaves que operan con procedimientos visuales.

9.- RESUMEN EJECUTIVO

De cada modelo simulado se obtienen 70 valores (correspondientes a 70 horas simuladas), que determinan el intervalo de variación del Rendimiento Máximo de Pista (RMP) en función de la distribución horaria del tráfico. Los valores que caracterizan cada modelo son:

- VALOR MÁS ALTO DE RMP: Número máximo de operaciones por hora que se ha obtenido en el intervalo. Este valor se corresponde con la secuencia horaria de tráfico más **favorable**.
- VALOR MÁS BAJO DE RMP: Número mínimo de operaciones por hora que se ha obtenido en el intervalo. Este valor se corresponde con la secuencia horaria de tráfico más **desfavorable**.
- VALOR MEDIO DE RMP: Valor **medio** del Rendimiento Máximo de Pista para cada modelo.

La Tabla 3 recoge los valores definidos para cada tipo de operación (DEP, ARR y TOTAL). Estos valores son independientes entre sí, ya que se han producido como consecuencia de secuencias de tráfico diferentes (horas de simulación diferentes).



	MEZCLA Y DISTRIBUCIÓN DE TRÁFICO	MODELO FUTURO
OPERACIONES TOTALES	FAVORABLE	41 (21 A, 20 D)
	DESFAVORABLE	36 (21 A, 16 D)
	MEDIO	38.1
OPERACIONES DE LLEGADA	FAVORABLE	21
	DESFAVORABLE	20
	MEDIO	20.3
OPERACIONES DE SALIDA	FAVORABLE	21
	DESFAVORABLE	16
	MEDIO	17.9

Tabla 3.- VALORES DE RENDIMIENTO MÁXIMO DE PISTA.

De los resultados obtenidos se deduce que, el Aeropuerto de Bilbao, en Configuración de Pista 30 para Llegadas y Salidas y con los procedimientos operativos correspondientes a la aplicación de las separaciones correspondientes al modelo, sometido a carga de tráfico de saturación presenta:

- Un rendimiento medio de pista de 38 operaciones por hora.
- La posibilidad de operar con un flujo medio de 20 llegadas y 18 salidas.



ANEXO I:

DESCRIPCIÓN DE LA CARGA DE TRÁFICO UTILIZADA



ANEXO I.- DESCRIPCIÓN DE LA CARGA DE TRÁFICO UTILIZADA

Para la carga de tráfico de saturación se ha aumentado el número total de vuelos de forma que se mantiene al aeródromo funcionando constantemente a la máxima capacidad posible, es decir, siempre existe una aeronave preparada para iniciar la carrera de despegue y siempre hay una aeronave en la secuencia de aproximación.

Esta carga conserva las proporciones, según el tipo de aeronave y procedimiento de salida utilizado, de acuerdo con:

- El Informe de Resultados de Tiempos de Ocupación de Pista del PICAP (Programa de Investigación de Capacidad de Pista) acerca de la Operación en el Aeropuerto de Bilbao.
- Con los datos extraídos de CONOPER se ha obtenido la composición del tráfico que opera en el Aeropuerto de Bilbao. La muestra empleada corresponde a las operaciones registradas en el periodo comprendido en los días 01/01/98 y 12/07/98.
- De las fichas de operaciones de Torre se han determinado los porcentajes de utilización de las distintas SID.

Información PICAP

La información obtenida con la herramienta de adquisición de datos enmarcada dentro del programa "PICAP" (Programa de Investigación de Capacidad de Pista) acerca de la Operación en el Aeropuerto de Bilbao – Sondika se compone de:

- Tiempo de ocupación de pista (AROT): Tiempo transcurrido desde que la llegada sobrevuela el umbral de la pista hasta que la abandona.
- Tiempo al Extremo de Pista (DROE): Tiempo transcurrido desde el inicio de la transmisión de la autorización de despegue, por parte del ATC, hasta que la aeronave que ha despegado cruza el extremo de pista.
- Utilización de las calles de salida, por los distintos tipos de aeronaves que llegan.



Las aeronaves se distinguen según los criterios de estela turbulenta que establece el Reglamento de Circulación Aérea:

- Aeronave Ligera: $MTOW \leq 7000$ Kg
- Aeronave Media: $7000 \text{ Kg} < MTOW \leq 136.000$ Kg
- Aeronave Pesada: $MTOW \geq 136000$ Kg

La Tabla 4 refleja el tamaño y la composición de la muestra recogida con la herramienta PICAP durante el periodo comprendido entre el 19 de Mayo y el 12 de Junio de 1998.

Nº DE AERONAVES EVALUADAS	
LLEGADAS	540
SALIDAS	469

Tabla 4.- DATOS ANALIZADOS PARA ESTABLECER LOS TIEMPOS DE OCUPACIÓN DE PISTA.

Esta clasificación permite establecer una distinción entre tipos de aeronaves según la categoría de estela y la calle de salida empleada para abandonar la pista.

Información CONOPER

La muestra analizada tiene un volumen de 16659 operaciones (8348 Llegadas + 8311 Salidas). Distinguiendo entre el tipo de estela turbulenta y el motor empleado, se obtiene la siguiente clasificación:

TIPO DE AERONAVE	NÚMERO	PORCENTAJE SOBRE EL TOTAL DE AERONAVES
PESADA	25	0.30
MEDIA con motor de REACCIÓN	4931	59.07
MEDIA con motor TURBOHÉLICE	3026	36.25
LIGERA	366	4.50

Tabla 5.- DISTRIBUCIÓN DE LA FLOTA SEGÚN EL TIPO DE AERONAVE.

Información de fichas

Se han reproducido los procedimientos de salida recogidos en el AIP.

SID (STANDARD INSTRUMENT DEPARTURE) PISTA 30:

1. CALCE 1A
2. TACHA 1A
3. BSKA 1A
4. CEGAM 2A
5. AMTOS 1A
6. AMTOS 1C

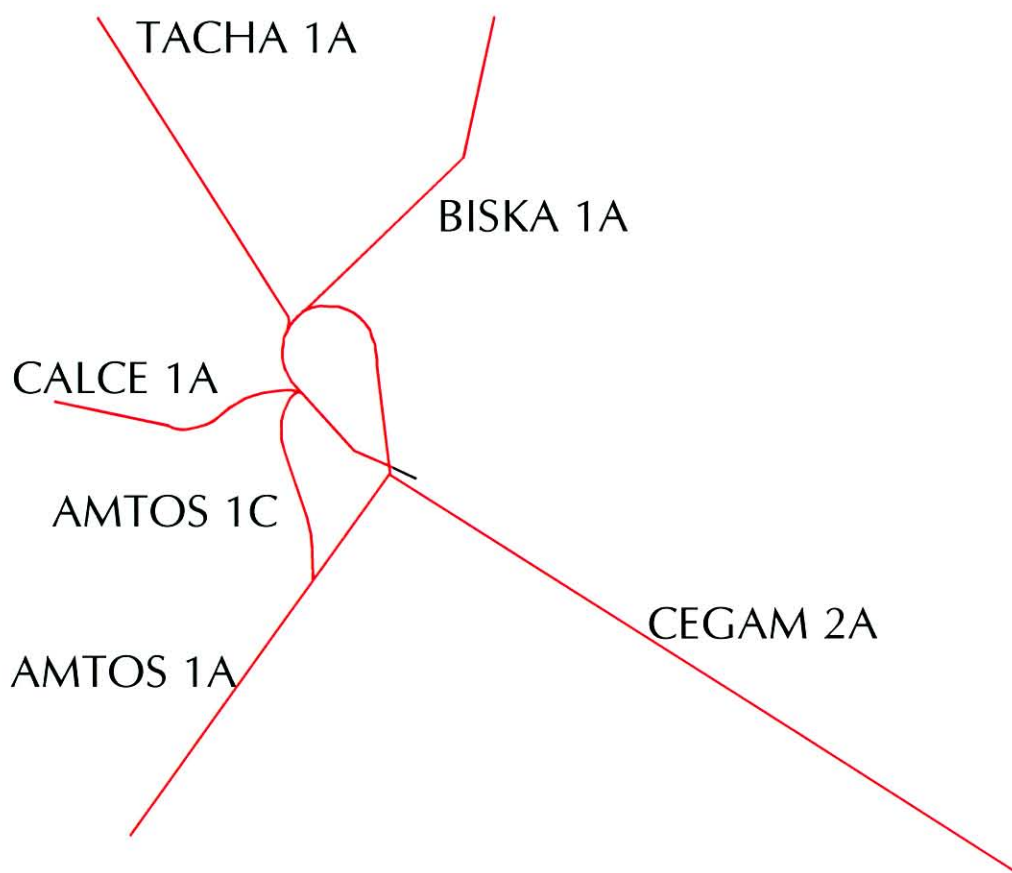


Figura 2.- PROCEDIMIENTOS DE SALIDA (SID) POR LA PISTA 30



Con las fichas de salida proporcionadas por la Torre se han determinado los porcentajes de utilización de los procedimientos de salida (SID) para la pista 30. Estos porcentajes se han clasificado en función del tipo de motor:

TIPO DE MOTOR	PROCEDIMIENTO DE SALIDA UTILIZADO (PORCENTAJE)			
	AMTOS	BISKA	CALCE	CEGAM
REACTOR	38.20	27.60	-	34.20
TURBOHÉLICE	21.50	-	26.20	52.30

Tabla 6.- UTILIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SALIDA (SID).

En esta clasificación no se han tenido en cuenta las aeronaves de tipo ligero debido a que operan por la pista 10/28.



ANEXO II:

PARÁMETROS OPERATIVOS UTILIZADOS EN LA SIMULACIÓN

ANEXO II.- PARÁMETROS OPERATIVOS UTILIZADOS EN LA SIMULACIÓN

En este anexo se detallan los parámetros de entrada necesarios para definir las distintas hipótesis de cada modelo de simulación.

Velocidad de las aeronaves

Se han asignado a las aeronaves un rango de velocidades en función de la fase del vuelo en la que se encuentren según indican las siguientes figuras:

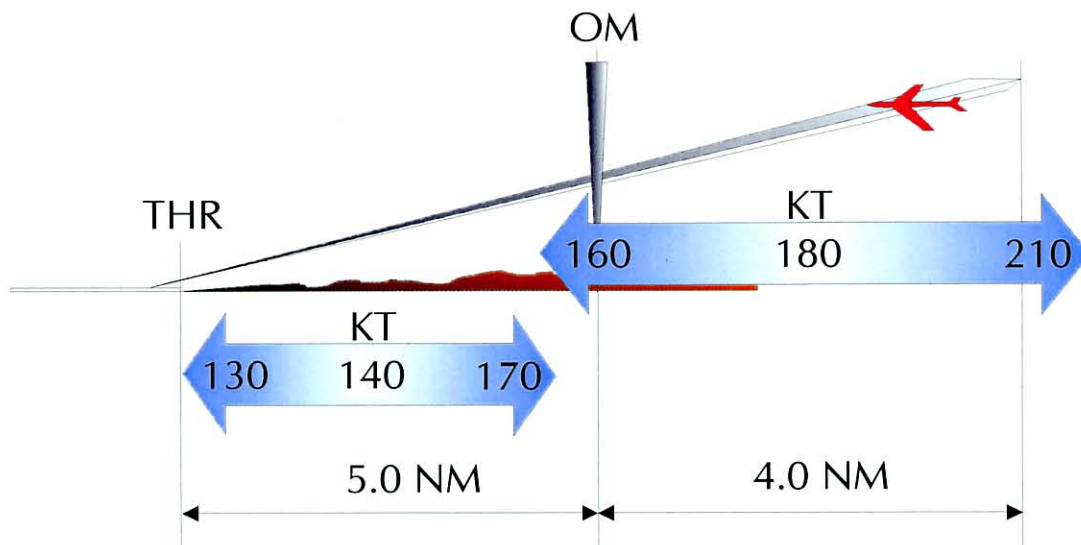


Figura 3.- RANGO DE VELOCIDADES (IAS) PARA REACTORES.

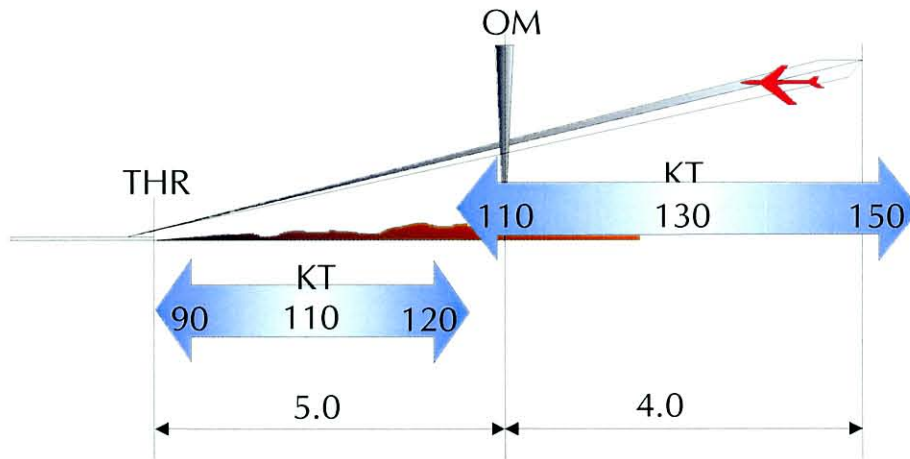


Figura 4.- RANGO DE VELOCIDADES (IAS) PARA TURBOHÉLICES.

Punto de permiso para aterrizar (PPA)

El PPA es un punto imaginario en la trayectoria de aproximación final creado a efectos de simulación y situado a una milla náutica del umbral de la pista.

Se considera que la autorización para aterrizar se concede cuando la aeronave que llega se encuentra en dicho punto o antes.

ATUM: Tiempo empleado en volar la última milla de la aproximación final.

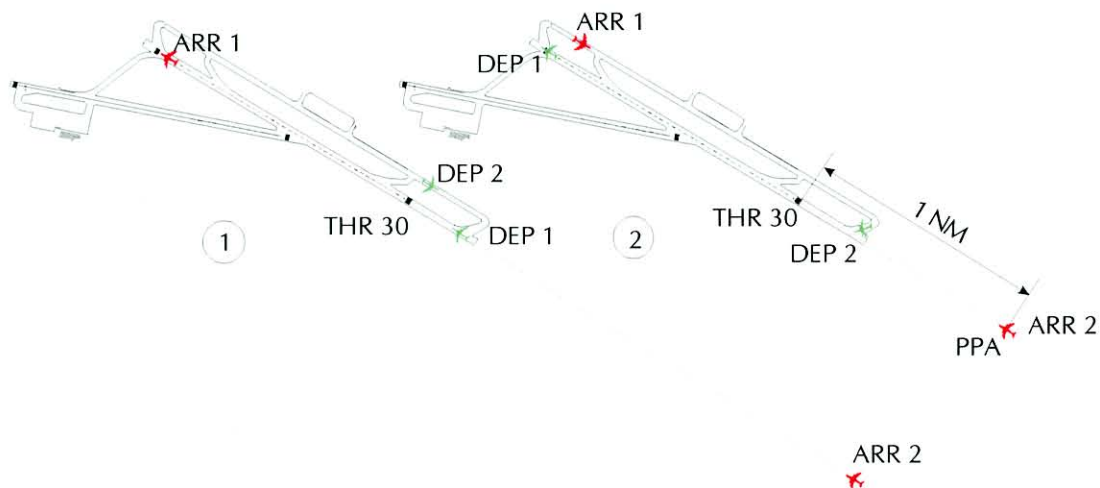


Figura 5.-DEFINICIÓN DEL PPA.



MODELO DE SIMULACIÓN

Se ha diseñado un modelo que representa la operación del Aeropuerto de Bilbao con una nueva calle de salida en el extremo de la pista 30 y empleo exclusivo de la plataforma 2.

En este modelo todas las aeronaves abandonan la pista por la nueva calle de salida y realizan la rodadura hacia la plataforma norte por la calle paralela a la pista.

Las salidas realizan la rodadura desde la plataforma 2 hasta el umbral de la pista 30 incorporándose a la misma por C-1.

A continuación se definen los parámetros de simulación que rigen el funcionamiento del modelo SIMMOD contemplado en este informe.

Separación entre llegadas

Las llegadas se han separado entre sí una distancia suficiente que permita intercalar una salida entre dos de ellas, asegurando que la aeronave que sale sobrevuela el extremo de la pista cuando la siguiente llegada se encuentra a no menos de una milla náutica del umbral.

$$\text{SEPARACIÓN ENTRE LLEGADAS EN EL UMBRAL} = \mathbf{AROT} + \mathbf{DROE} + \mathbf{ATUM}$$

AROT: Tiempo que invierte una aeronave que llega desde que sobrevuela el umbral hasta que libera la pista.

DROE: Tiempo transcurrido desde el inicio de la autorización para despegar hasta que la aeronave sobrevuela el extremo de pista.

ATUM: Tiempo empleado en volar la última milla de la aproximación final.

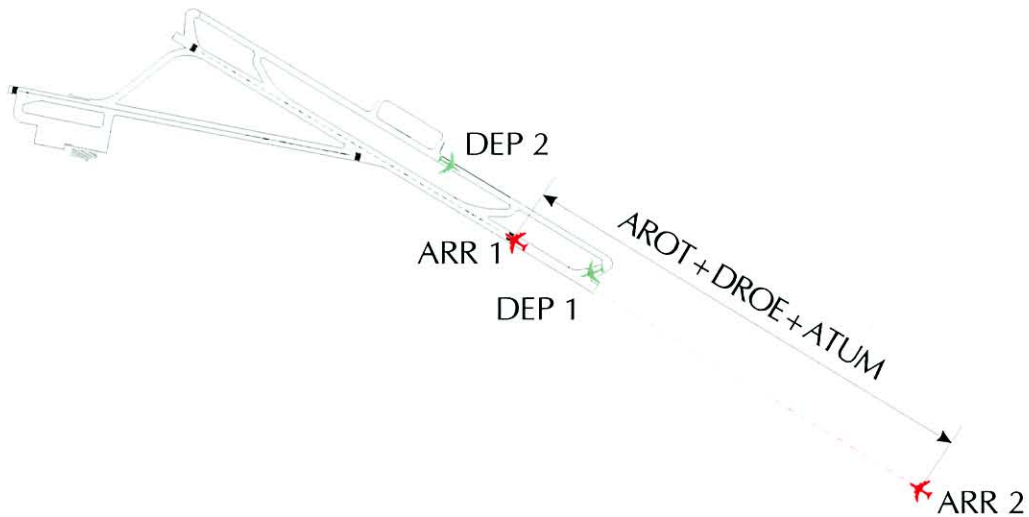


Figura 6.- SEPARACIÓN ENTRE LLEGADAS EN EL UMBRAL.

Separación entre salidas

La separación entre salidas se realiza en función del tipo de aeronave y la SID empleada, y deben satisfacer las mínimas de separación radar.

Estas separaciones se establecen en tiempo y vienen recogidas en la siguiente tabla:

SEPARACIÓN ENTRE SALIDAS (tiempo)			
AERONAVE		INTERVALO	
PRECEDENTE	SUBSIGUIENTE	MISMA SID	DIFERENTE SID
REACTOR	REACTOR	2´	1´30´´
REACTOR	HÉLICE	1´30´´	1´30´´
HÉLICE	REACTOR	4´	3´
HÉLICE	HÉLICE	2´	1´30´´

Tabla 7.- SEPARACIÓN ENTRE SALIDAS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE AERONAVE Y EL PROCEDIMIENTO DE SALIDA UTILIZADO



ANEXO III:

GRÁFICOS Y TABLAS DE RESULTADOS

ANEXO III.- GRÁFICOS Y TABLAS DE RESULTADOS

A continuación se presentan de forma detallada los resultados obtenidos para el modelo simulado.

MODELO FUTURO

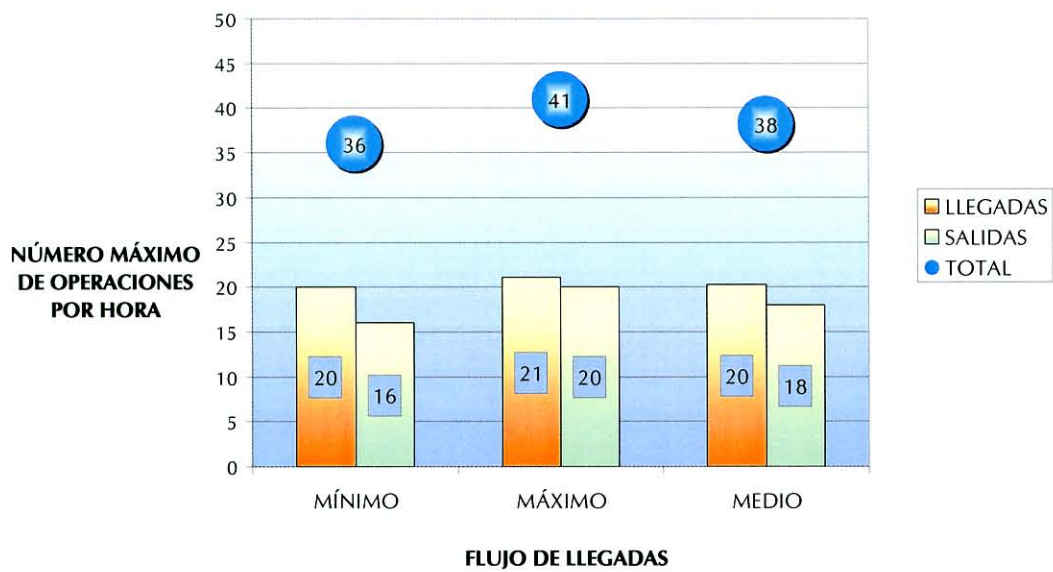


Figura 7.- NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES PARA LOS DISTINTOS FLUJOS DE LLEGADAS.

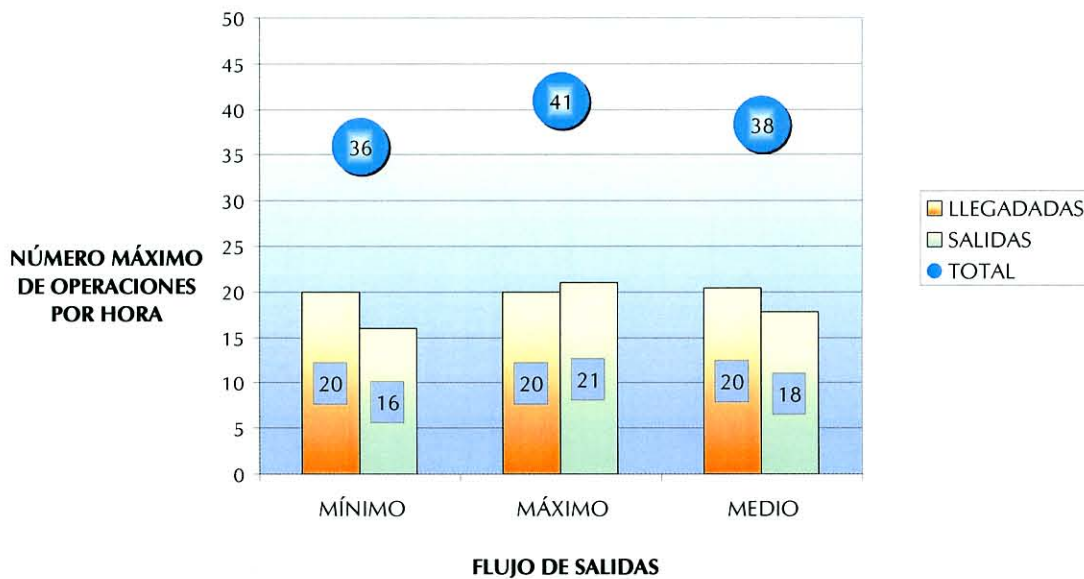


Figura 8.- NÚMERO TOTAL DE OPERACIONES PARA LOS DISTINTOS FLUJOS DE SALIDAS.

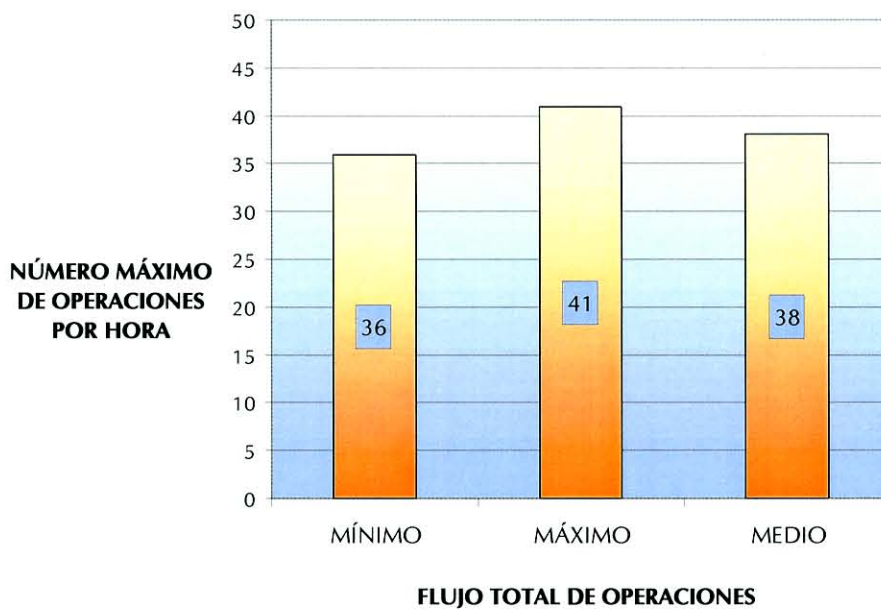


Figura 9.- FLUJO TOTAL DE OPERACIONES.



Resultados del modelo FUTURO

En la siguiente tabla se presentan los valores de rendimiento máximo de pista obtenidos:

RESULTADOS DEL MODELO FUTURO			
MEZCLA Y DISTRIBUCIÓN DE TRÁFICO			
	FAVORABLE	DESFAVORABLE	<i>MEDIA</i>
OPERACIONES DE LLEGADA	21	20	<i>20.3</i>
OPERACIONES DE SALIDA	21	16	<i>17.9</i>
OPERACIONES TOTALES	41 (21 A, 20 D)*	36 (20 A, 16 D)*	<i>38.1</i>

Tabla 8.- VALORES DEL RMP OBTENIDOS PARA EL MODELO FUTURO.

A = llegadas, D = salidas.