

ANEXO 10: SIMULACIONES DINÁMICAS DE CONFIGURACIONES  
AEROPORTUARIAS



Las diferentes alternativas aeroportuarias del campo de vuelos han sido simuladas mediante la herramienta SIMMOD por la División de Desarrollo del Sistema de Navegación Aérea.

Estas simulaciones se concibieron desde un principio como un continuo al que se le añadirían grados de complejidad de modo que al final del proceso se tuviese una simulación completa de la alternativa recomendada.

Los diferentes trabajos desarrollados y que se recogen en este anexo han sido:

- Parte 1: Simulación del desarrollo del futuro aeropuerto de Madrid-Barajas: Validación de hipótesis y modelos. Marzo de 1998.

En éste trabajo se sentaban las bases de las simulaciones para todas las posibles alternativas de estudio, desde las configuraciones con tres pistas (A, B y C) hasta las configuraciones con 4 pistas (A+B y B+C).

Se definieron las diferentes configuraciones y mezclas preliminares de aeronaves, así como las características principales de las configuraciones (estrategias de operación y bloqueos de pistas)

- Parte 2: Simulación del desarrollo del futuro aeropuerto de Madrid-Barajas: Informe de Resultados. Marzo de 1998

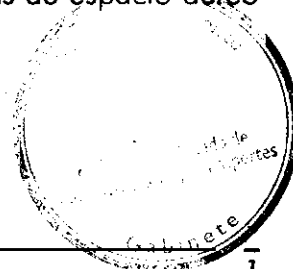
Primera fase de simulación donde se trata de obtener unas primeras estimaciones de capacidad sin tener en cuenta ni las rodaduras del sistema aeroportuario ni la estructura del TMA.

Las conclusiones principales del informe fueron los primeros datos de capacidades máximas para los diferentes casos simulados, mostrando ya en esta fase el desequilibrio existente en las configuraciones con tres pistas y su baja capacidad ofertada.

- Parte 3: Estudio de capacidad del futuro aeropuerto de Madrid-Barajas: Caso B+C II. Julio 1998.

La sospecha de que la alternativa de cuatro pistas más viable era la opción B+C, y las conclusiones del estudio anterior en cuanto a la poca capacidad ofertada por las opciones de tres pistas hizo que el análisis se centrara en el análisis de ésta alternativa.

Este informe analiza la influencia en la capacidad de las rutas de entrada y salida definidas por la División de Organización y reglamentación DCCA/Aena y que se explican en el análisis de alternativas de espacio aéreo dentro de la memoria de este Plan Director.





La conclusión de este informe fue fijar en 145 operaciones hora la capacidad de esta opción sin tener en cuenta movimientos en tierra ni el TMA.

- Parte 4: Análisis de capacidad/demora del Sistema Aeropuerto/TMA. FSAM Caso C+B. Diciembre de 1998.

El siguiente paso en el análisis de la configuración B+C fue la integración del TMA y el campo de vuelos dentro de la simulación. Se simuló la configuración planificada en el Plan Barajas para edificios terminales y la configuración de pistas y rodaduras proporcionada por la división de planificación de Aena. Asimismo se simuló la interferencia del aeropuerto de Torrejón con la nueva configuración.

Las principales conclusiones del estudio fueron la obtención de la capacidad del sistema en 119 operaciones. En lo referente a Torrejón, se concluyó que los despegues por la pista 23 resultan inviables.

- Parte 5: Análisis de sensibilidad ante variaciones en los procedimientos operativos. FSAM caso B+C. Febrero de 1999.

Ante el requerimiento de analizar el hecho de que las reacciones de los controladores no son inmediatas sino que desde que se le apercibe de que se ha desbloqueado la pista para despegues hasta que da la señal de despegue pasan unos segundos, se simula introduciendo este parámetro.

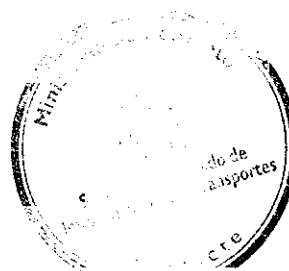
Los resultados principales fueron que la capacidad no se veía prácticamente afectada (117 operaciones hora en configuración Norte y 115 en Configuración Sur).

Se considera de obligado cumplimiento una reorganización del TMA de modo que se consiguiese un reparto de tráficos más equilibrados entre pistas.

- Parte 6: Análisis de alternativas de desarrollo del área de movimientos del futuro aeropuerto de Madrid-Barajas. Caso C+B. Horizonte temporal año 2010. Abril de 1999.

Ante la posibilidad de plantearse una modificación en el planeamiento del Plan Barajas mediante el desplazamiento del NET hacia la pista 18R-36L y la ubicación del satélite al Este de la misma, se realiza una comparación de ambas, denominadas 0 y 1.

La alternativa 1 se muestra como una alternativa mucho más eficiente desde el punto de vista de operación de las aeronaves, reduciendo el número de conflictos y manejando más tráfico.



- Parte 7: Sensibilidad a la demanda de las alternativas 0 y 1. Junio 1999.

Ante la duda de si las ventajas de la opción 1 sobre la 0 se mantendrían con un perfil de tráfico marcadamente "hub". Las conclusiones del estudio mantienen que la alternativa 1 es mejor que la 0 desde el punto de vista operativo.

- Parte 8: Análisis del aeropuerto de Madrid-Barajas caso C+B. Horizonte temporal Año 2020. Junio de 1999.

Una vez definido el desarrollo del aeropuerto por la alternativa 1, se planteó la opción del desarrollo futuro de esta configuración, siendo una primera opción el satélite de formas paralelas a las pistas. Las dos opciones de desarrollo eran el satélite único o el construir dos satélites.

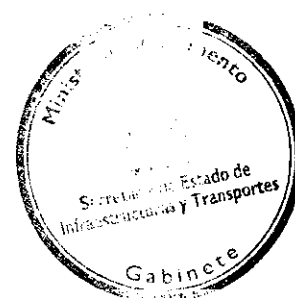
La conclusión del estudio fue que la opción de satélite partido era claramente superior al satélite único desde el punto de vista operativo.

- Parte 9: Consideraciones generales de las alternativas de desarrollo del área de maniobras del futuro aeropuerto de Madrid-Barajas. Caso C+B. Junio de 1999.

Se analizan diferentes aspectos operativos relativos a la posibilidad de plantear diferentes opciones de satélites de las analizadas con anterioridad.

- Partes 10 y 11.

Se analizan la capacidad máxima de la configuración A+B así como los conflictos en plataforma.





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



06/03/98

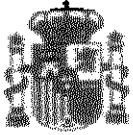


# SIMULACION DEL DESARROLLO DEL FUTURO AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS

VALIDACION DE HIPOTESIS Y MODELOS

Versión 1.0

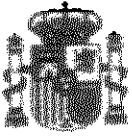




## INDICE

<b>1.- INTRODUCCIÓN.</b>	<b>3</b>
<b>2.- OBJETO.</b>	<b>5</b>
<b>3.- ALCANCE.</b>	<b>5</b>
<b>4.- BASES DEL ESTUDIO.</b>	<b>6</b>
4.1.- Herramienta de simulación.	6
4.2.- Metodología de trabajo.	6
4.3.- Datos de partida.	7
4.3.- Simplificaciones en la modelización.	8
4.5. - Modelos básicos y parámetros generales.	9
4.6.- Modelos a simular.	9
4.7.- Datos de tráfico.	10
<b>ANEXO I: VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS Y SIMPLIFICACIONES</b>	<b>11</b>
<b>ANEXO II : POSIBLES UMBRALES ACTUALES Y FUTUROS DEL AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS</b>	<b>16</b>
<b>ANEXO III: PLANOS REPRESENTATIVOS DEL SISTEMA DE RODADURA Y PLATAFORMAS</b>	<b>24</b>
<b>ANEXO IV : MODELOS A SIMULAR</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO V : DATOS DE TRÁFICO</b>	<b>45</b>
<b>ANEXO VI : CONCEPTOS BÁSICOS</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO VII : COMENTARIOS A LOS ESCENARIOS DE REFERENCIA.</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO VIII : ACTAS DE REUNIONES.</b>	<b>56</b>





## 1.- INTRODUCCIÓN.

El Futuro Sistema Aeroportuario de Madrid (fsam), como definición del conjunto de infraestructuras aeroportuarias necesarias para atender la demanda de tráfico aéreo en la región de Madrid se plantea, actualmente, como un desarrollo basado en cuatro posibles escenarios genéricos:

- Aeropuerto de Barajas ( 3 pistas) más aeropuerto complementario.
- Aeropuerto de Barajas ( 4 ó 5 pistas) más aeropuerto complementario.
- Aeropuerto de Barajas ( 5 pistas) como único aeropuerto de Madrid.
- Aeropuerto alternativo.

En éste marco genérico se contemplan varias propuestas para el desarrollo del aeropuerto de Barajas que pasan por la construcción de una cuarta pista: alternativas A, B, ó C ; y/o por la construcción de dos nuevas pistas: alternativas A+B ó C+B. La figura de la página siguiente resume cada una de estas propuestas de desarrollo

La capacidad teórica del emplazamiento de Barajas, según las diversas alternativas planteadas se establece en un rango de valores que van desde la utilización prevista de la configuración inicial de tres pistas, al máximo desarrollo del aeropuerto mostrado en las alternativas, esto es, con la construcción de hasta 5 pistas de vuelo

Estos valores de capacidad, estarán a priori entre las 75 operaciones a la hora, que podría resolver la configuración de partida de tres pistas, hasta un valor máximo en el entorno de las 150 operaciones/hora, que podrían mover las configuraciones de 5 pistas usadas como grupos de pistas paralelas independientes dos a dos en operaciones segregadas.

Estos márgenes pueden presentar valores intermedios singulares, puesto que no existe una variación continua de capacidad máxima, sino valores correspondientes a cada una de las configuraciones individuales.

Al objeto de determinar la capacidad previsible de cada una de las alternativas de desarrollo, tanto en configuración Norte como Sur, es conveniente y necesario proceder al cálculo de la capacidad de pistas ofrecida por cada una de las mismas mediante la utilización de técnicas de simulación acelerada. La simulación en tiempo acelerado es una técnica utilizada como apoyo a la toma de decisiones, optimización y diseño del entorno aeroportuario y del espacio aéreo.

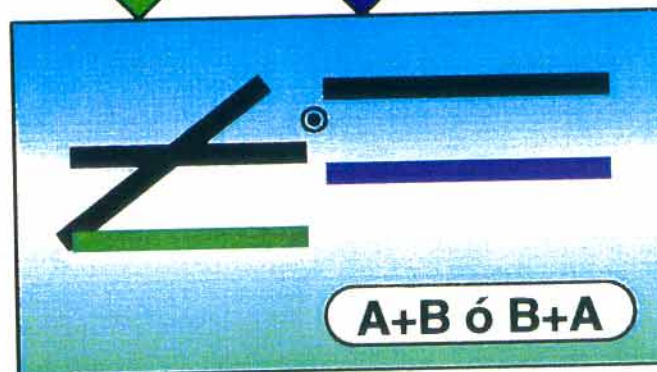
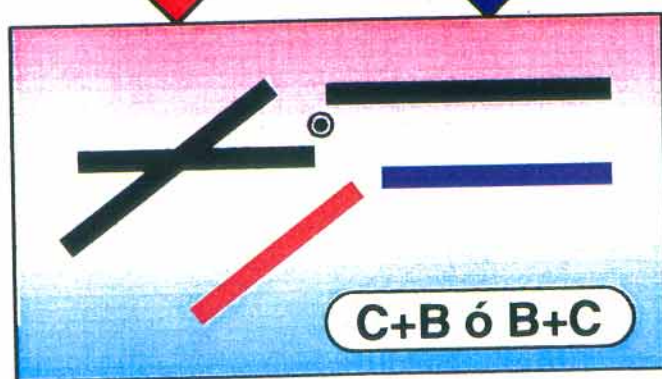
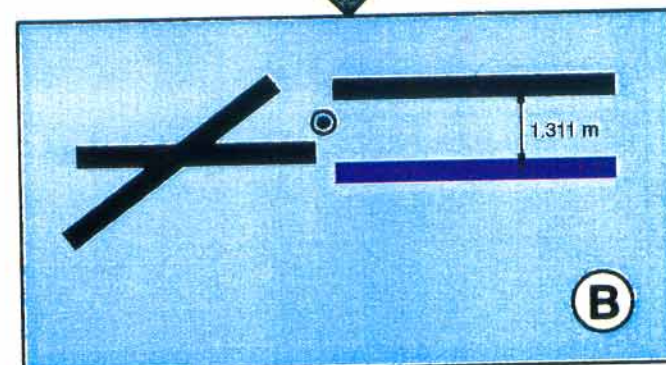
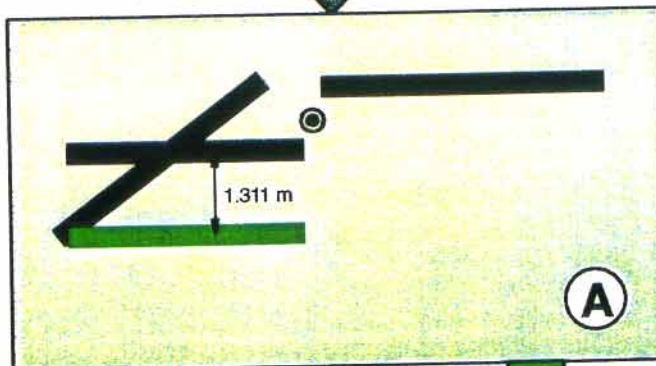
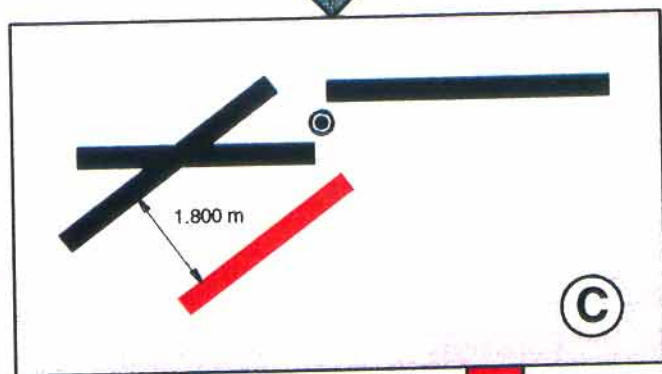


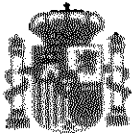


GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



# DIAGRAMA DE POSIBLES ALTERNATIVAS DE DESARROLLO DEL AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS





De acuerdo con esta conveniencia, la tarea de determinar la capacidad de pistas de las diferentes opciones de desarrollo del emplazamiento de Barajas ha sido encomendada a un grupo de trabajo constituido por Aena Navegación Aérea (DDSNA), DGAC (e INECO como asistencia técnica de esta última) a fin de orientar y enfocar los casos planteados por el grupo fsam para llevar a cabo los estudios asociados mediante simulación en tiempo acelerado.

El presente informe describe la utilización de esta técnica para el análisis de varias alternativas de diseño y utilización de pistas en el futuro aeropuerto de Madrid-Barajas en configuraciones con 3, 4 y 5 pistas; al mismo tiempo fija y expone las hipótesis de trabajo que serán tomadas como base durante la simulación.

## 2.- OBJETO.

El objeto del presente estudio es aportar información útil para la evaluación y determinación de la capacidad máxima en el desarrollo del futuro aeropuerto de Madrid-Barajas.

Para ello en el marco del presente estudio se procederá a la simulación acelerada de las opciones de desarrollo identificadas como : A, B, C, A+B y C+B .

Estas simulaciones se realizarán, tanto en configuración Norte como Sur, teniendo en cuenta diversas cargas de tráfico, definidas a tal objeto, para los usos de pistas considerados por este grupo de simulación como óptimos o de máxima capacidad y para aquellos que, si bien se aprecia inicialmente que no proporcionan capacidad máxima, se consideran de interés o han sido sugeridos por otros grupos involucrados en el proyecto fsam.

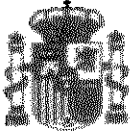
El presente documento constituye un resumen de las hipótesis de trabajo que servirán de base para el presente estudio, así como un compendio que expone los casos o modelos que serán objeto de simulación.

## 3.- ALCANCE.

El estudio que se plantea se centra en la simulación de los 5 casos de ubicación y orientación de futuras pistas enunciados anteriormente en ambas configuraciones, Norte y Sur, con diversas cargas de tráfico de saturación.

Los escenarios a simular incluirán un modelo básico de todo el aeropuerto de Madrid-Barajas y conexión con el lado aire, con diversas cargas de tráfico de saturación. De este modo, se conseguirá simular de un modo realista la zona de estudio (pistas, calles de salida y colas de despegue) integrada en su entorno normal de funcionamiento.





*El análisis se centrará en la capacidad máxima de las distintas configuraciones de pistas, teniendo en cuenta un sistema básico de calles de rodadura y áreas de plataforma del aeropuerto sin limitaciones de capacidad.*

*En el estudio se presupone la existencia de procedimientos, si no actuales futuros, que permitan las operaciones consideradas. Tales procedimientos implicarán un coste asociado que habrá de ser determinado a posteriori atendiendo, entre otros, a los siguientes factores:*

- *Adecuación de procedimientos ATS.*
- *Mínimos de operación( orografía, necesidades operacionales).*
- *Ayudas a la navegación y sistemas de vigilancia.*
- *Infraestructuras.*
- *Meteorología.*
- *Impacto ambiental, etc....*

#### **4.- BASES DEL ESTUDIO.**

Las propuestas planteadas para las configuraciones de pistas han sido analizadas para determinar el número de modelos a simular con SIMMOD, obteniéndose un total de 18 modelos, que reflejarán la situación del aeropuerto con cargas de tráfico máximas y distintas distribuciones de llegadas y salidas para cada una de las configuraciones de pistas.

##### **4.1.- Herramienta de simulación.**

La herramienta de simulación a utilizar durante todo el estudio será el Simulador de Espacio Aéreo y Aeropuertos SIMMOD v2.0.3 de la FAA.

Esta herramienta permite modelar, simular y obtener resultados de operaciones (demanda/flujo) en distintas zonas del aeropuerto. Los modelos derivados del análisis de las propuestas se adaptarán a la lógica de SIMMOD.

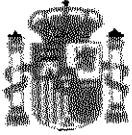
##### **4.2.- Metodología de trabajo.**

En este apartado se resume de forma esquemática la metodología de trabajo empleada por el grupo de simulación.

El proceso de simulación tiene por objetivo analizar la capacidad máxima ó capacidad de saturación de cada una de las propuestas así como la incidencia de la distribución de operaciones en este parámetro.







Previo al proceso de simulación, se analizan los 5 casos presentados por el grupo fsam: A. B. C. A+B, C+B. Estos casos se diferencian unos de otros en la ubicación, orientación y longitud de las nuevas pistas propuestas.

A partir de cada caso se deducen los modelos a considerar. Estos modelos se generan al determinar para cada caso el uso preferente de las pistas para llegadas y/o despegues en cada una de las configuraciones.

A partir de los modelos identificados habrán de crearse finalmente los escenarios a simular. Por dicho motivo se diseñan, para cada modelo identificado cargas de tráfico al objeto de saturar el conjunto aeroportuario durante un intervalo de 6 horas, del que se analizarán únicamente las cuatro intermedias, en las cuales se estima que el comportamiento del modelo de aeropuerto se estabiliza en la situación de saturación.

Los distintos escenarios se generan a partir de cada modelo identificado y contemplando todas las cargas de tráfico necesarias para analizar el caso de equilibrios y desequilibrios entre llegadas y despegues.

El proceso de consolidación de hipótesis de partida, el cual es objeto de este documento, alcanza únicamente hasta la etapa de definición de modelos. Así pues los modelos identificados, 18 en total, son presentados en los Anexos de este documento.

El procesado y definición detallada de las cargas de tráfico, aproximadamente entre 4 y 6 por escenario, se considera parte intrínseca del propio proceso de simulación, posterior a la consolidación de hipótesis de partida. Las cargas de tráfico a aplicar en cada modelo serán por tanto generadas en etapas posteriores del trabajo y presentadas en próximos documentos.

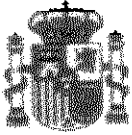
Por otra parte, se considerará, a efectos de simulación, una metodología comparativa entre escenarios, lo cual permitirá igualmente comparar homogéneamente todos ellos con respecto a la información del escenario de partida, aún cuando sea proporcionada por otro grupo de trabajo.

El principal indicador a evaluar para cumplir el propósito del presente estudio, será el número máximo de operaciones por hora que admite el entorno aeroportuario (desglosado en número de llegadas y salidas) cuando se aplica al escenario una demanda continuada de servicio. ( "Planificación y diseño de aeropuertos" Robert Horonjeff Cap. V)

#### 4.3.- Datos de partida.

La información geométrica y operativa empleada como datos de entrada para generar los modelos, considerada como fuente es la siguiente:





- Modelos básicos y parámetros generales validados y utilizados en el estudio Simulación del Área de Maniobras del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas (DDSNA, Junio 1997) [1] incluidos en el Anexo I del presente documento.

- Aeropuerto de Madrid-Barajas: posibles umbrales actuales y futuros (Dirección Corporativa de Planificación) incluidos en el Anexo II. [2].

- Procedimientos deducidos del documento de la DDSNA (febrero 1998) *Comentarios al Borrador "Estudio de Previabilidad Pista 15I-33R del 7-11-97, Plan Barajas"* [3].

- Estudio de procedimientos ( Departamento de Espacio Aéreo, División de Organización y Reglamentación, DCCS/AENA SSCNA Enero 1998, Versión 1.0) [4].

#### **4.4.- Simplificaciones en la modelización.**

El nivel de complejidad de los escenarios a modelizar se resume a continuación:

##### A) Entorno aeroportuario:

A1) Ubicación y simplificación de las áreas terminales de estacionamiento (fuente/sumidero) del futuro desarrollo. Dicha simplificación implica la no existencia de restricciones de capacidad en los mismos. No se considera ninguna restricción relacionada con obstáculos naturales o artificiales.

A2) El sistema de calles de rodaje se simplifica entre las nuevas pistas y las plataformas actuales, el N.A.T. y las futuras plataformas y se aumenta su capacidad para evitar cualquier restricción en ese sentido (hipótesis de partida, que puede afectar a la capacidad del entorno del FSAM).

El Anexo III incluye los planos representativos del sistema de calles de salida, calles de rodaje y terminales considerados en la simulación.

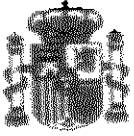
A3) Configuración exclusiva para cada modelo. Se definirá un modelo para Configuración Norte y otro para Sur en cada uno de los casos.

A4) Salidas de pista optimizadas en su diseño y ubicación. Se diseña para cada pista en uso, un sistema de calles de salida rápida optimizado que permita un tiempo de permanencia en pista igual o inferior a 50 segundos para cada categoría de aeronaves (procedimientos APATSI). La ubicación y características fundamentales de dichas calles se diseña a partir de los manuales OACI de planificación de aeródromos (Doc 9157).

A5) No se considerará operación VMC en la simulación.

A6) Simplificación en el número de accesos y colas de espera en las pistas empleadas para despegues.





A7) Capacidad para operar todo tipo de aeronaves (ligeras, de tipo medio y pesadas) en todas las pistas ( excepciones, si las hubiera, se especificarán en cada caso).

B) Espacio Aéreo:

B1) Para abordar las modelizaciones , se simplifica el diseño del entorno de espacio aéreo, considerando un área próxima al entorno aeroportuario y estableciendo los adecuados puntos alimentadores/sumideros de tráfico.

B2) Se supone que el entorno de espacio aéreo a modelizar absorbe la carga de tráfico aplicada.

B3) Los modelos a desarrollar presuponen un soporte procedimental existente o viable por diseñar.

B4) A efectos de modelización, los aeropuertos existentes en el TMA de Madrid (bases de Torrejón y Getafe) , no se tendrán en cuenta.

B5) No se asumen limitaciones previas por posible impacto ambiental.

B6) Velocidad media en aproximación de 140 Nudos

B7) Tiempo medio de reacción del piloto 10 s.

#### **4.5. - Modelos básicos y parámetros generales.**

Los modelos básicos y parámetros generales que serán utilizados en el presente estudio corresponden a los validados y utilizados en los estudios llevados a cabo por el Grupo de Movimiento en el Área de Maniobras del Plan Barajas del cual forma parte la DDSNA. La validez de los mismos viene avalada por la aceptación de los estudios realizados en dicho grupo.

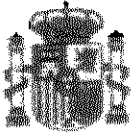
Los citados parámetros se incluyen en el Anexo I del presente documento.

#### **4.6.- Modelos a simular.**

La identificación de modelos que requieren ser simulados forma parte de las tareas de orientación y enfoque de los casos planteados por el grupo fsam para llevar a cabo los estudios asociados mediante simulación en tiempo acelerado .

Para cada uno de los casos presentados por el grupo fsam : A, B, C, A+B y C+B, los cuales difieren entre sí en la ubicación, orientación y longitud de las pistas, se analizan y deducen los posibles usos de pista para cada una de las configuraciones Norte y Sur.





Se definen por un lado, los modelos basados para cada caso en el uso óptimo de pistas, encontrándose un total de 13 casos significativos, y por otro lado, los modelos apoyados en el uso de pistas de los procedimientos definidos por el Departamento de Estructuración de Espacio Aéreo para el grupo fsam, encontrándose un total de 5 modelos adicionales no contemplados entre los primeros

Como resultado de este proceso se han generado 18 modelos básicos a simular, los cuales se resumen en la tabla siguiente y se describen en detalle en el Anexo IV.

CASOS Sugeridos por grupo fsam	MODELOS Generados por el grupo de simulación	
	Uso optimizado de pistas	Uso de pistas deducido de los procedimientos elaborados por Espacio Aereo (EEA)
A	A <sup>1Norte</sup> , A <sup>1Sur</sup>	
B	B <sup>1Norte</sup> , B <sup>1Sur</sup>	B <sup>2Norte</sup> , B <sup>2Sur</sup>
C	C <sup>1Norte</sup> , C <sup>1Sur</sup>	C <sup>2Norte</sup> , C <sup>2Sur</sup>
A+B	A+B <sup>1Norte</sup> , A+B <sup>1Sur</sup>	A+B <sup>2Norte</sup> , A+B <sup>2Sur</sup>
A+B bis	A+Bbis <sup>1Norte</sup>	
C+B	C+B <sup>2Sur</sup>	C+B <sup>2Norte</sup> , C+B <sup>2Sur</sup>
Total	18	

Tabla 1. Modelos objeto de simulación.

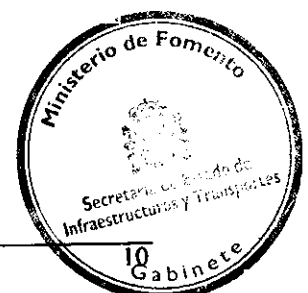
#### 4.7.- Datos de tráfico.

El Anexo V del presente documento expone de forma justificada el proceso de análisis y selección del día tipo realizado a fin de determinar la composición de flota y características básicas de las diversas cargas de tráfico que habrán de inyectarse a cada uno de los modelos a simular.

Las cargas de tráfico serán diseñadas para saturar el conjunto aeroportuario durante un intervalo de 6 horas , a partir de la siguiente flota básica:

Operaciones	Aeronaves ligeras	Aeronaves Medias	Aeronaves Pesadas
Llegadas /horas	5%	75%	20%
Despegues /hora	5%	75%	20%

Tabla 2. Flota básica.





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)

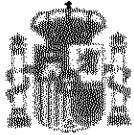


06/03/98



## Anexo I: Validación de hipótesis y simplificaciones





**SIMULACIÓN DEL MOVIMIENTO DE AERONAVES EN CALLES DE RODAJE Y PLATAFORMA EN EL AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS (1/01/1999)**

La simulación en tiempo acelerado de aeropuertos y espacio aéreo requiere la modelización previa del escenario a simular. Esto conlleva la realización de ciertas hipótesis y simplificaciones, que es conveniente que sean validadas o revisadas por la parte operativa de ese escenario.

A continuación se presentan una serie de valores propuestos para la construcción de los modelos para simulación (SIMMOD) del movimiento en calles de rodaje y plataforma. Junto a los valores propuestos se presenta la revisión de éstos.

**PARÁMETROS SIMPLIFICADOS:**

Separación longitudinal entre llegadas (aproximación):

Configuraciones actuales:

Propuesto: 5±1 NM

Revisado: 5 NM

Configuraciones previstas:

Propuesto: 3±1 NM

Revisado: 3.5 NM

Separación longitudinal entre salidas:

Según gestión de cola de despegues.

Velocidad nominal (IAS) en la aproximación final (configuración actual):

Pesados: Propuesto: 140 Kts

Revisado: 180 Kts

Medios: Propuesto: 130 Kts

Revisado: 180 Kts

Ligeros: Propuesto: 100 Kts

Revisado: 160 Kts

Velocidad nominal (IAS) en el despegue (configuración actual):

Pesados: Propuesto: 200 Kts

Revisado: 200 Kts

Medios: Propuesto: 190 Kts

Revisado: 190 Kts

Ligeros: Propuesto: 135 Kts

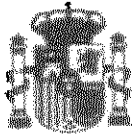
Revisado: 135 Kts

Velocidad ajustada en el tramo de aproximación final en la cadencia (futura):

Propuesto: 160 - 185 Kts

Revisado: 140 Kts





Bloqueo de llegadas sobre los despegues: (configuración actual):

- Pistas cruzadas (configuración actual):

Distancia al umbral a la que una llegada bloquea los despegues:

Propuesto: 2 NM

Revisado: 3,1 NM

Tiempo desde que toca pista una llegada hasta el despegue siguiente:

Propuesto: 30±5 s

Revisado: 30 s

- ARR y DEP por una misma pista

Distancia al umbral a la que una llegada bloquea los despegues:

Propuesto: 3 NM + 50 seg.

Revisado: 3,1 NM + 50 seg

- ARR y DEP por pistas con umbrales desplazados.

Distancia al umbral a la que una llegada por una pista bloquea los despegues por otra pista con umbral desplazado:

Propuesto: 3 NM - desfase de umbrales >1.1 NM.

Revisado: 3,1 NM - desfase de umbrales >1.1 NM

Bloqueo entre despegues (según tipo de aeronaves: pesadas, medias, ligeras):

	PESADA (bloquea)		MEDIA (bloquea)		LIGERA (bloquea)	
	Propuesto	Revisado	Propuesto	Revisado	Propuesto	Revisado
PESADA	120 s	120 s	105 s	75 s	135 s	180 s
MEDIA	120 s	120 s	120 s	75 s	135 s	180 s
LIGERA	120 s	120 s	120 s	120 s	120 s	75 s

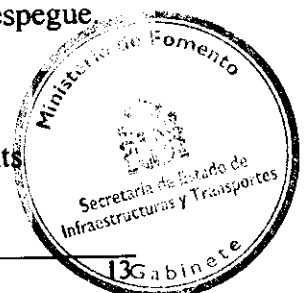
\*Los tiempos que se dan corresponden a las condiciones de bloqueo más restrictivas.

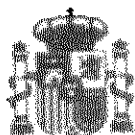
También se tiene en cuenta que en cada configuración de salidas el modelo tiene tres puntos de inicio de carrera de despegue, uno para cada tipo de aeronave, de tal forma que, cuanto mayor es la aeronave, más proxima a la cabecera inicia el despegue.

Velocidad nominal de rodaje para todas las aeronaves:

Propuesto: 20 Kts

Revisado: 20 Kts





Velocidad nominal de fin de carrera de aterrizaje en pista:

Propuesto: 85 kts Revisado: 85 Kts

Velocidad nominal de rodadura en pista (aterrizaje):

Propuesta: 35 kts Revisado: 35 Kts

Velocidad nominal de rodadura en salida rápida:

Propuesto: 35 kts Revisado: 35 Kts

Carreras de despegue:

Pesadas: Propuesto: 5500' Revisado: 7000' - 11000'

Medias: Propuesto: 5000' Revisado: 5000' - 7000'

Ligeras: Propuesto: 3000' Revisado: 3000' - 4500'

Carreras de aterrizaje:

Pesadas: Propuesto: 6500' Revisado: 6500' - 8000'

Medias: Propuesto: 4300' Revisado: 5000' - 6500'

Ligeras: Propuesto: 2500' Revisado: 3500' - 4500'

Tiempos de servicio en estacionamiento para llegadas:

Pesadas: Propuesto: 35 min Revisado: 55 min

Medias: Propuesto: 22 min Revisado: 40 min

Ligeras: Propuesto: 15 min Revisado: 15 min

Tiempos de servicio en estacionamiento para salidas:

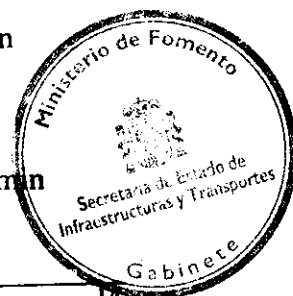
Pesadas: Propuesto: 35 min Revisado: 55 min

Medias: Propuesto: 22 min Revisado: 40 min

Ligeras: Propuesto: 10 min Revisado: 15 min

Tiempo media por operación de "push-back":

Propuesto: 3 min Revisado: 3 - 5 min







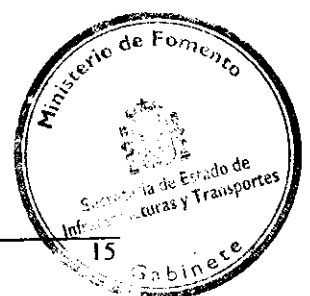
GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



06/03/98



\*Los valores que aparecen revisados corresponden a las observaciones sobre los valores propuestos en este cuestionario, recibidas en la DDSNA hasta el día 20/05/97.





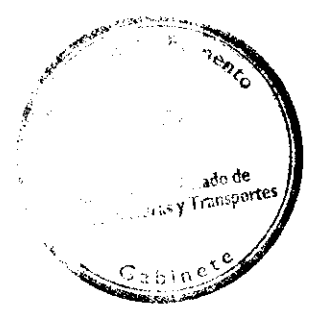
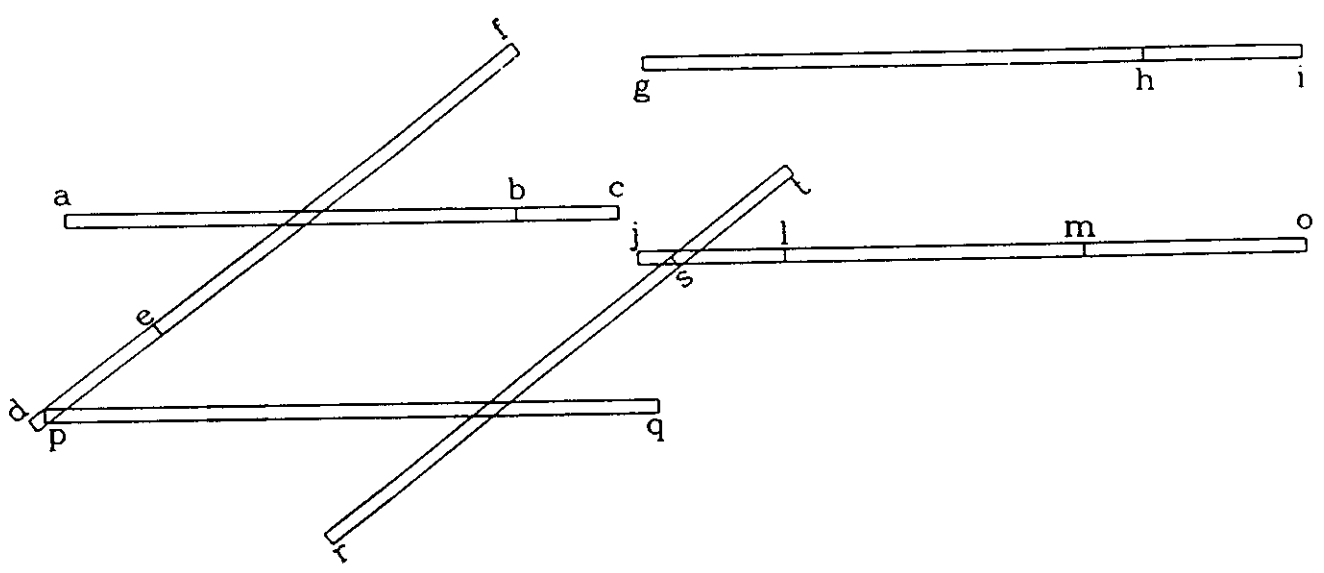
**Anexo II : Posibles umbrales actuales y futuros del Aeropuerto de Madrid-Barajas**



# AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS

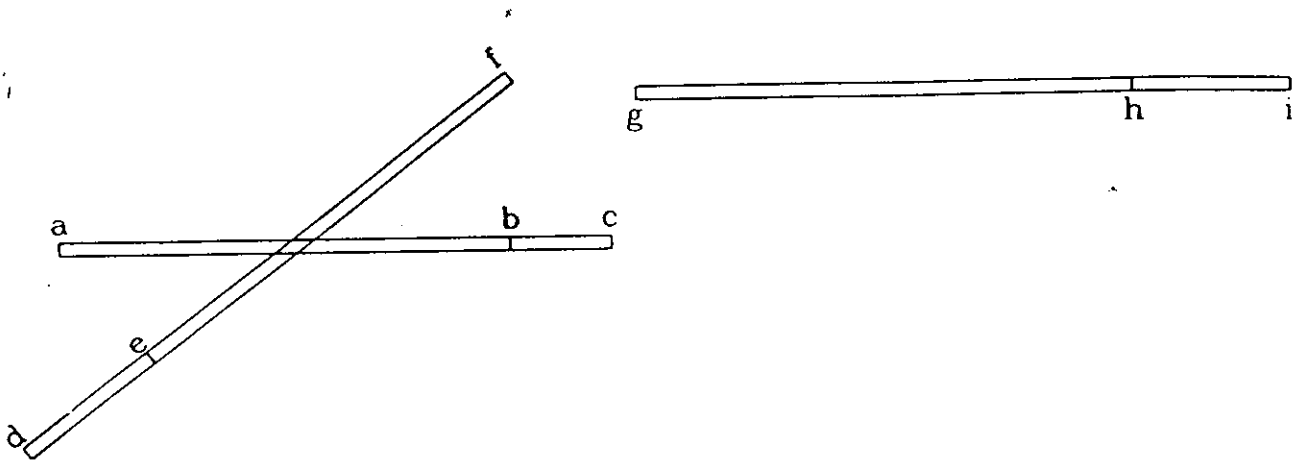
POSIBLES UMBRALES ACTUALES Y FUTUROS

DENOMINACION

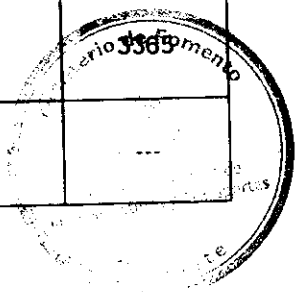


UMBRAL	Coord UTM	Coord Locales	ELEV (m)
a	X=452.406 Y=4.478.919	X=100+00 Y=5000	594
b	X=452.412 Y=4.481.922	X=130+03 Y=5000	593
c	X=452.413 Y=4.482.610	X=137+00 Y=5000	590
d	X=453.787 Y=4.478.678	X=97+62 Y=3619	581
e	X=453.149 Y=4.479.512	X=105+94 Y=4258	589
f	X=451.291 Y=4.481.941	X=130+20 Y=6121	608
g	X=451.413 Y=4.482.800	X=138+79 Y=6000	604
h	X=451.420 Y=4.486.165	X=172+44 Y=6000	607
i	X=451.422 Y=4487240	X=183+19 Y=6000	610
j	X=452.724 Y=4.482.737	X=138+19 Y=4689	586
l	X=452.726 Y=4.483.737	X=148+19 Y=4689	589
m	X=452.730 Y=4.485.737	X=168+19 Y=4689	590
o	X=452.733 Y=4.487.237	X=183+19 Y=4689	595
p	X=453.717 Y=4.478.756	X=98+40 Y=3689	583
q	X=453.725 Y=4482856	X=139+40 Y=3689	576
r	X=454579 Y=4.480.605	X=116+91 Y=2830	580
s	X=452.756 Y=4.482.988	X=140+70 Y=4658	586
t	X=452.148 Y=4.483.782	X=148+63 Y=5267	590

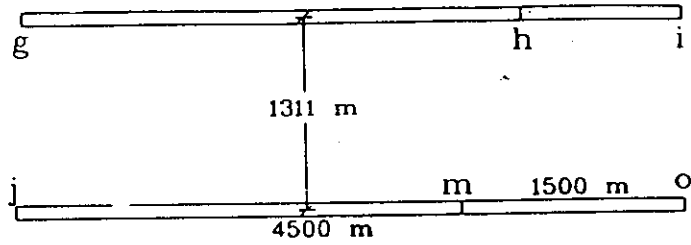
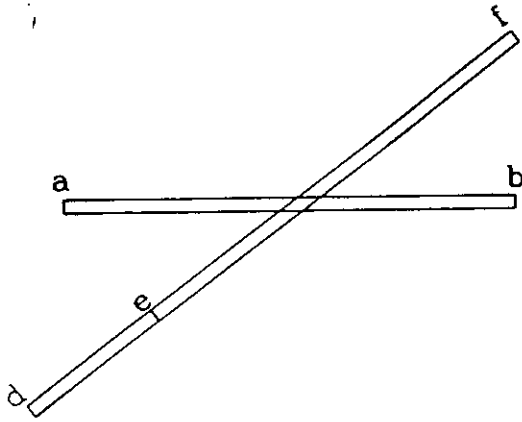
### CASO 1



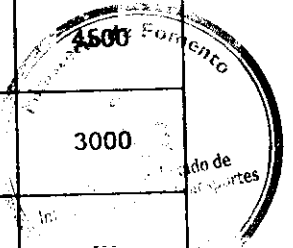
Denominación	UMBRAL	Coord. UTM	Coordenadas Locales	ELEV (m)	TORA (m)	LDA (m)
a	36R	X=452.406 Y=4.478.919	X=100+00 Y=5000	594	3700	3700
b	18L Desplaz (697 m)	X=452.412 Y=4.481.922	X=130+03 Y=5000	593	3003	3003
c	18L	X=452.413 Y=4482610	X=137+00 Y=5000	590	3700	---
d	33	X=453.787 Y=4.478.678	X=97+62 Y=3619	581	4100	---
e	33 Desplaz (1050 m)	X=453.149 Y=4.479.512	X=105+94 Y=4258	589	3050	3050
f	15	X=451.291 Y=4.481.941	X=130+20 Y=6121	608	4100	4100
g	36L	X=451.413 Y=4.482.800	X=138+79 Y=6000	604	4440	---
h	18R Desplaz (1075 m)	X=451.420 Y=4.486.165	X=172+44 Y=6000	607	---	---
i	18R	X=451.422 Y=4.487.240	X=183+19 Y=6000	610	---	---



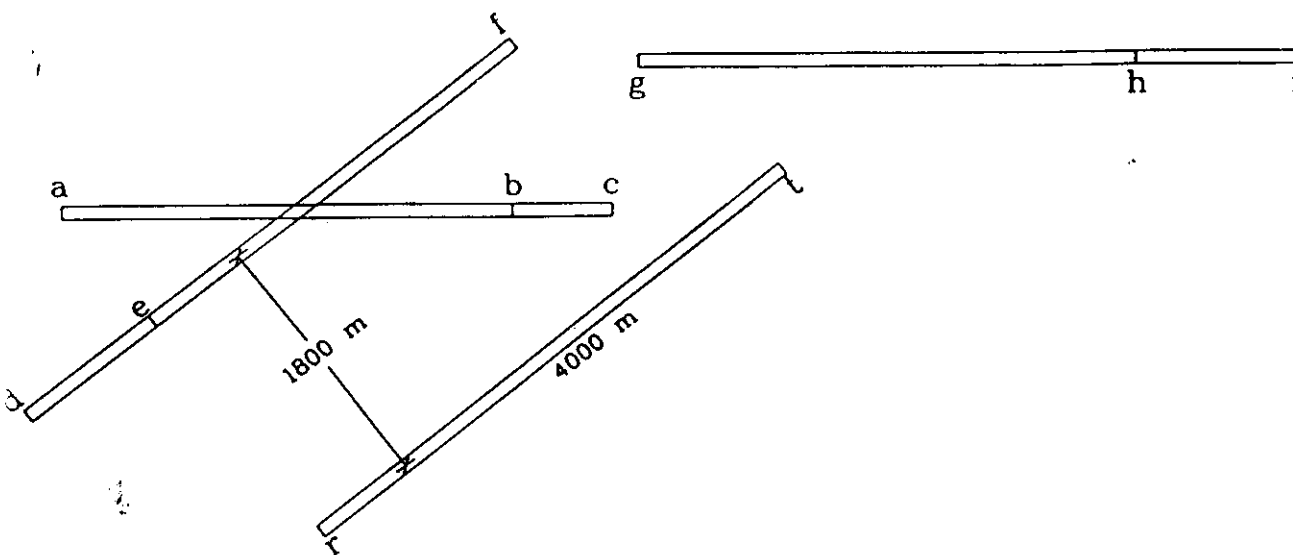
## CASO 2



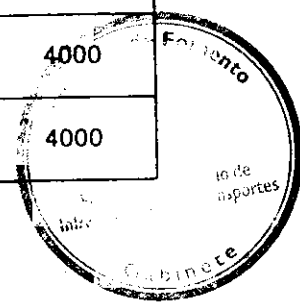
Denominación	RWY	THR Coord UTM	THR Coord Locales	THR Elev (m)	TORA (m)	LDA (m)
a	36C	X=452.406 Y=4.478.919	X=100+00 Y=5000	594	3003	3003
b	18C	X=452.412 Y=4.481.922	X=130+03 Y=5000	593	3003	3003
d	33	X=453.787 Y=4.478.678	X=97+62 Y=3619	581	4100	---
e	33 Desplaz (1050 m)	X=453.149 Y=4.479.512	X=105+94 Y=4258	589	3050	3050
f	15	X=451.291 Y=4.481.941	X=130+20 Y=6121	608	4100	4100
g	36L	X=451.413 Y=4.482.800	X=138+79 Y=6000	604	4440	---
h	18R Desplaz (1075 m)	X=451.420 Y=4.486.165	X=172+44 Y=6000	607	---	3365
i	18R	X=451.422 Y=4.487.240	X=183+19 Y=6000	610	---	---
j	36R	X=452.724 Y=4.482.737	X=138+19 Y=4689	586	4500	---
m	18L Desplaz (1500 m)	X=452.730 Y=4.485.737	X=168+19 Y=4689	590	3000	3000
o	18L	X=452.733 Y=4.48237	X=183+19 Y=4689	595	4500	---



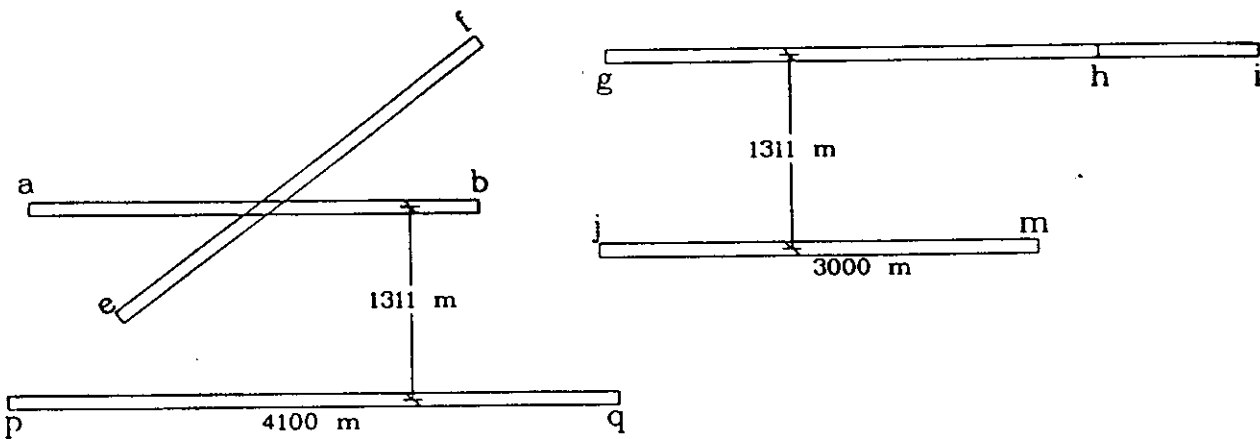
### CASO 3



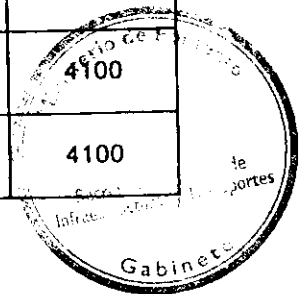
Denominación	RWY	THR Coord UTM	THR Coord Locales	THR Elev (m)	TORA (m)	LDA (m)
a	36R	X=452.406 Y=4.478.919	X=100+00 Y=5000	594	3700	3700
b	18L Desplaz (697 m)	X=452.412 Y=4.481.922	X=130+03 Y=5000	593	3003	3003
c	18L	X=452.413 Y=4.482.610	X=137+00 Y=5000	590	3700	---
d	33L	X=453.787 Y=4.478.678	X=97+62 Y=3619	581	4100	---
e	33L Despla (1050 m)	X=453.149 Y=4.479.512	X=105+94 Y=4258	589	3050	3050
f	15R	X=451.291 Y=4.481.941	X=130+20 Y=6121	608	4100	4100
g	36L	X=451.413 Y=4.482.800	X=138+79 Y=6000	604	4440	---
h	18R Desplaz (1075 m)	X=451.420 Y=4.486.165	X=172+44 Y=6000	607	---	3365
i	18R	X=451.422 Y=4.487.240	X=183+19 Y=6000	610	---	---
r	33R	X=454.579 Y=4.480.605	X=116+91 Y=2830	580	4000	4000
t	15L	X=452.148 Y=4.483.782	X=148+63 Y=5267	590	4000	4000



### CASO 4

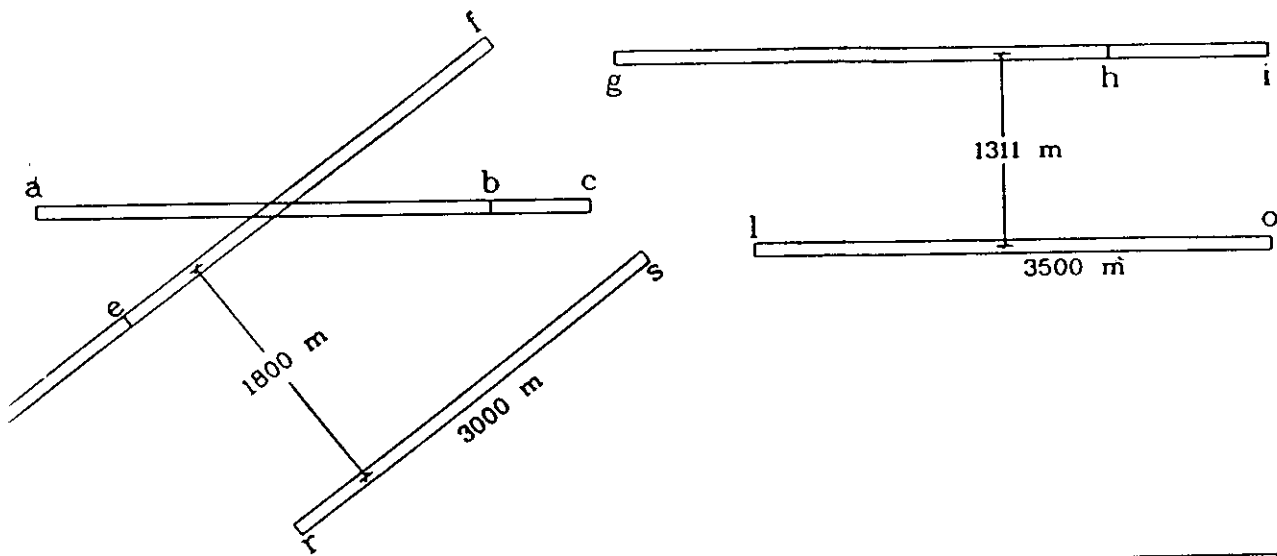


Denominación	UMBRAL	Coord UTM	Coord Locales	ELEV (m)	TORA (m)	LDA (m)
a	36R	X=452.406 Y=4.478.919	X=100+00 Y=5000	594	3003	3003
b	18L	X=452.412 Y=4.481.922	X=130+03 Y=5000	593	3003	---
e	33	X=453.149 Y=4.479.512	X=105+94 Y=4258	589	3050	3050
f	15	X=451.291 Y=4.481.941	X=130+20 Y=6121	608	3050	3050
g	36L	X=451.413 Y=4.482.800	X=138+79 Y=6000	604	4440	---
h	18R Desplaz (1075 m)	X=451.420 Y=4.486.165	X=172+44 Y=6000	607	---	3365
i	18R	X=451.422 Y=4.487.240	X=183+19 Y=6000	610	---	---
j	01L	X=452.724 Y=4.482.737	X=138+19 Y=4689	586	3000	---
m	19R	X=452.730 Y=4.485.737	X=169+19 Y=4689	590	---	3000
p	01R	X=453.717 Y=4.478.756	X=98+40 Y=3689	583	4100	4100
q	19L	X=453.725 Y=4.482.856	X=139+40 Y=3689	576	4100	4100

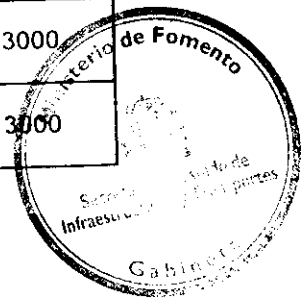




### CASO 5



Denominación	RWY	THR Coord UTM	THR Coord Locales	THR ELEV (m)	TORA (m)	LDA (m)
a	36C	X=452.406 Y=4.478.919	X=100+00 Y=5000	594	3700	3700
b	18C Desplaz (697m)	X=452.412 Y=4.481.922	X=130+03 Y=5000	593	3003	3003
c	18C	X=452.413 Y=4.482.610	X=137+00 Y=5000	590	3700	---
d	33L	X=453.787 Y=4.478.678	X=97+62 Y=3619	581	4100	---
e	33L Desplaz (1050 m)	X=453.149 Y=4.479.512	X=105+94 Y=4258	589	3050	3050
f	15R	X=451.291 Y=4.481.941	X=130+20 Y=6121	608	4100	4100
g	36L	X=451.413 Y=4.482.800	X=138+94 Y=6000	604	4440	---
h	18R Desplaz (1075 m)	X=451.420 Y=4.486.165	X=172+44 Y=6000	607	---	3365
i	18R	X=451.422 Y=4.487.240	X=183+19 Y=6000	610	---	---
l	36R	X=452.726 Y=4.483.737	X=148+19 Y=4689	589	3500	---
o	18L	X=452.733 Y=4.487.237	X=183+19 Y=4689	595	---	3500
r	33R	X=454.579 Y=4.480.605	X=116+91 Y=2830	580	3000	3000
s	15L	X=452.756 Y=4.482.988	X=140+70 Y=4658	586	3000	3000





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



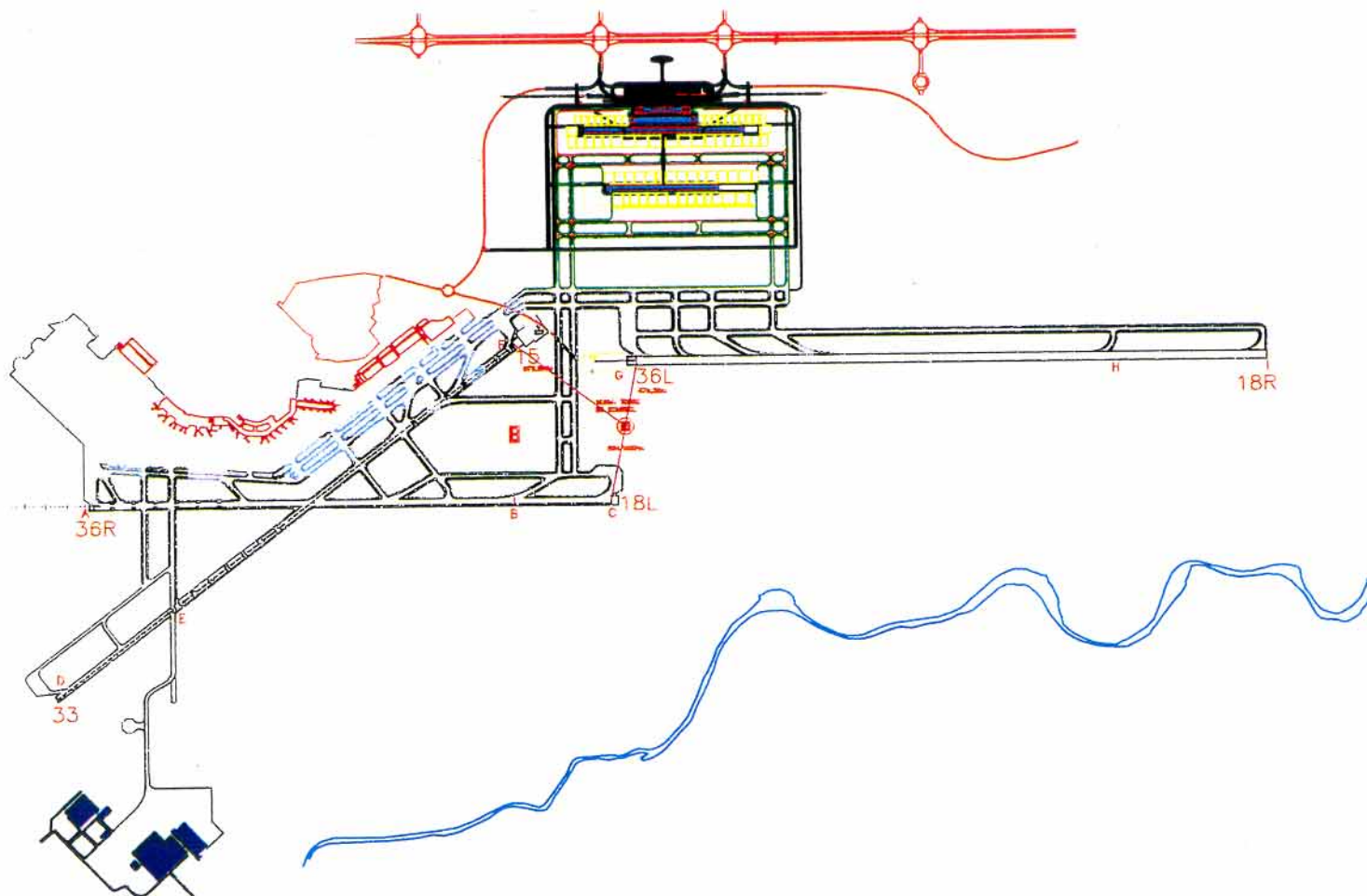
06/03/98

**Anexo III: Planos representativos del sistema de rodadura y  
plataformas**





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



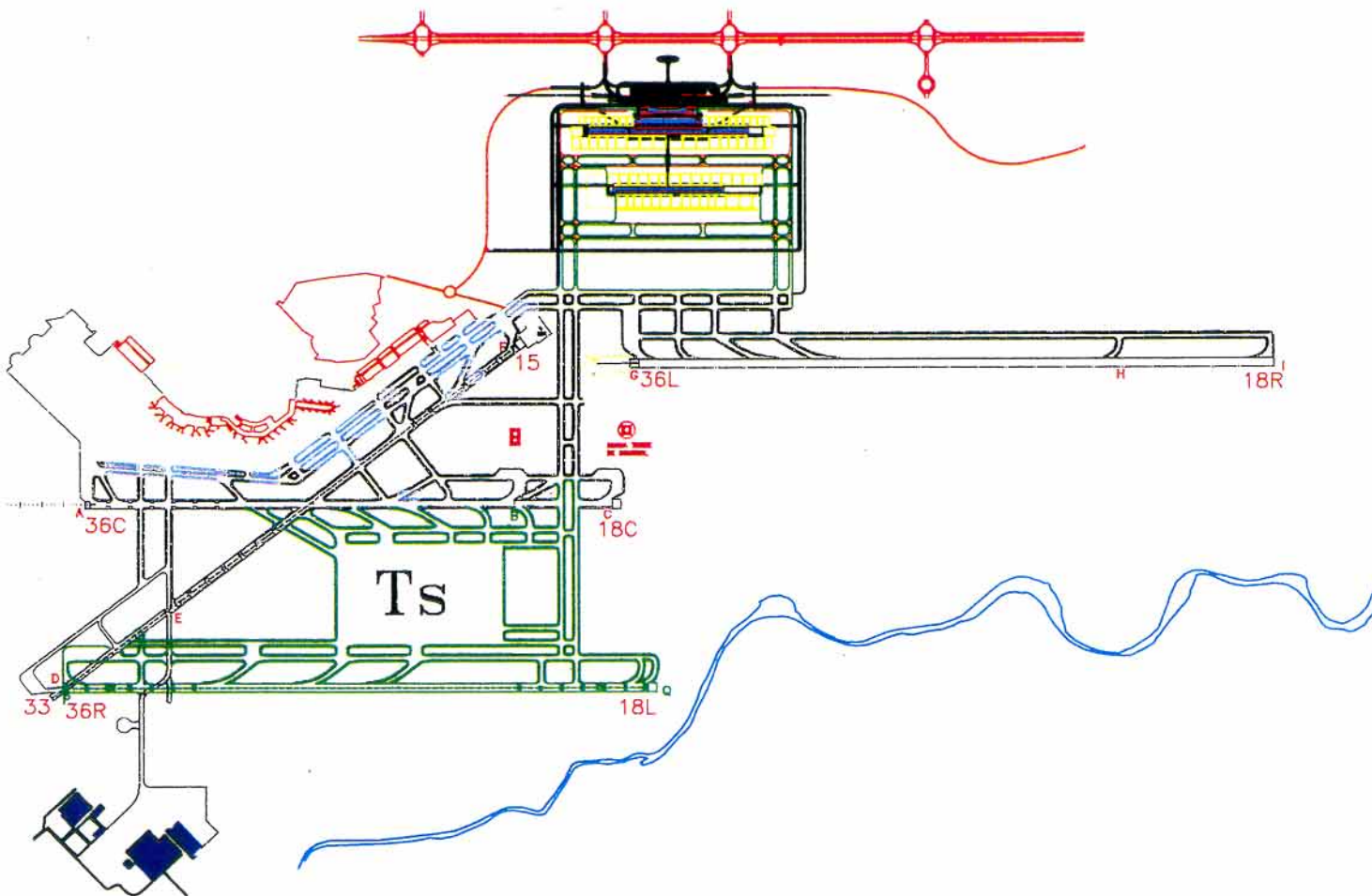
# AEROPUERTO DE MADRID BARAJAS CONFIGURACION DE PARTIDA

FEBRERO 1998

ESCALA 1:50.000



GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



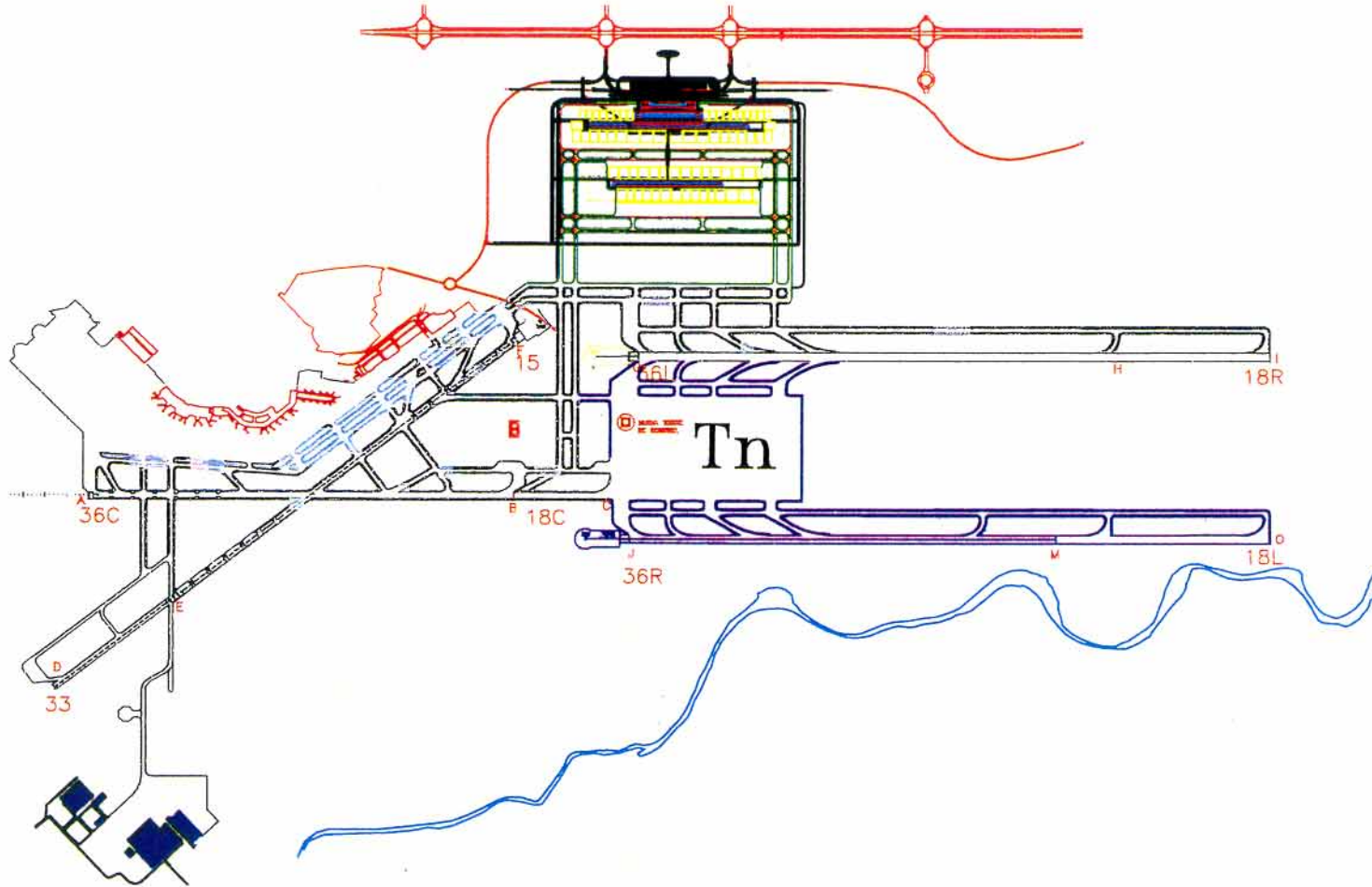
AEROPUERTO DE MADRID BARAJAS  
CASO A

ESCALA 1:50.000

FEBRERO 1998



GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



ESCALA 1:50.000

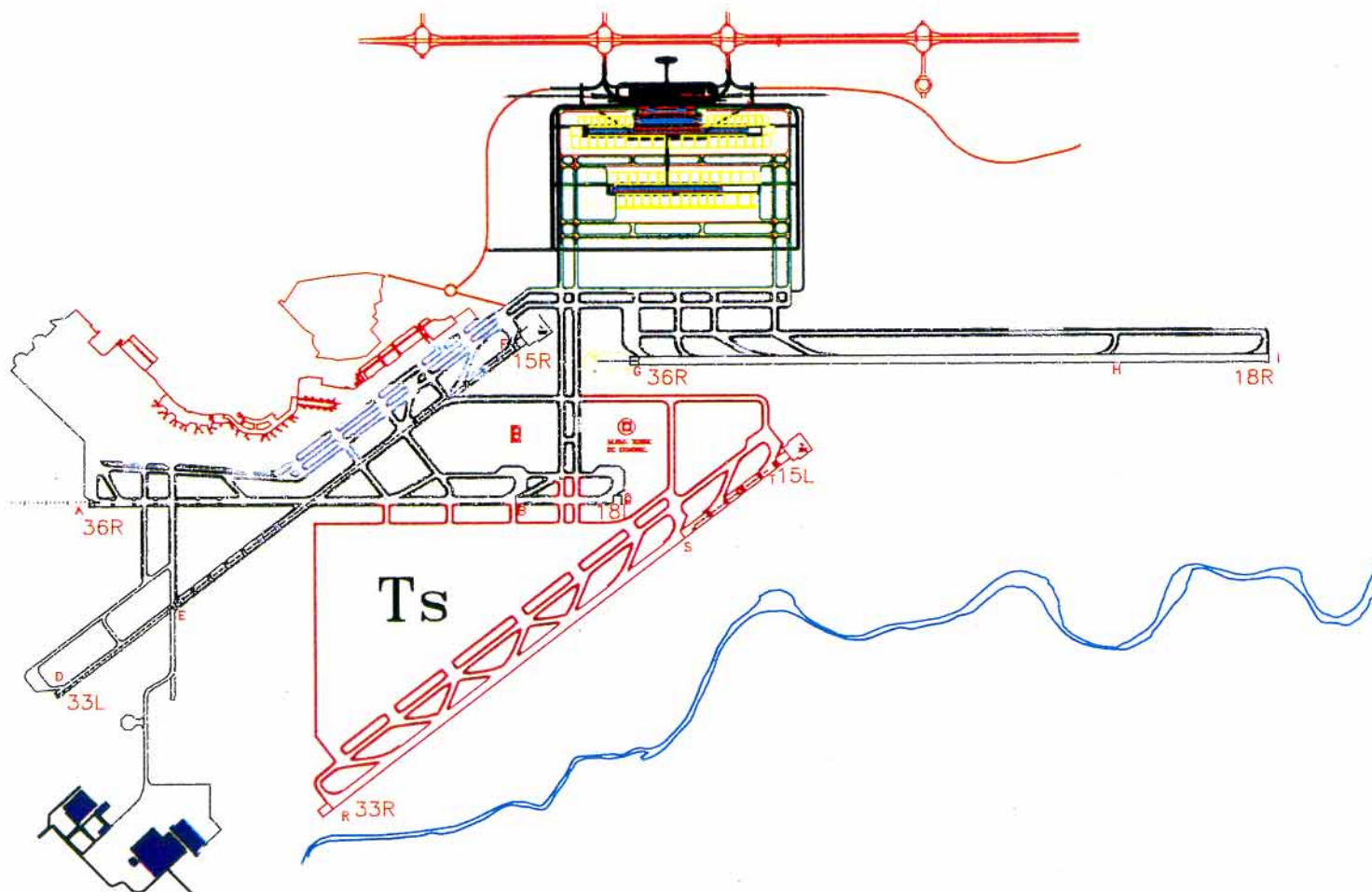
AEROPUERTO DE MADRID BARAJAS  
CASO B

FEBRERO 1998





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



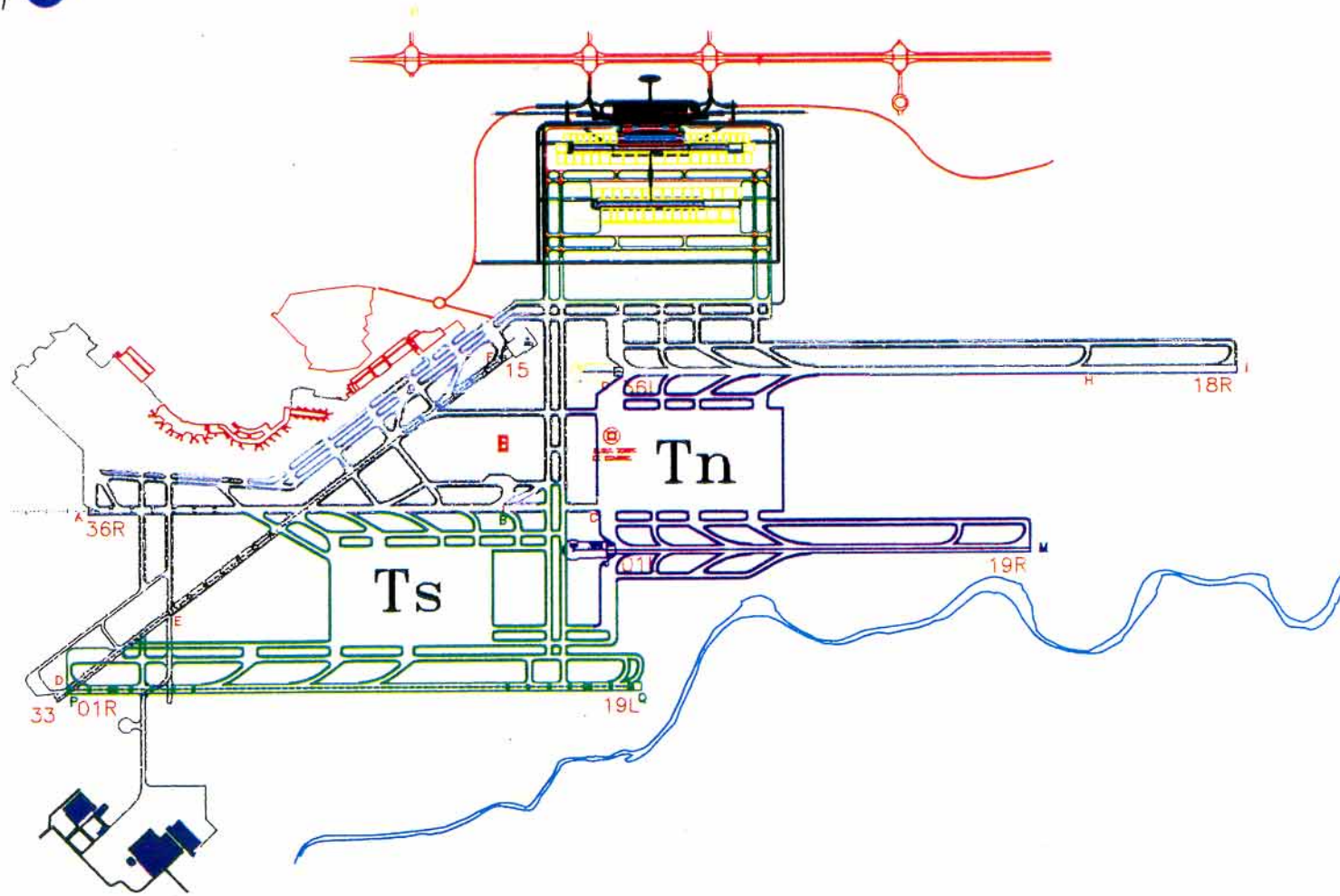
ESCALA 1:50.000

AEROPUERTO DE MADRID BARAJAS  
CASO C

FEBRERO 1998



GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



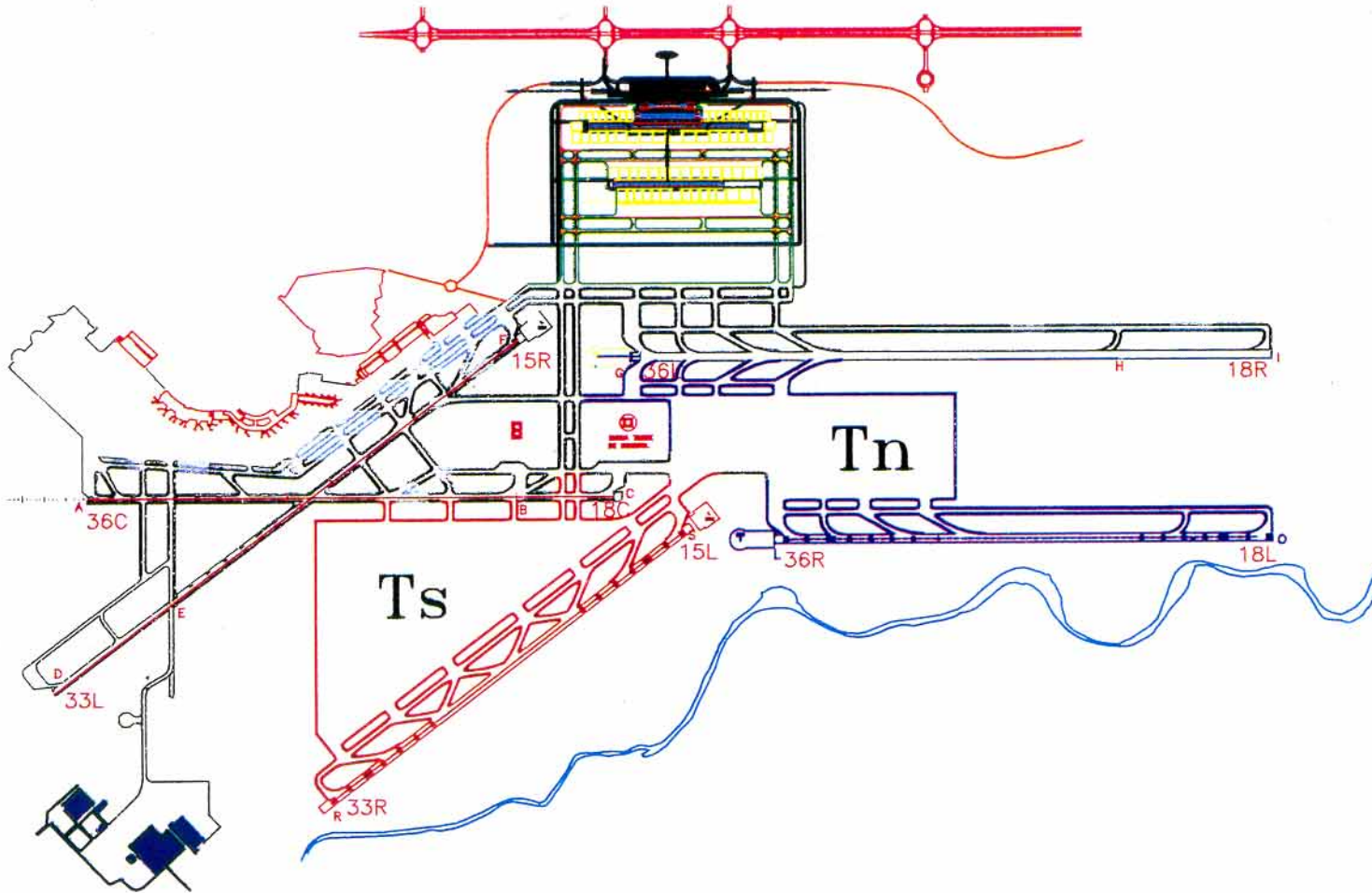
ESCALA 1:50.000

AEROPUERTO DE MADRID BARAJAS  
CASO A+B o B+A

FEBRERO 1998



GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



ESCALA 1:50.000

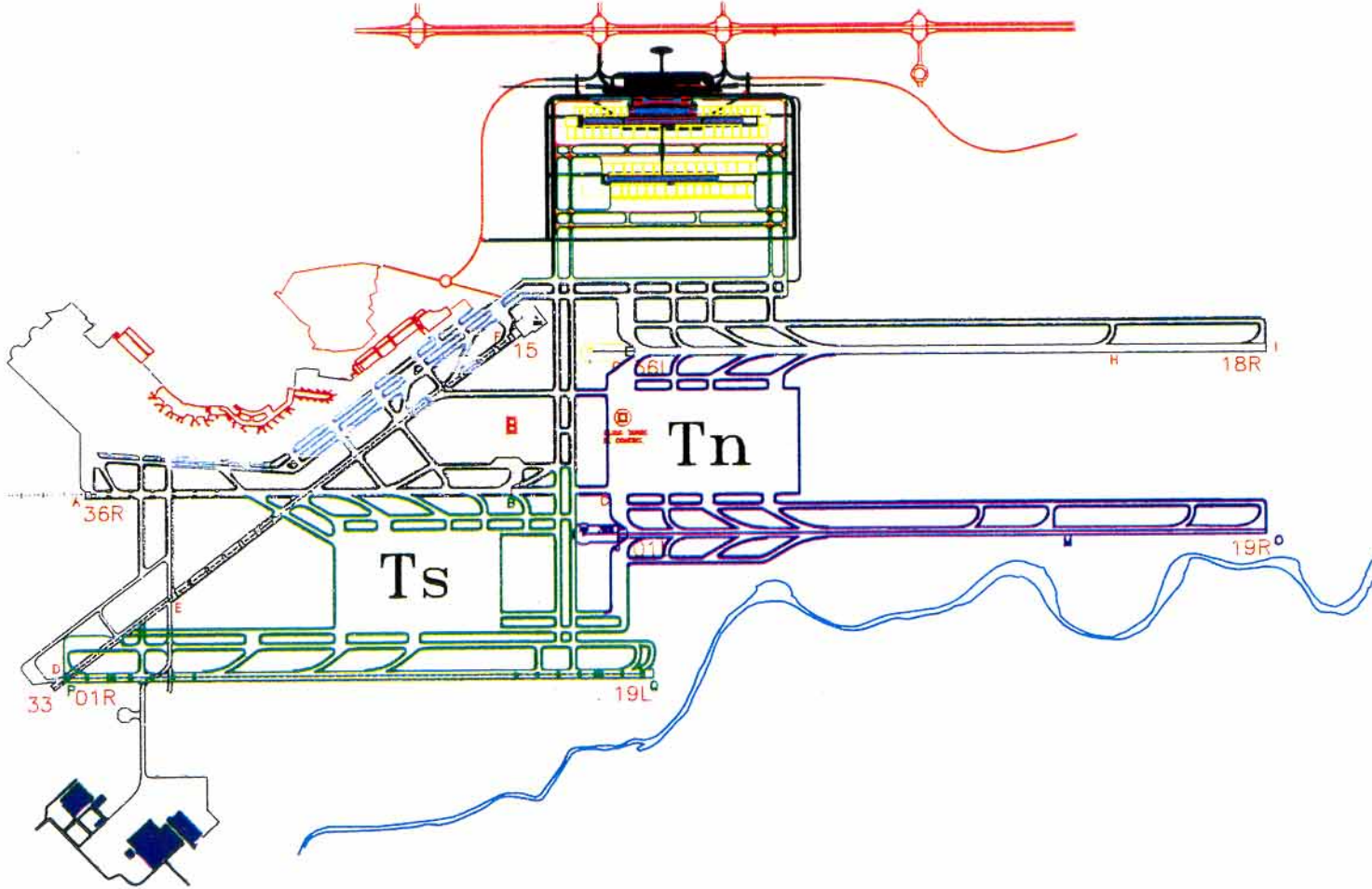
AEROPUERTO DE MADRID BARAJAS  
CASO C+B o B+C

FEBRERO 1998





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



ESCALA 1:50.000

AEROPUERTO DE MADRID BARAJAS  
CASO A+B o B+A BIS

FEBRERO 1998



GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



06/03/98

## Anexo IV : Modelos a simular





## 1.- Modelos a simular.

El estudio que se plantea se centra en la simulación de los 5, casos de ubicación y orientación de futuras pistas, enunciados anteriormente en ambas configuraciones Norte y Sur, con diversas cargas de tráfico de saturación.

Los escenarios a simular incluirán un modelo básico de todo el aeropuerto de Madrid-Barajas y conexión con el lado aire, con diversas cargas de tráfico de saturación. De este modo, se conseguirá simular de un modo realista la zona de estudio (pistas, calles de salida y colas de despegue) integrada en su entorno normal de funcionamiento.

*El análisis se centrará en la capacidad máxima de las distintas configuraciones de pistas, teniendo en cuenta un sistema básico de calles de rodadura y áreas de plataforma del aeropuerto sin limitaciones de capacidad.*

*En el estudio se presupone la existencia de procedimientos, si no actuales, futuros, que permitan las operaciones consideradas. Tales procedimientos implicarán un coste asociado que habrá de ser determinado a posteriori atendiendo, entre otros, a los siguientes factores:*

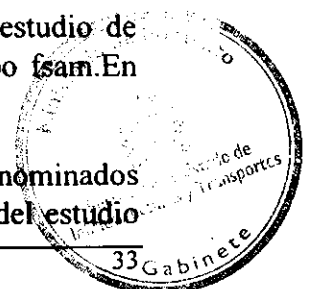
- *Adecuación de procedimientos ATS*
- *Mínimos de operación( orografía, necesidades operacionales).*
- *Ayudas a la navegación y sistemas de vigilancia.*
- *Infraestructuras.*
- *Meteorología*
- *Impacto ambiental, etc....*

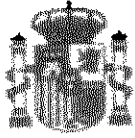
A la hora de seleccionar los modelos a simular se han considerado las dos siguientes premisas:

\* Definir aquellos casos que permitan un uso óptimo de pistas, considerando exclusivamente el entorno cercano al aeropuerto y presumiendo la viabilidad/existencia de un diseño de maniobras de E/S que permitan dicha optimización.

\* Añadir, cuando difieran de los anteriores, los casos derivados del estudio de procedimientos realizado por el Departamento de E.E.A. para el grupo fsam. En adelante nos referiremos a los mismos como modelos EEA.

Se plantea establecer, por tanto, un grupo de modelos a desarrollar, denominados óptimos, y otro grupo que incluya aquellos modelos adicionales derivados del estudio





del Departamento de E.E.A. La justificación de esta aproximación radica en lo siguiente:

- a) Aportar al estudio elementos que permitan un mejor juicio y decisión para determinar el modelo óptimo de máxima capacidad.
- b) Permitir definir y localizar aquellas limitaciones y deficiencias que se establecerían caso de no llevarse a cabo un buen diseño de los procedimientos/maniobras de entrada y salida del entorno aeroportuario y la adecuada integración con un eventual nuevo diseño del TMA asociado al mismo.

El análisis de escenarios a modelizar da lugar a los modelos que se enuncian a continuación :

CASOS Sugeridos por grupo fsam	MODELOS Generados por el grupo de simulación	
	Uso optimizado de pistas	Uso de pistas deducido de los procedimientos elaborados por Espacio Aéreo (EEA)
A	A <sup>1Norte</sup> , A <sup>1Sur</sup>	
B	B <sup>1Norte</sup> , B <sup>1Sur</sup>	B <sup>2Norte</sup> , B <sup>2Sur</sup>
C	C <sup>1Norte</sup> , C <sup>1Sur</sup>	C <sup>2Norte</sup> , C <sup>2Sur</sup>
A+B	A+B <sup>1Norte</sup> , A+B <sup>1Sur</sup>	A+B <sup>2Norte</sup> , A+B <sup>2Sur</sup>
A+B bis	A+Bbis <sup>1Norte</sup>	
C+B	C+B <sup>2Sur</sup>	C+B <sup>2Norte</sup> , C+B <sup>1Sur</sup>
Total	18	

### CASO DE REFERENCIA

#### Óptimo

C. Norte:

ARR 33

DEP 36R y 36L ( Independientes)

C. Sur:

ARR 18R y 18 L (dependientes)

DEP 15





Este caso definido por el grupo fsam como configuración de partida no será analizado en estas simulaciones, por ser su desarrollo y optimización, objeto de uno de los “Planes Guía 98” entendiéndose por tanto que cualquier información relativa a la capacidad de dicho escenario deberá ser proporcionada como resultado de tal trabajo.

## CASO A

Modelo A 1 Norte :

ARR 36 C y 36 R (Independientes)

DEP 36L y 36 C (Independientes)

Bloqueo de ARR 36C sobre DEP 36 C

Modelo A 1 Sur :

ARR 18R y 18C (Dependientes)

DEP 18C y 18L (Independientes)

Bloqueo de ARR18C sobre DEP 18C/L

## CASO B

Modelo B 1 Norte

ARR 33 pista única.

DEP 36L y 36R (Independientes)

Modelo B 2 Norte (EEA)

ARR 33 y 36R dependientes.

ARR 36R bloquean DEP 36R y ARR 33

ARR 33 bloquean ARR 36R

DEP 36L y 36R ( Independientes entre sí)

Modelo B3 Norte: NO SERÁ OBJETO DE SIMULACIÓN.

ARR 33 y 36 C: Aproximaciones a pistas convergentes.

Uso de procedimientos “DCIA”; éstos se llevarían a cabo con la adecuada tecnología.





DEP 36L y 36R (Independientes).

ARR 36 C bloquea DEP 36 R

Modelo B 1 Sur :

ARR 18R y 18 L (Independientes)

DEP 15 y 18C: (Umbral desplazado: uso de aeronaves tipo medias y ligeras)

DEP 18C interfieren DEP 15 y viceversa

Modelo 2 Sur (EEA):

ARR 18R y 18 L (Independientes)

DEP 15 y 18L dependientes.

ARR 18L bloquean DEP18L y DEP 15

## CASO C

Modelo 1C Norte :

ARR 33 L y 33 R (Independientes)

DEP 36L pista única

Modelo 2 C Norte (EEA):

ARR 33L y 33R (Dependientes)

DEP 33L y 33R (Independientes entre sí). DEP 36L

ARR 33R/L bloquean DEP 33R/L

ARR/DEP 33R bloquean DEP 36L

Modelo 3C Norte: NO SERÁ OBJETO DE SIMULACIÓN.

ARR 33L y 33 R (Independientes)

DEP 33L y 36L ( Independientes).

ARR 33L bloquea DEP33L.

ARR 33R bloquea DEP36L





Modelo 1C Sur:

ARR 18 R

DEP 15R y 15 L (Independientes).

Modelo 2 C Sur (EEA)

ARR 15R/L y 18R

ARR 15R/L dependientes.

ARR18 R bloquea a ARR 15R/L

ARR 15R/L bloquean a ARR 18R

DEP 15R y 15L (Dependientes) bloqueo de ARR sobre DEP/pista.

### CASO A+B

Modelo A+B 1 Norte:

ARR 36R y 01 R (Independientes)

DEP 36L y 01L (Independientes) .

Aeronaves pesadas no despegan por la pista 01L

Modelo A+B 2 Norte :(EEA)

ARR 36R y 01 R (Independientes)

DEP 36L y 01L ( Independientes)

Bloqueo ARR 36R sobre DEP 01 L/36L

Aeronaves pesadas no despegan por la pista 01L

Modelo A+B 1 Sur :

ARR 18 R y 19R (Independientes)

DEP 18L y 19 L (Independientes)

Modelo A+B 2. Sur :(EEA)

ARR 18 R y 19R (Independientes)





DEP 18L y 19 L (Independientes)

Bloqueo ARR 19R sobre DEP 19L y DEP 18 L

CONSECUENCIA DEL CASO A+B:

**CASO A+B bis:** Idéntico al modelo A+B 1 Norte, en lo referente a procedimientos, pero con la longitud de la pista 01L-19R incrementada. Se plantea este nuevo caso a simular, en la siguiente reunión del grupo del FSAM. Este caso permitiría despegues de aeronaves pesadas por la pista 01L.

**CASO C+B**

Modelo C+B 1 Norte:

ARR 33R y 33 L (Independientes)

DEP 36L y 36R (Independientes)

Aeronaves pesadas no despegan de pista 36R

CASO análogo al CASO 4A, en cuestión de capacidad máxima. **NO SE MODELIZA**

Modelo C+B 2 Norte: (EEA)

ARR 33R y 33 L (Independientes)

DEP 36L y 36R (Independientes). ARR 33R bloquea a DEP 36L.

Aeronaves pesadas no despegan de pista 36R

Modelo C+B 1 Sur :

ARR 18 R y 18L (Independientes)

DEP15R y 15L (Independientes)

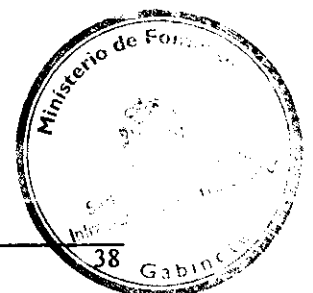
Aeronaves pesadas no despegan de pista 15L

CASO análogo al CASO 4A, en cuestión de capacidad máxima. **NO SE MODELIZA**

Modelo C+B 2 Sur:

ARR 18 R y 18L (Independientes)

DEP15R y 15L (Independientes). ARR 18L bloquean DEP 15 R







Aeronaves pesadas no despegan de pista 15L

Modelo C+B 3 Sur (EEA):

ARR 18 R y 18L (Independientes)

DEP15R y 15L (Dependientes) ARR 18L bloquean DEP 15 R

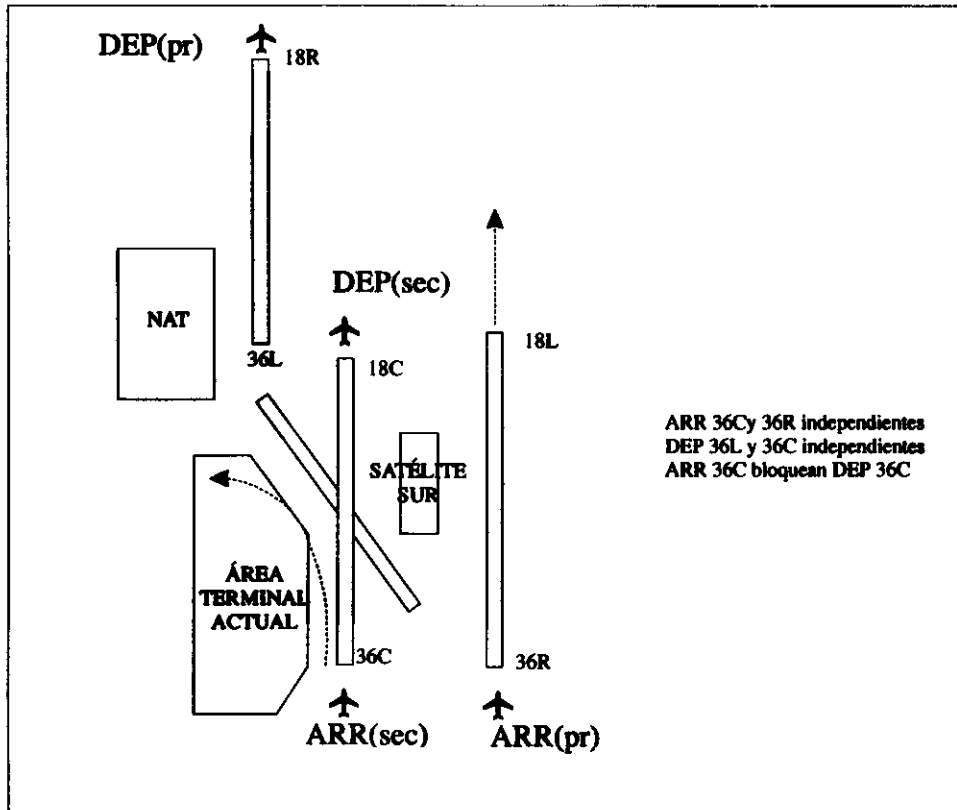
Aeronaves pesadas no despegan de pista 15

Las figuras adjuntas ilustran los diversos casos y modelos. Las flechas de frustradas han de entenderse únicamente como indicativas de dirección/orientación.

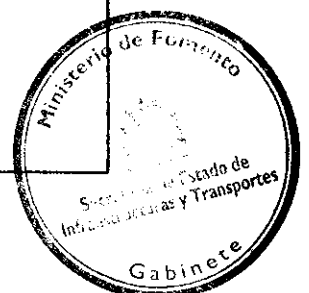
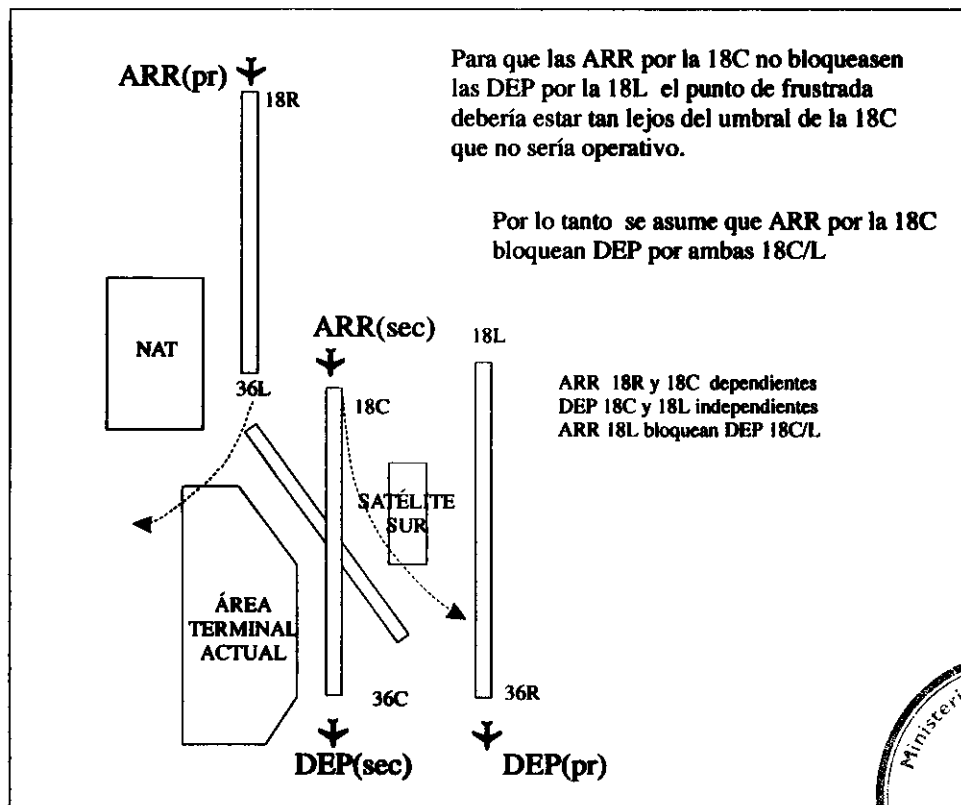


# CASO A

## Modelo A 1Norte

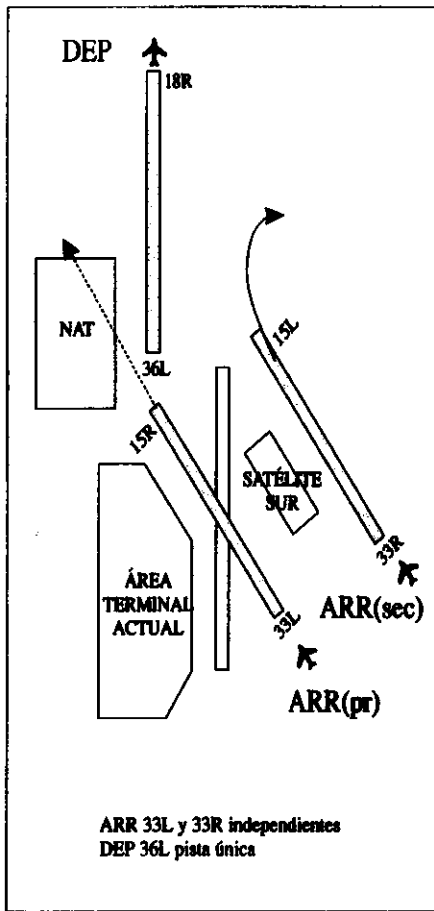


## Modelo A 1Sur

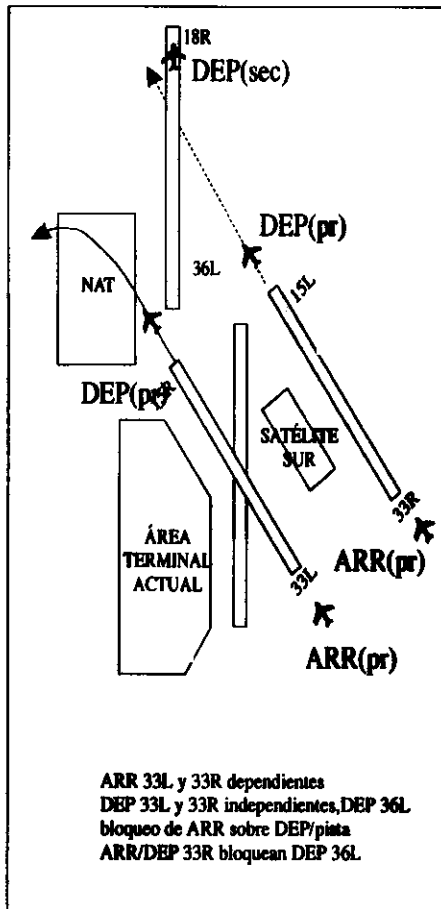


# CASO C

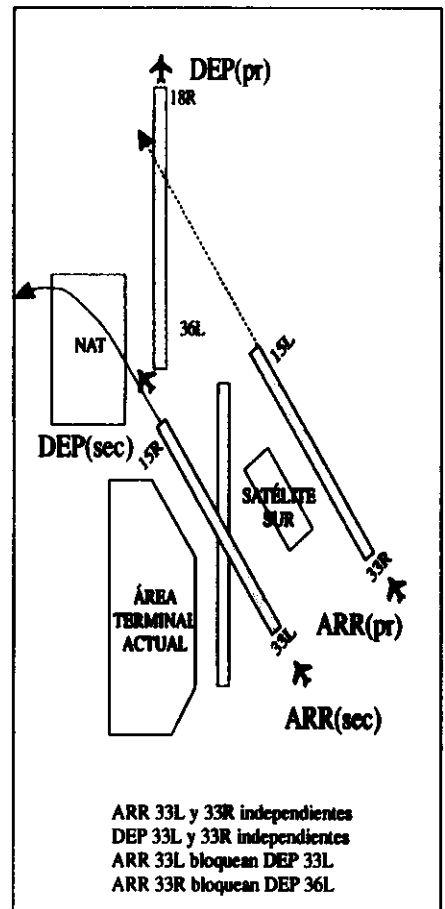
Modelo C 1 Norte



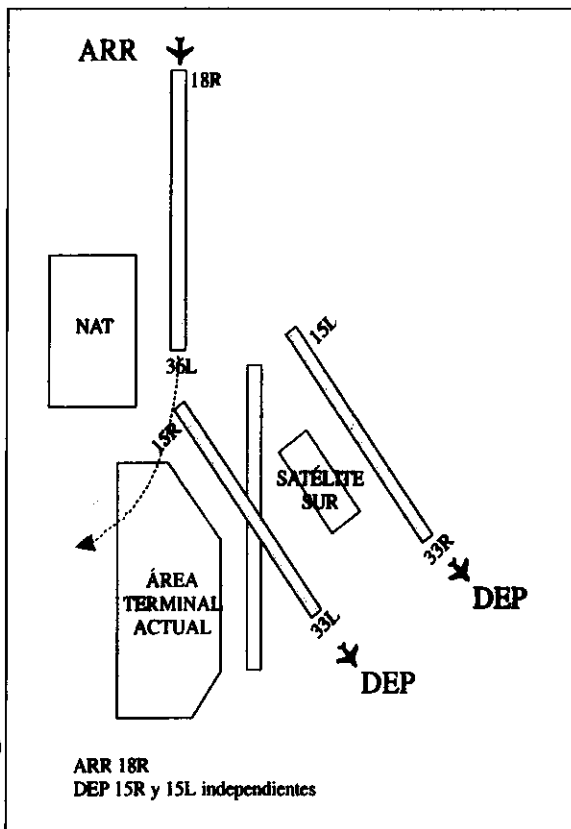
Modelo C 2 Norte  
(EEA)



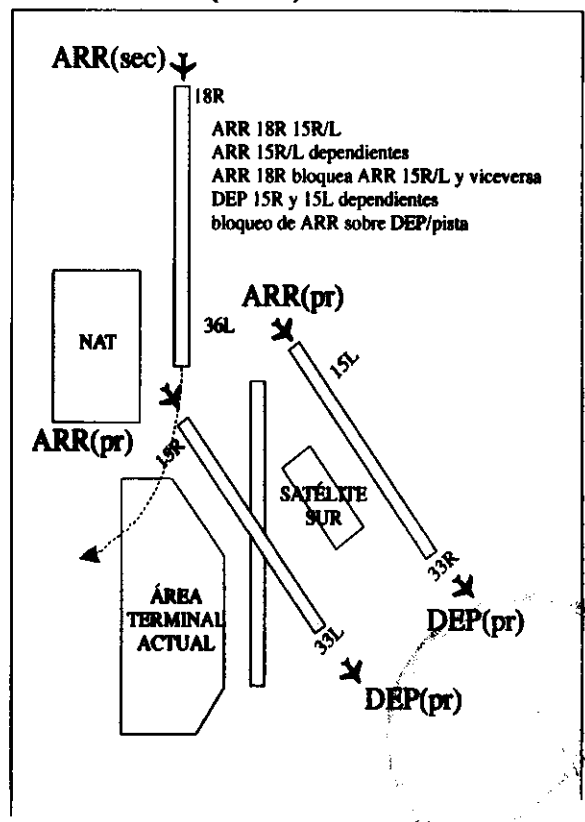
Modelo C Norte  
NO SE SIMULA  
Etapas posteriores



Modelo C 1 Sur



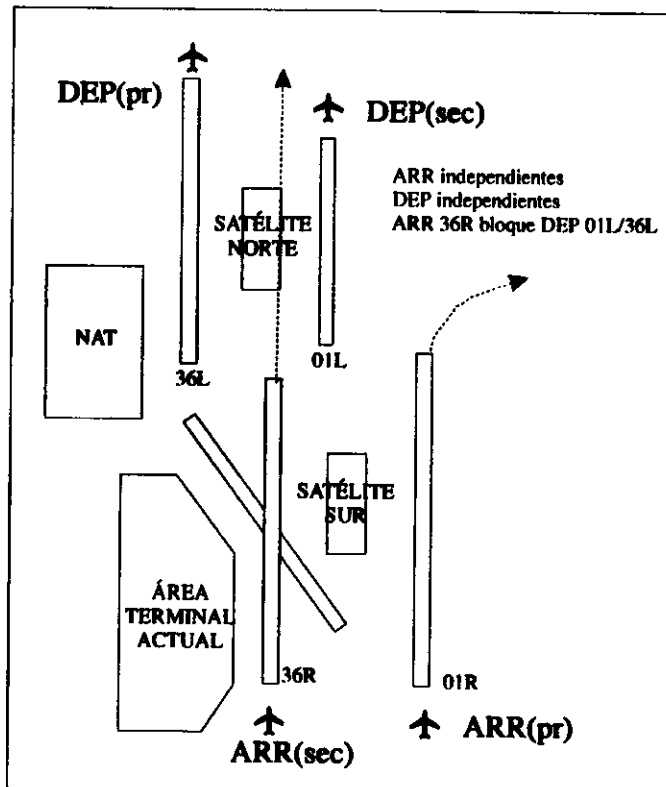
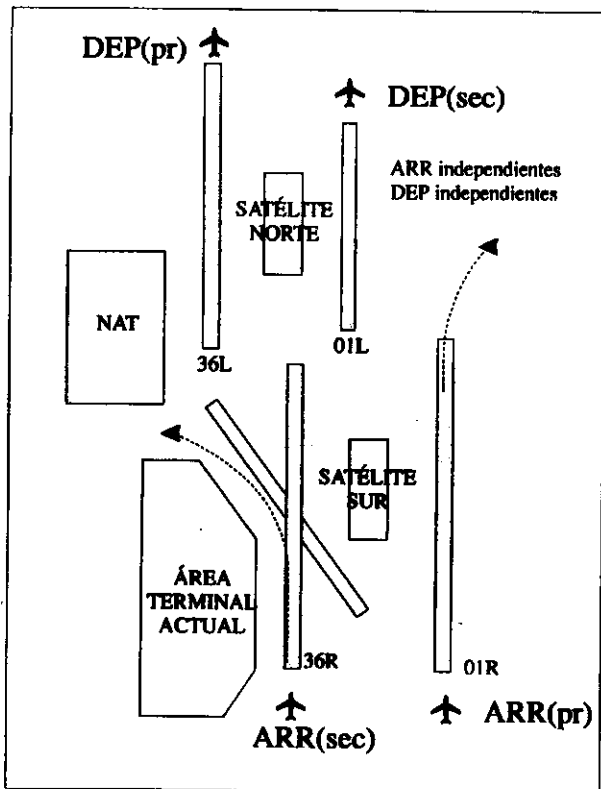
Modelo C 2 Sur  
(EEA)



# CASO A+B

Modelo A+B 1Norte

Modelo A+B 2Norte  
(EEA)

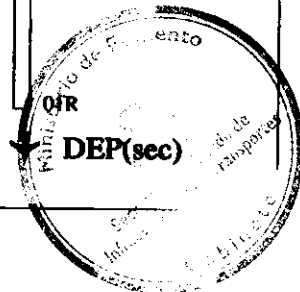
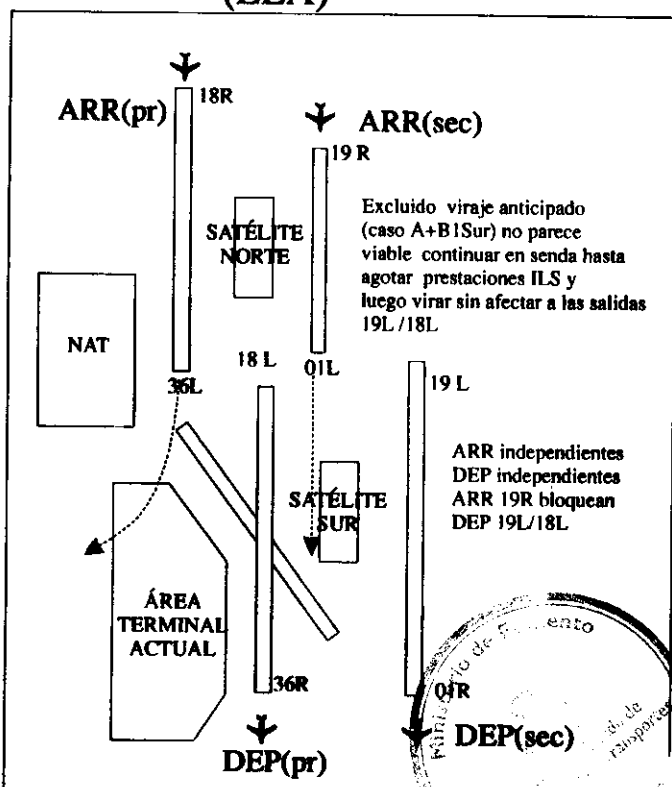
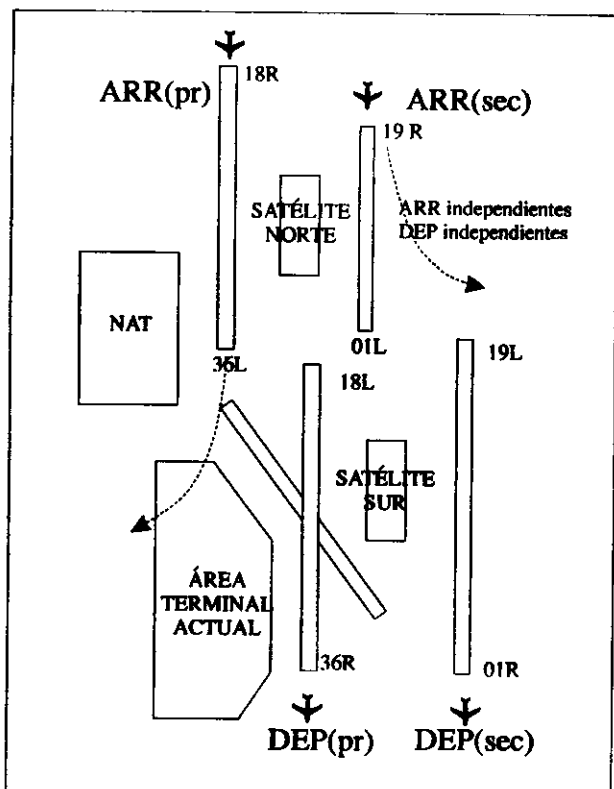


## Consecuencia: CASO A+B bis

Identico a CASO A + B con incremento longitud pista 01L-19R .  
SE MODELIZA SOLO CONFIGURACION NORTE

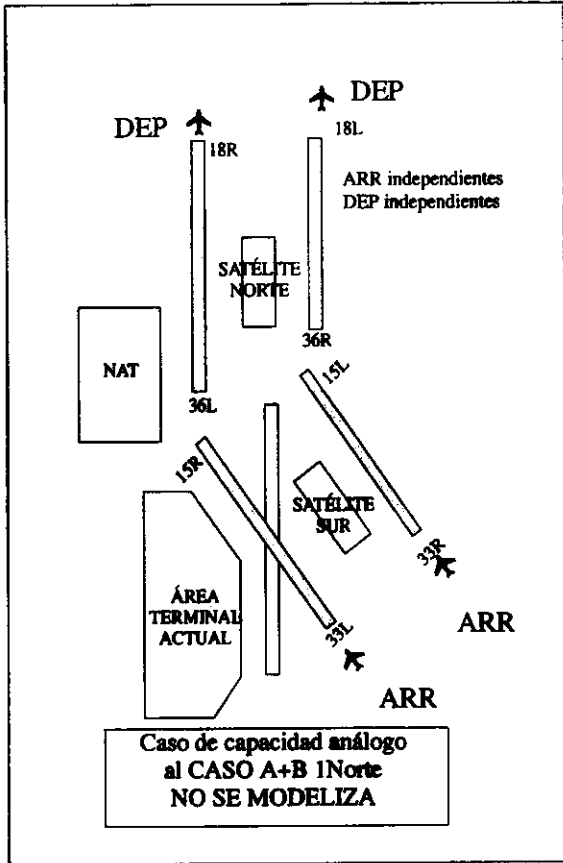
Modelo A+B 1Sur

Modelo A+B 2 Sur  
(EEA)

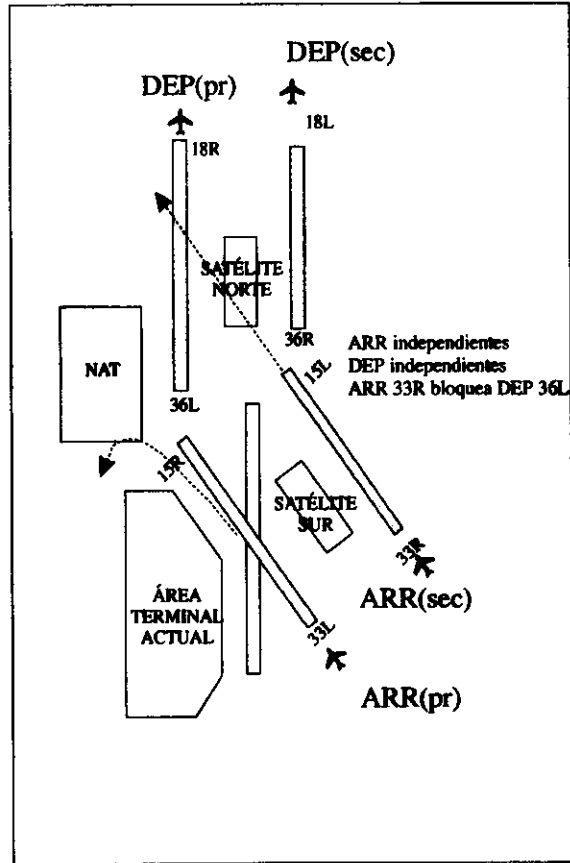


# CASO C+B

## Modelo C+B 1 Norte

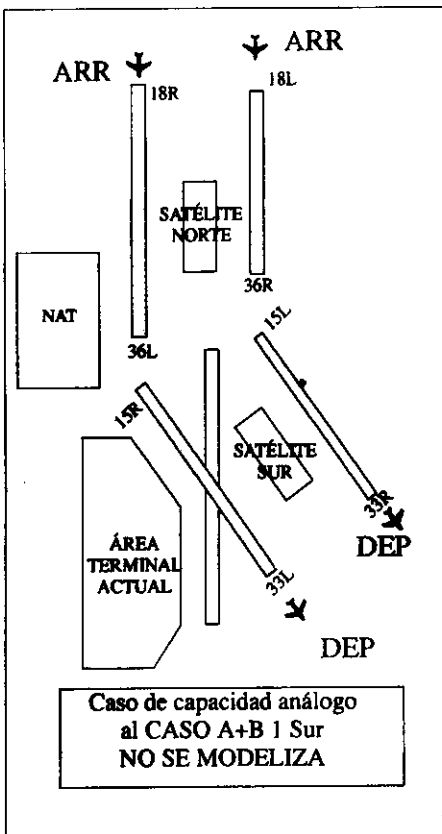


## Modelo C+B 2 Norte (EEA)

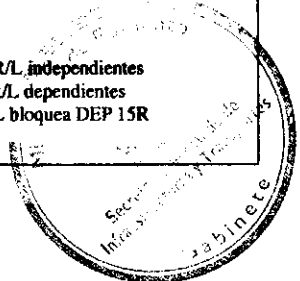
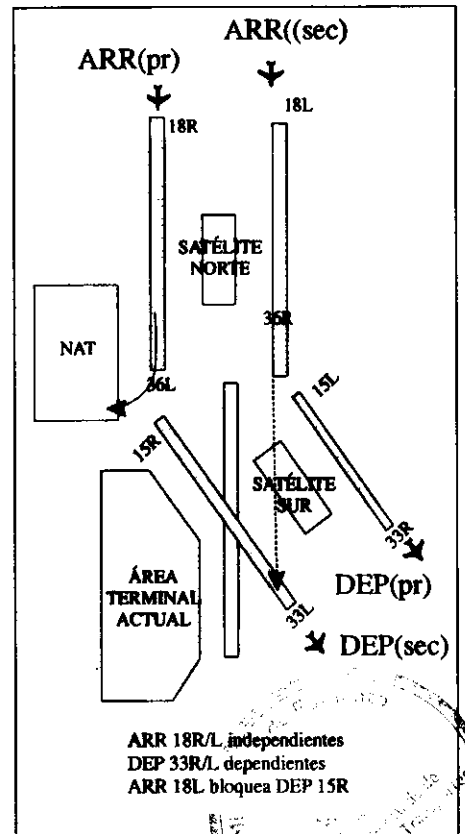
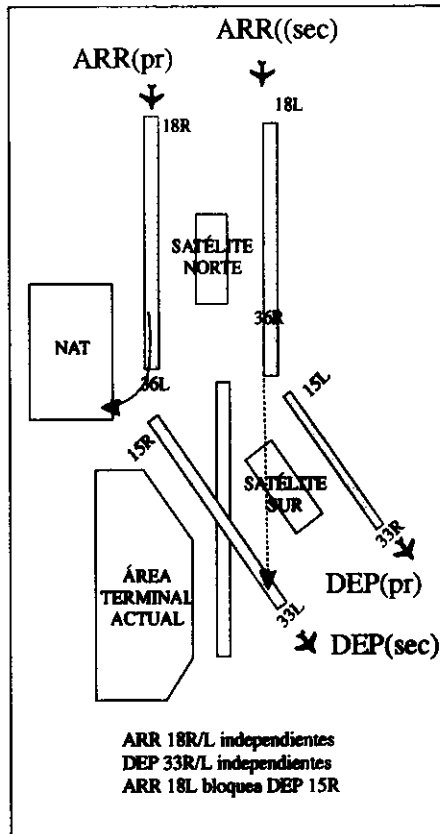


## Modelo C+B 3 Sur (EEA)

### Modelo C+B 1 Sur



### Modelo C+B 2 Sur





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



06/03/98

## Anexo V : Datos de tráfico





## DATOS DE TRÁFICO EMPLEADOS EN SIMULACIONES FSAM

### 1.- Antecedentes.

Los datos de tráfico a emplear en los estudios de los escenarios del FSAM se basan en el día tipo ( 6 de febrero de 1997) establecido para los modelos de simulación del estudio "Simulación del Área de Maniobras en el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas" (Junio 1997) y posteriores estudios asociados.

Los porcentajes empleados en los estudios mencionados , se basaban en los análisis estadísticos llevados a cabo a partir de una muestra de 5 meses comprendidos entre 1996 y 1997 y de muestras de tráfico de los años 1995 y 1996 (muestras SACTA) y en los cuales se obtenían, como valores medios , los siguientes porcentajes de vuelos/hora, diferenciados por tipo de flota:

10 - 15 % de Aeronaves de tipo pesado

80 - 85 % de Aeronaves de tipo medio

5 - 10 % de Aeronaves de tipo ligero

### 2.- Hipótesis de partida. Prognosis de tráfico en los estudios del FSAM.

Para llevar a cabo la definición de las cargas de tráfico se considerarán, como hipótesis de partida las enunciadas a continuación :

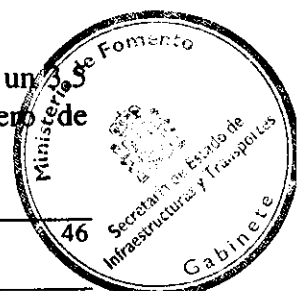
1º Una carga de tráfico, la cual será de aplicación en un entorno aeroportuario próximo, considerando las hipótesis de partida establecidas para la modelización de los mismos ( no inclusión de rutas ni estructura del TMA).

2º El día tipo, a partir del cual se establecen los porcentajes de flota , será el empleado en los estudios de "Simulación del Área de Maniobras en el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas" (Junio 1997) y estudios realizados del NAT. La adecuación de la carga de tráfico al estudio particular del FSAM se establece en base al punto 1º y a la metodología de trabajo esbozada.

3º Se establece como carga de tráfico / hora - pico, para la determinación de la máxima capacidad de los escenarios del FSAM, aquella que sature el entorno aeroportuario con una demanda continuada de servicio.

4º Para determinar la prognosis del tráfico y el horizonte temporal se consideran las siguientes hipótesis de partida:

a) Una tasa de crecimiento anual constante y cuyo valor se sitúa en un  $\%$  . Dicho valor se aplicará a las operaciones/día y al número de movimientos/hora-punta.





b) Se considera como punto de partida, el año 2000 con un número de 1100 operaciones/día. El máximo número admisible de movimientos en hora-punta (valor de saturación) se considera situado en 80 operaciones/hora. ( Valores procedentes del estudio "Simulación del Área de Maniobras en el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas" . DDSNA. Junio 1997)

Con dichas consideraciones y para un período a medio-largo plazo ( 10 - 12 años) con horizonte temporal situado en el año 2010, la prognosis se establece en : 1551 vuelos/día con una demanda máxima de 112 vuelos/hora-punta.

5° Teniendo en cuenta los puntos 3° y 4°, el horizonte temporal se ubicaría más allá del año 2010.

6° Para las aeronaves de tipo ligero se establece su presencia en un 5 % del total de vuelos , considerando el impacto que poseen en la operación del aeropuerto de Madrid-Barajas.

7° Para las aeronaves de tipo pesado ( aeronaves de gran capacidad incluidas) se incrementa su porcentaje hasta un 20 % del total de operaciones/día, por el previsible incremento de vuelos intercontinentales, a medio-largo plazo, al considerar dicho aeropuerto como "gateway" de Europa Meridional.

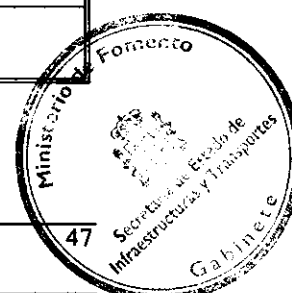
8° En el caso de las aeronaves de tipo medio, se sitúa en un 75 % del total.

9° Se aplica como carga "básica" , una carga de 6 horas con equilibrio entre llegadas y despegues. Se modificará el equilibrio de la carga denominada básica para determinar la respuesta de cada escenario con cada desequilibrio.

### 3. Conclusión.

Por tanto, se establece como flota y carga básica de aplicación en los modelos del FSAM los siguientes porcentajes :

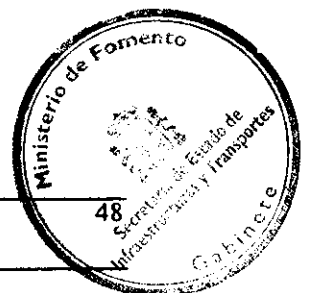
Operaciones	Aer. Ligeras	Aer. Medias	Aer. Pesadas
Llegadas/hora	5	75	20
Salidas/hora	5	75	20







**Anexo VI : CONCEPTOS BÁSICOS**





## Conceptos básicos

### **APROXIMACIONES INSTRUMENTALES PARALELAS INDEPENDIENTES.**

Son aquellas aproximaciones ILS a pistas paralelas que , cumpliendo con la normativa vigente, cada una de las aproximaciones se considera , a todos los efectos, como si no existieran otras operaciones de llegadas a pistas en el aeropuerto y sin ningún tipo de interferencias entre ellas.

### **APROXIMACIONES INSTRUMENTALES PARALELAS DEPENDIENTES.**

Con menores exigencias que las Aproximaciones Instrumentales Paralelas Independientes se pueden llevar a cabo dichas aproximaciones a pistas paralelas próximas siempre que, cumpliendo la normativa vigente (lo que incluye una distancia mínima entre ejes), se establezca entre aproximaciones ILS adyacentes una separación mínima diagonal.

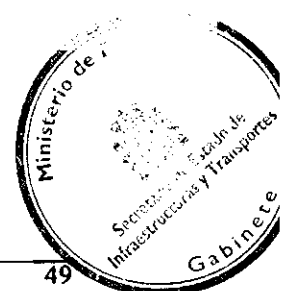
Para cualquier configuración de pistas paralelas cuya distancia entre sí sea inferior al mínimo que permite la dependencia, se considera, a todos los efectos, como única pista.

### **OPERACIONES INSTRUMENTALES SEGREGADAS PARALELAS .**

Dichas operaciones se producen sobre pistas paralelas en las cuales se lleva a cabo un procedimiento distinto por cada una de ellas ( llegadas a una pista y salidas por la otra ) siempre y cuando cumplan la normativa vigente.

### **APROXIMACIONES INSTRUMENTALES DEPENDIENTES A PISTAS CONVERGENTES (DCIA).**

Las operaciones de llegada se producen sobre pistas convergentes o bien, sobre pistas cuyos ejes se intersecan . El procedimiento de aproximaciones dependientes a pistas convegentes (DCIA) permite llevar a cabo éste tipo de operaciones , suministrando la adecuada separación entre aeronaves. La tecnología asociada permitirá , primero, trasladar la imagen (ghost) de la primera aeronave que efectúa la aproximación a una de las pistas al eje de aproximación de la otra pista en el punto de inicio de la aproximación frustrada y, segundo, aplicar desde éste punto la separación requerida a la aeronave que está efectuando la aproximación efectiva a esa pista.





## SALIDAS INSTRUMENTALES NORMALIZADAS INDEPENDIENTES EN PISTAS PARALELAS.

Se realizan de forma independiente para cada pista en servicio con relación a la paralela, siempre que se asegure la divergencia y/o que se asegure la separación normativa en todo el desarrollo de la SID.

### Resumen de requisitos normativos.

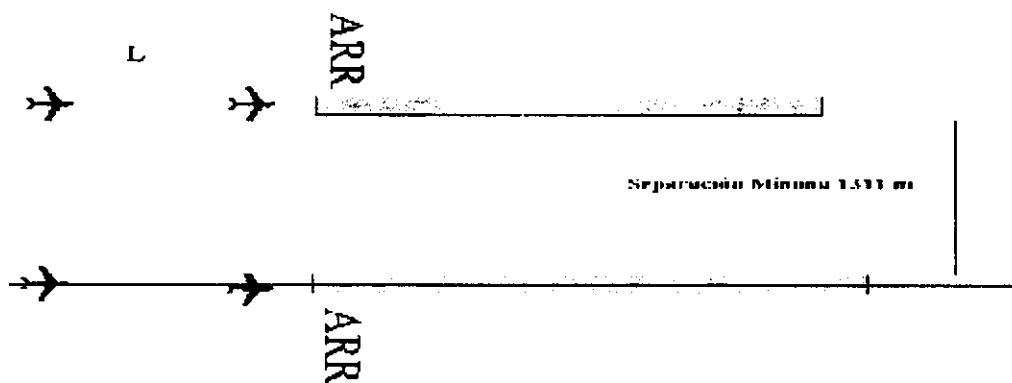
Principalmente, la distancia entre ejes de pistas determinará de partida la posibilidad de la dependencia o independencia del procedimiento, así como la mayor ó menor implicación del uso del radar en determinados tramos.

El diseño del procedimiento y el uso asociado de medios de vigilancia/ayudas a la navegación, procuran compatibilidad entre las distintas fases de ambos procedimientos susceptibles de generar conflictos, ó nivel de divergencia entre derrotas, separación mantenida vertical o longitudinal, longitudinal y/o diagonal, etc...

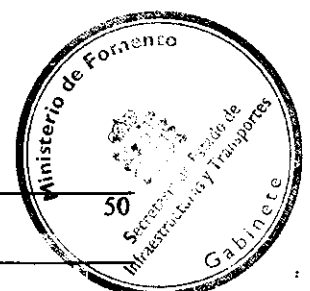
La búsqueda de la máxima capacidad para un sistema de pistas, tanto paralelas dependientes como independientes, considerando las referencias, guía y normativa OACI actuales, requerirá estudios adicionales puntuales tendentes a homologar criterios de separación/compatibilidad que pudieran resolverse en la definición de criterios nacionales.

Bibliografía: "Circular sobre SOIR". "Documento 4444". "Documento 8168". OACI  
"ECAC APATSI Manual on Mature ATC Procedures" 1996  
"Air Traffic Procedures for Dependent Converging Instrumental Approaches"  
Mitre,FAA

## APROXIMACIONES PARALELAS INDEPENDIENTES

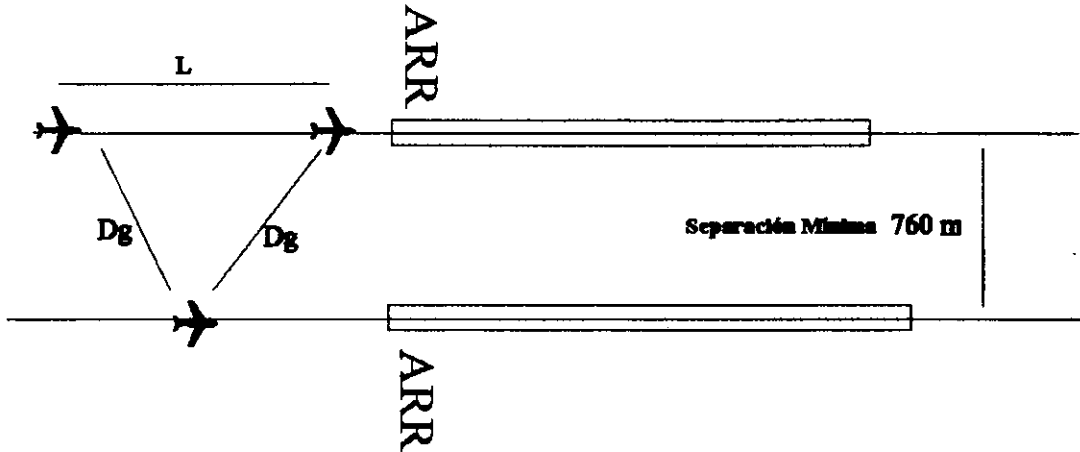


L : Separación longitudinal mínima de 3 MN  
Nota: Umbrales alineados





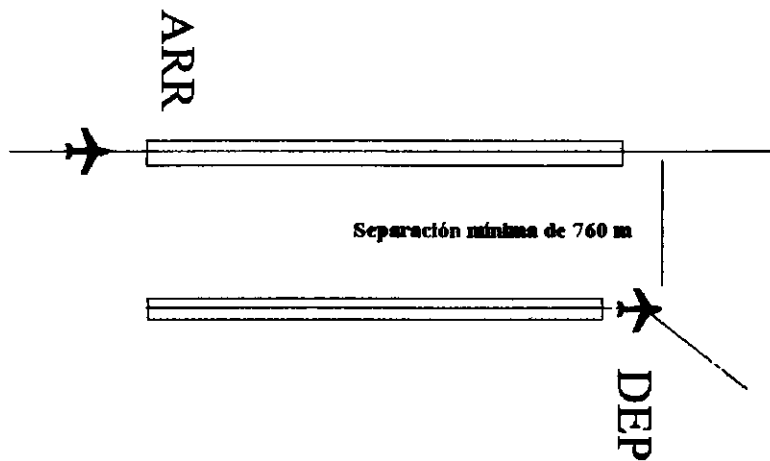
## APROXIMACIONES PARALELAS DEPENDIENTES



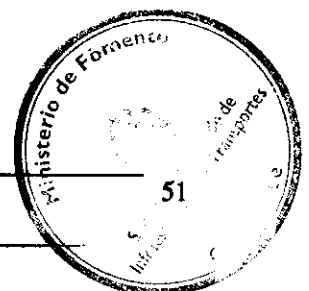
**Dg** : Separación Diagonal      **L** : Separación Longitudinal

Nota: Umbrales alineados

## OPERACIONES PARALELAS SEGREGADAS

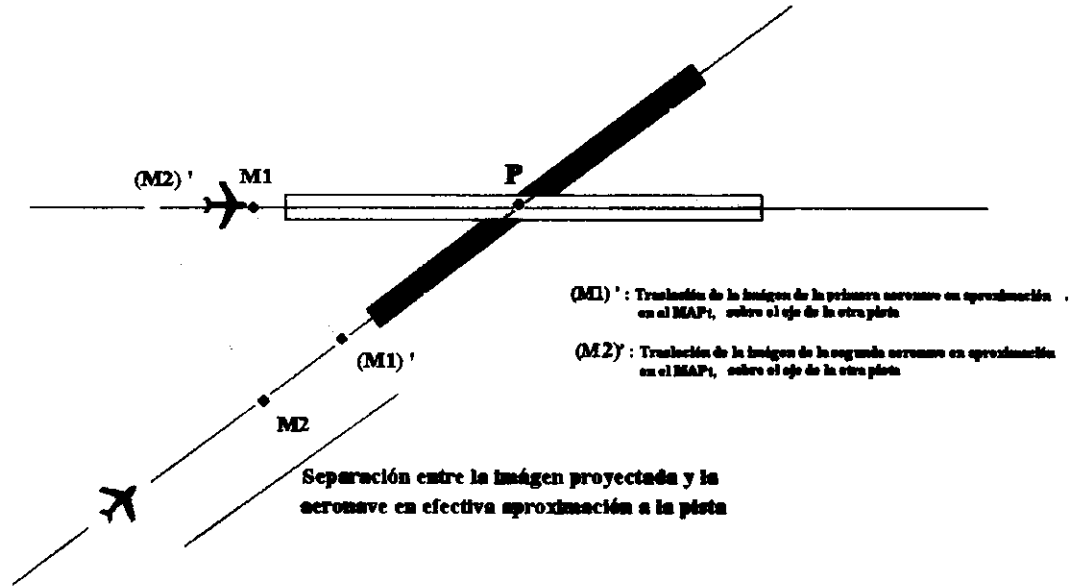


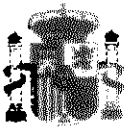
Nota: Umbrales alineados



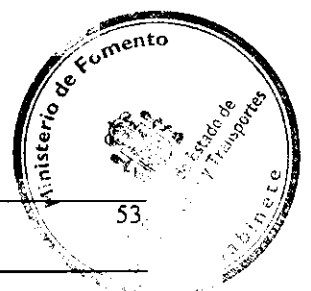


## APROXIMACIONES DEPENDIENTES A PISTAS CONVERGENTES





**Anexo VII : Comentarios a los escenarios de referencia.**





## COMENTARIOS BÁSICOS A LOS ESCENARIOS DE REFERENCIA PARA LA SIMULACIÓN EN TIEMPO ACELERADO DE LAS CONFIGURACIONES ALTERNATIVAS DE PISTAS LEMD.

En el presente estudio se consideran como escenarios de referencia aquellos proporcionados al grupo de simulación por el grupo fsam. Sobre ellos cabe hacer los siguientes comentarios :

- Modelo TMA “congelado”
- Documento EEA (División de Organización y Reglamentación) de procedimientos E/S para grupo FSAM. Versión 1.0 Enero 1998.

Las SID,s planteadas requerirán refinamientos o incluso replanteos en profundidad. En caso contrario, anulan ampliamente las posibilidades de aproximaciones dependientes/ independientes y/o salidas simultáneas por pistas paralelas

- NO aseguran divergencia / separación en TODAS las fases de la salida
- Asumen en principio restricciones no debidas estrictamente a necesidades operativas.

Los procedimientos de aproximación frustrada, en general, no procuraran máxima capacidad al anular, de partida, las posibilidades de utilización de pistas paralelas, tanto dependientes como independientes.

Los ejes de aproximación tanto en Configuración Norte como Sur a nivel de los procedimientos instrumentales, fases inicial e intermedia no permiten agotar las posibilidades ofrecidas de principio por la configuración de pistas alternativas.

- Del propio documento de EEA, ya se deducen cambios a introducir en el Modelo TMA (IAF,s ARR 33 R/L)
- Estos cambios no se repercuten en su homóloga aproximación en la configuración contraria.

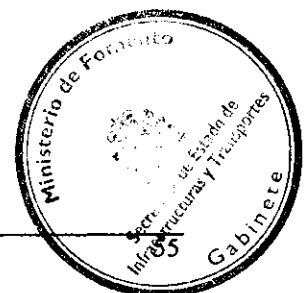
Este mismo documento muestra carencias a nivel de definición de SID. Esta información hay que buscarla en otras fuentes, de las que se ignora su estado de desarrollo.

- Es necesario refundir en un texto único esta información.
- Deberían haberse establecido procedimientos compatibles entre si, que posibiliten aproximaciones simultáneas a las pistas paralelas 18 R/L y 18R/C.





- Se deberán analizar en profundidad los valores ofrecidos en los procedimientos, en concreto OCA(H) para aproximaciones en configuración N a las pistas paralelas posibles 18R/L/C.
- Tanto para las aproximaciones como para las SIDs habría sido conveniente unificar criterios de diseño que faciliten la interpretación.
- Deberá de abordarse de forma inmediata el diseño del espacio aéreo asociado (MVA y LE-D, s), por su repercusión en la operatividad del nuevo TMA, evitando correr el riesgo de trabajar en líneas que resulten de imposible aplicación.







GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



23/03/98

# **SIMULACIÓN DEL DESARROLLO DEL FUTURO AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS**

## **INFORME DE RESULTADOS**

*Versión 1.0*





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



## 1.- RESUMEN EJECUTIVO.

### 1.1.- Objeto

El objeto del presente estudio es determinar la CAPACIDAD MÁXIMA ó DE SATURACIÓN DE PISTAS de diversas alternativas de desarrollo del aeropuerto de Madrid-Barajas planteadas por el Grupo FSAM.

### 1.2.- Alcance

El estudio se centra en 16 modelos de ubicación de futuras pistas: 8 modelos en Configuración Norte y 8 modelos en Configuración Sur, con utilización de 3 a 4 de las 5 pistas.

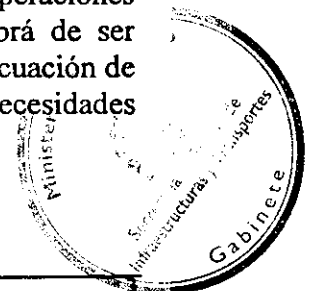
- Caso de referencia: Pistas 15/33 , 18L/36R actuales y 18R/36L en construcción.(2 modelos Norte y 2 modelos Sur).
- Caso A: Nueva pista (4100m) paralela a la 18L/36R a 1311m. (Norte y Sur)
- Caso B: Nueva pista (4500m) paralela a la 18R/36L a 1311m. (Norte y Sur)
- Caso C: Nueva pista (4000m) paralela a la 15/33 actual a 1800 m. (Norte y Sur)
- Caso A+B : Combinación del A y B. (Norte y Sur)
- Caso C+B : Combinación del C y B. (Norte y 2 Sur)
- Caso MAX/CAP : Modelo (A+B/B+C) con 4 pistas totalmente independientes.

La herramienta de simulación utilizada en el estudio es el Simulador de Espacio Aéreo y Aeropuertos SIMMOD v2.0.3 de la FAA.

El principal indicador a evaluar, es la **CAPACIDAD MÁXIMA** ó de **SATURACIÓN**, definida como "número máximo de operaciones por hora que admite el entorno aeroportuario (desglosado en número de llegadas y salidas) cuando se aplica al escenario una demanda continuada de servicio" ("Planificación y Diseño de Aeropuertos" Robert Horonjeff CapV.) . Se proporcionarán además datos de: capacidad equilibrada, capacidad de llegadas en hora pico ó capacidad de llegadas máxima y capacidad de salidas en hora pico ó capacidad máxima de salidas:

El indicador de capacidad así obtenido ha de interpretarse como la capacidad máxima de un conjunto de pistas, y no debe utilizarse como indicador global de capacidad real de un conjunto aeroportuario, sino como parámetro que permite una metodología comparativa entre escenarios.

La capacidad de saturación podría estar limitada por varios factores fundamentales: la viabilidad de procedimientos y su coste operativo, y el movimiento en superficie con problemática de rodadura y/o plataforma. En el estudio se presupone la existencia de procedimientos, si no actuales futuros, que permitan las operaciones consideradas. Tales procedimientos implicarán un coste asociado que habrá de ser determinado a posteriori atendiendo, entre otros, a los siguientes factores: adecuación de procedimientos ATS., mínimos de operación (orografía, necesidades operacionales,...).etc...





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



### 1.3.- Resultados y conclusiones.

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos

MODELOS	Nº PISTAS	Máx. Ops./h (ARR/DEP)	Cap. Máx. EQUILIBRIO (ARR/DEP)	ARR MÁXIMO (ARR/DEP)	DEP MÁXIMO (ARR/DEP)
Ref.1 (N)	3	81 (14 / 67)	79 (37 / 42)	---	81 (14 / 67)
Ref.1 (S)	3	79 (37 / 42)	79 (37 / 42)	75 (62 / 13)	---
Ref.2 (N)	3	84 (42 / 42)	84 (42 / 42)	---	---
Ref.2 (S)	3	117 (37 / 80)	79 (37 / 42)	---	117 (37 / 80)
A (N)	3+1	127 (61 / 66)	127 (61 / 66)	115 (74 / 41)	120 (37 / 83)
A (S)	3+1	120 (37 / 83)	102 (61 / 41)	107 (74 / 33)	120 (37 / 83)
B (N)	3+1	120 (37 / 83)	108 (42 / 66)	---	120 (37 / 83)
B (S)	3+1	110 (74 / 36)	82 (37 / 45)	110 (74 / 36)	---
C (N)	3+1	115 (37 / 78)	106 (50 / 56)	---	115 (37 / 78)
C (S)	3+1	86 (44 / 42)	86 (44 / 42)	81 (66 / 15)	85 (29 / 56)
A+B (N)	4+1	145 (74 / 71)	145 (74 / 71)	---	120 (37 / 83)
A+B (S)	4+1	145 (74 / 71)	145 (74 / 71)	---	120 (37 / 83)
C+B (N)	4+1	151 (74 / 77)	151 (74 / 77)	---	---
C+B (S)	4+1	151 (74 / 77)	151 (74 / 77)	---	---
C+B bis (S)	4+1	142 (74 / 68)	142 (74 / 68)	---	---
CAP/MAX	4+1	157 (74 / 83)	157 (74 / 83)	---	---

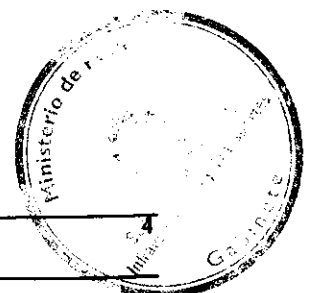
Tabla a.- Capacidades máximas con cargas de tráfico equilibradas y desequilibradas.

Se incluyen, la capacidad máxima de saturación para cada propuesta sin considerar equilibrio o desequilibrio entre llegadas y salidas y valores de capacidad máxima con cargas equilibradas y desequilibradas.

### 1.4.- Conclusiones finales.

Los datos que se presentan en el apartado anterior llevan a las siguientes conclusiones:

- El modelo de referencia 2 presenta un mejor comportamiento, en cuanto a capacidad de saturación de los modelos de referencia, en Configuración Sur (117 ops./hora), debido a la posibilidad de despegues alternados, en las pistas 15 y 18L.
- El mejor resultado para la capacidad de saturación de los modelos con 3+1 pistas, se obtiene para la propuesta A, tanto en Configuración Norte (127 ops./hora) como en Configuración Sur (120 ops./hora).
- Para el desarrollo final del sistema aeroportuario (4+1 pistas), se obtiene el mejor resultado de capacidad máxima con el modelo C+B (151 ops./h en C. Norte y 142 ops./h en C. Sur bis), si bien la diferencia con el modelo alternativo: A+B (145 ops./hora C. Norte y Sur), no es muy elevada (4% del total de operaciones).





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



- Es de destacar que la propuesta con mejores resultados para el desarrollo final del aeropuerto: C+B, es incompatible con la propuesta con mayor capacidad para el desarrollo intermedio (3+1 pistas): A.
- La aplicación de tráfico exclusivamente de tipo medio, a las pistas de salida con mayor grado de independencia, supone, en general una mejora en los resultados.
- Cabe destacar, que en algunos casos, como los modelos Referencia-2/Sur, A/Sur, B/Sur, B/Norte y C/Norte, el mejor resultado de capacidad máxima, se obtiene segregando operaciones de salida o llegada a pistas que pueden operar de forma mixta. Esto indica que aunque se podría operar de forma mixta en estos modelos, es recomendable evitar mezcla de tráfico de llegada y salida en horas punta, para las pistas indicadas (Anexo I).
- De la tabla de capacidades máximas con carga de tráfico equilibradas y desequilibradas se deduce que la capacidad máxima del sistema aeroportuario no se logra en todos los casos con demandas equilibradas en llegadas/salidas. No obstante, las conclusiones, en cuanto a capacidad máxima en cada fase de desarrollo son aplicables al caso de demanda equilibrada, como se deduce de la tabla indicada.





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



## 2.- INTRODUCCIÓN

El Futuro Sistema Aeroportuario de Madrid-Barajas (fsam), como definición del conjunto de infraestructuras aeroportuarias necesarias para atender la demanda de tráfico aéreo en la región de Madrid se plantea, actualmente, como un desarrollo basado en cuatro posibles escenarios genéricos:

- Aeropuerto de Barajas (3 pistas) más aeropuerto complementario.
- Aeropuerto de Barajas (4 ó 5 pistas) más aeropuerto complementario.
- Aeropuerto de Barajas (5 pistas) como único aeropuerto de Madrid.
- Aeropuerto alternativo.

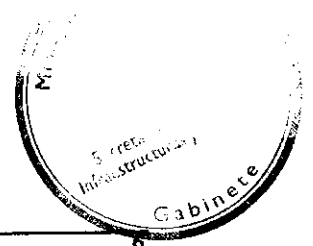
En éste marco genérico se contemplan varias propuestas para el desarrollo del aeropuerto de Barajas que pasan por la construcción de una cuarta pista: alternativas A, B ó C; y/o por la construcción de dos nuevas pistas: alternativas A+B ó C+B. La figura de la página siguiente resume cada una de estas alternativas de desarrollo.

La capacidad teórica del emplazamiento de Barajas, según las diversas alternativas se establece en un rango de valores que van desde la utilización prevista de la configuración inicial de tres pistas, al máximo desarrollo del aeropuerto mostrado en las alternativas, esto es, con la construcción de hasta 5 pistas de vuelo.

Al objeto de determinar la capacidad previsible de cada una de las alternativas de desarrollo, tanto en configuración Norte como Sur, es conveniente y necesario proceder al cálculo de la capacidad de pistas ofrecida por cada una de las mismas mediante la utilización de técnicas de simulación acelerada. La simulación en tiempo acelerado es una técnica utilizada como apoyo a la toma de decisiones, optimización y diseño del espacio aéreo y aeropuertos.

De acuerdo con ésta conveniencia, la tarea de determinar la capacidad de pistas de las diferentes opciones de desarrollo del emplazamiento de Barajas ha sido encomendada a un grupo de trabajo constituido por Aena, Navegación Aérea, DGAC (e INECO como asistencia técnica de esta última), a fin de realizar los trabajos de simulación acelerada asociados a los casos definidos por el grupo fsam.

El presente informe presenta los resultados derivados de la aplicación de esta técnica para el análisis de varias alternativas de diseño y utilización de pistas en el futuro aeropuerto de Madrid-Barajas con 3, 4 y 5 pistas.

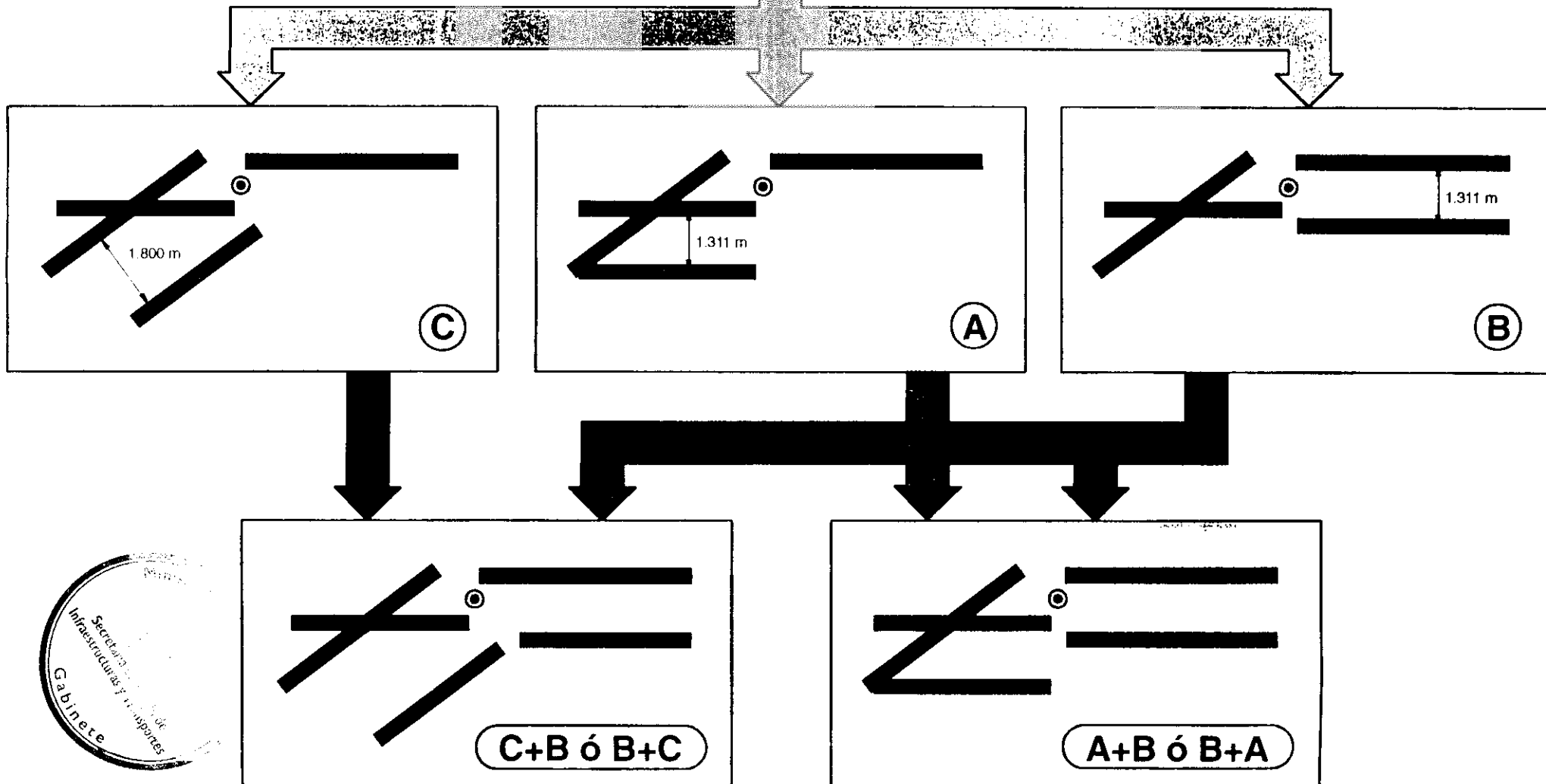
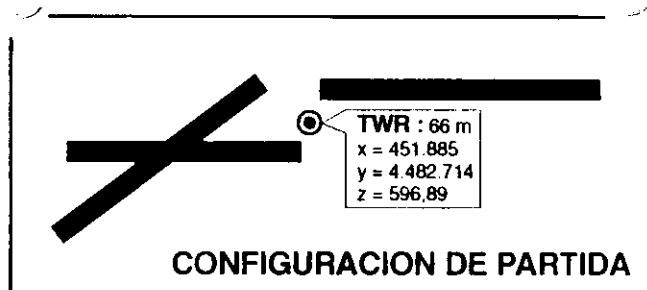




GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



# DIAGRAMA DE POSIBLES ALTERNATIVAS DE DESARROLLO DEL AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



## 2.1.- Objeto

El objetivo final del estudio de simulación es aportar información útil para la evaluación de la capacidad máxima del desarrollo del futuro aeropuerto de Madrid-Barajas.

Para ello en el marco del presente estudio se ha realizado la simulación acelerada de las opciones de desarrollo identificadas como : A, B, C, A+B y C+B. Cada una de ellas tanto en configuración Norte como Sur, teniendo en cuenta diversas cargas de tráfico definidas a tal objeto.

El presente documento constituye el informe final de resultados. Las hipótesis de trabajo que sirven de base al estudio, así como el compendio de los modelos de simulación están recogidos en un documento previo generado por el grupo de trabajo ("*Simulación del Desarrollo del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas: Validación de hipótesis y modelos*". 06/03/98). [1].

## 2.2.- Alcance

El estudio que se plantea se centra en 16 modelos de ubicación de futuras pistas: 8 modelos en Configuración Norte y 8 modelos en Configuración Sur, con utilización de 3 a 4 de las 5 pistas.

Los escenarios simulados incluyen un modelo básico de todo el aeropuerto de Madrid-Barajas y conexión con el lado aire, funcionando en configuraciones Norte y Sur, con distintas cargas de tráfico de saturación. De este modo, se consigue simular de un modo realista la zona de estudio (pistas, calles de salida y colas) integrada en su entorno normal de funcionamiento.

*El análisis, del mismo modo que los modelos de simulación, se centra en la capacidad máxima de las distintas configuraciones de pista, sin tener en cuenta el resto de la rodadura y áreas de plataforma del aeropuerto ni el lado aire, aunque éstos se incluyan en la simulación para hacer el funcionamiento general más realista.*

Los escenarios (modelo simplificado) simulan situaciones de saturación, por lo que el indicador que se obtiene es la capacidad máxima o de saturación. El análisis de demoras es un estudio con planteamientos totalmente diferentes y modelos complejos, que se separa del objeto principal de este estudio.

*En el estudio se presupone la existencia de procedimientos, si no actuales futuros, que permitan las operaciones consideradas. Tales procedimientos implicarán un coste asociado que habrá de ser determinado a posteriori atendiendo, entre otros, a los siguientes factores:*





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



- *Adecuación de procedimientos ATS.*
- *Mínimos de operación (orografía, necesidades operacionales,...)*
- *Ayudas a la navegación y sistemas de vigilancia.*
- *Infraestructura.*
- *Meteorología.*
- *Impacto ambiental, etc...*

En el Anexo I se presentan los resultados desglosados obtenidos para cada modelo en configuraciones Norte y Sur, y con todas las cargas de tráfico aplicadas.

El Anexo IV incluye un análisis de usos de pista alternativos y el coste operacional asociado a cada uno de ellos.

### 3.- BASES DEL ESTUDIO

Las propuestas planteadas para las configuraciones de pista, han sido modelizadas y simuladas con SIMMOD, analizándose un total de 16 modelos, que reflejan la situación del aeropuerto con cargas de tráfico máximas y distintas distribuciones de flota para cada una de las configuraciones de pistas.

#### 3.1.- Herramienta de simulación

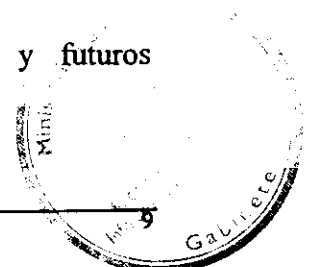
La herramienta de simulación utilizada en el estudio es el Simulador de Espacio Aéreo y Aeropuertos SIMMOD v2.0.3 de la FAA.

Esta herramienta permite modelizar, simular y obtener resultados de operaciones (demanda/flujo) en distintas zonas del aeropuerto. Los modelos se adaptarán a la lógica de SIMMOD.

#### 2.2.- Datos de partida

La información geométrica y operativa empleada como datos de entrada para generar los modelos, se ha obtenido de las siguientes fuentes:

- Modelos básicos y parámetros generales validados y utilizados en el estudio *Simulación del Area de Maniobras en el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas (DDSNA, junio 1997)*, referencia [2].
- Aeropuerto de Madrid-Barajas: posibles umbrales actuales y futuros (Dirección Corporativa de Planificación/Grupo fsam). [3].







GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



- Procedimientos deducidos del documento de la DDSNA (febrero 1998): *Comentario al Borrador "Estudio de Previabilidad Pista 15L-33R del 7-11-97, Plan Barajas"*. [4].
- Estudio de procedimientos (Departamento de Espacio Aéreo, División de Organización y Reglamentación, DCCS/Aena SSCNA/ para el Grupo Fsam. Enero 1998 Versión 1.0). [5].

### 3.3.- Simplificaciones en la modelización.

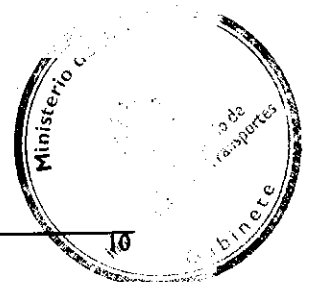
El nivel de complejidad de los escenarios a simular se resume a continuación:

#### A) Entorno aeroportuario:

- Ubicación y simplificación de las áreas terminales de estacionamiento (fuente/sumidero) del futuro desarrollo. Dicha simplificación implica la no existencia de restricciones de capacidad en los mismos.
- Rodaduras simplificadas entre nuevas pistas y plataformas actuales y nuevo área terminal (NAT) y futuras plataformas. El Anexo III de la referencia [1] incluye los planos representativos de calles de salida, rodaje y terminales considerados en la simulación.
- Salidas de pista optimizadas en su diseño y ubicación.
- No se considera operación VMC en la simulación.
- Capacidad para operar todo tipo de aeronaves (ligeras, medias y pesadas) en todas las pistas (salvo en excepciones que se indican en la descripción de los modelos).

#### B) Espacio Aéreo:

- Para abordar las modelizaciones, se simplifica el diseño del entorno de espacio aéreo, considerando un área próxima al entorno aeroportuario y estableciendo los adecuados puntos alimentadores/sumideros de tráfico.
- Se supone que el entorno de espacio aéreo a modelizar absorbe la carga de tráfico aplicada.
- Los modelos a desarrollar presuponen un soporte acorde a procedimientos existentes o viable por diseñar.
- Velocidad media en aproximación 140 Kts.
- Tiempo medio de reacción del piloto: 10 s.





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)

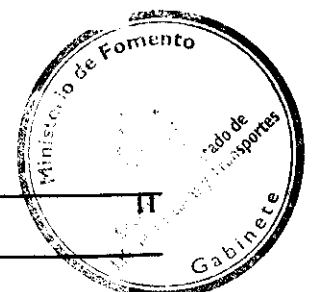


#### 4.- MODELOS SIMULADOS.

Los modelos estudiados han sido construidos como traslación directa de la información de partida suministrada por el grupo fsam:

- Aeropuerto de Madrid-Barajas: posibles umbrales actuales y futuros (Dirección Corporativa de Planificación/Grupo fsam). [3].
- Estudio de procedimientos (Departamento de Espacio Aéreo, División de Organización y Reglamentación, DCCS/Aena SSCNA para el Grupo Fsam. Enero 1998 Versión 1.0). [5].

Las características fundamentales de cada modelo se detallan en la siguiente tabla.

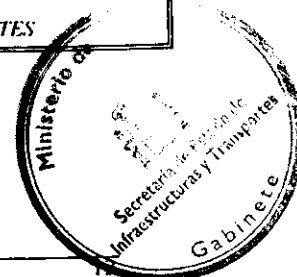




MODELOS	Nº PISTAS	CONFIGURACIÓN DE PISTAS	DEPENDENCIA ENTRE OPERACIONES
Referencia 1 (NORTE)	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 36L** : DEP</li> <li>• 36R* : DEP</li> <li>• 33* : ARR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARR por 33 bloquean DEP por 36R.</li> </ul>
Referencia 1 (SUR)	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15* : DEP</li> <li>• 18R** : ARR</li> <li>• 18L* : ARR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARR por 18L bloquean DEP por 15.</li> <li>• ARR 18L y 18R dependientes.</li> </ul>
Referencia 2 (NORTE)	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 36L** : DEP</li> <li>• 36R* : ARR</li> <li>• 33* : ARR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARR por 33 bloquean ARR por 36R y viceversa.</li> </ul>
Referencia 2 (SUR)	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15* : DEP</li> <li>• 18R** : ARR</li> <li>• 18L* : DEP (medios y ligeros)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DEP por 15 bloquean DEP por 18L y viceversa</li> </ul>
A (NORTE)	3+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 36L** : DEP</li> <li>• 36C* : ARR / DEP</li> <li>• 36R : ARR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARR por 36C bloquean DEP por 36C</li> <li>• ARR 36C/R independientes</li> <li>• DEP 36C/L Independientes</li> </ul>
A (SUR)	3+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 18R** : ARR</li> <li>• 18C* : ARR / DEP</li> <li>• 18L : DEP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARR por 18C bloquean DEP por 18C/L.</li> <li>• ARR 18C/R dependientes</li> <li>• DEP 18C/L independientes</li> </ul>
B (NORTE)	3+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 36L** : DEP</li> <li>• 36R : ARR / DEP</li> <li>• 33* : ARR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARR por 36R bloquean DEP por 36R</li> <li>• ARR por 36R bloquean ARR por 33 y viceversa.</li> <li>• DEP 36L/R independientes</li> </ul>
B (SUR)	3+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 18R** : ARR</li> <li>• 18L : ARR / DEP</li> <li>• 15* : DEP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARR por 18L bloquean DEP por 18L y 15.</li> <li>• DEP por 18L bloquean DEP por 15 y viceversa</li> <li>• ARR 18L/R independientes</li> </ul>
C (NORTE)	3+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 36L** : DEP</li> <li>• 33L* : ARR / DEP</li> <li>• 33R : ARR / DEP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARR por 33L bloquean DEP por 33L</li> <li>• ARR por 33R bloquean DEP por 33R y DEP por 36L.</li> <li>• ARR 33L y 33R dependientes.</li> </ul>
C (SUR)	3+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 18R** : ARR</li> <li>• 15R* : ARR / DEP</li> <li>• 15L : ARR / DEP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARR por 15L bloquean DEP por 15L y ARR por 18R</li> <li>• ARR por 15R bloquean DEP por 15R y ARR por 18R</li> <li>• ARR 15L y 15R dependientes.</li> <li>• ARR por 18R bloquean ARR por 15R/L</li> <li>• DEP 15L/R no simultáneas</li> </ul>
A+B (NORTE)	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 36L** : DEP</li> <li>• 36R* : ARR</li> <li>• 01L : DEP</li> <li>• 01R : ARR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARR por 36R bloquean DEP por 36L y DEP por 01L.</li> <li>• ARR independientes</li> <li>• DEP independientes</li> </ul>
A+B (SUR)	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 18R** : ARR</li> <li>• 18L* : DEP</li> <li>• 19L : DEP</li> <li>• 19R : ARR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARR por 19R bloquean DEP por 19L y DEP por 18L.</li> <li>• ARR independientes</li> <li>• DEP independientes</li> </ul>
C+B (NORTE)	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 36L** : DEP</li> <li>• 36R : DEP (medios y ligeros)</li> <li>• 33L* : ARR</li> <li>• 33R : ARR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARR por 33R bloquean DEP por 36L</li> <li>• ARR independientes</li> <li>• DEP independientes</li> </ul>
C+B (SUR)	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 18R** : ARR</li> <li>• 18L : ARR</li> <li>• 15L : DEP (medios y ligeros)</li> <li>• 15R* : DEP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARR por 18L bloquean DEP por 15R</li> <li>• ARR independientes</li> </ul>
C+B bis (SUR)	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 18R** : ARR</li> <li>• 18L : ARR</li> <li>• 15L : DEP (medios y ligeros)</li> <li>• 15R* : DEP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARR por 18L bloquean DEP por 15R</li> <li>• ARR independientes</li> <li>• DEP 15L/R no simultáneas</li> </ul>
MAX/CAP	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARR1 / ARR2</li> <li>• DEP1 / DEP2</li> </ul>	4 PISTAS TOTALMENTE INDEPENDIENTES

- \* Pista actual
- \*\* Pista actual en construcción.

Tabla 1.- Descripción de los modelos simulados





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



## 5.- CARGAS DE TRÁFICO.

Las cargas de tráfico empleadas se han diseñado para saturar el conjunto aeroportuario durante un intervalo de 6 horas, del que se analizan las cuatro horas intermedias en las que el funcionamiento del modelo de aeropuerto se estabiliza en la situación de saturación.

Los distintos escenarios de simulación se han obtenido a partir de aplicar distintas distribuciones de flota en las pistas, siguiendo las siguientes hipótesis básicas:

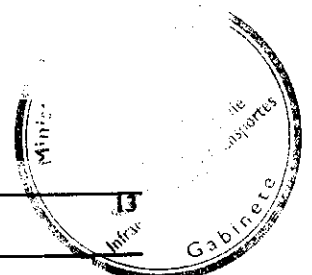
- Llegadas de aeronaves pesadas, medias y ligeras por ambas pistas de llegada.
- Desequilibrio de despegues de aeronaves pesadas hacia la pista 36L, con el objeto de evitar largos recorridos de rodadura para este tipo de aeronaves.
- Flota básica introducida en el modelo:

Operaciones:	Aer. Ligeras	Aer. Medias	Aer. Pesadas
Arribadas (50% total)	5 %	75 %	20 %
Despegues (50% total)	5 %	75 %	20 %

**Tabla 2.- Flota básica.**

A partir de esta flota básica se generan las siguientes cargas de tráfico, que aplicadas a los modelos mencionados constituyen los escenarios de simulación.

Las cargas básicas de tráfico inyectado en las simulaciones durante 6 horas son las siguientes (L: aeronaves ligeras, M: aeronaves medias y P: aeronaves pesadas).





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



Propuesta C+B (Norte)	SALIDAS						LLEGADAS					
	36R			36L			33R			33L		
Carga de tráfico:	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P
C1. Equilibrio entre pistas.	12	187	50*	12	187	50	12	187	50	12	187	50
C2. Desequilibrio en llegadas	12	187	50*	12	187	50	8	112	30	17	263	70
C3. Equ. Llegadas y sólo medios por 36R.	0	250	0	25	125	100	12	187	50	12	187	50
C4. Equ. Llegadas, medios y ligeros por 36R.	25	225	0	0	150	100	12	187	50	12	187	50
C5. Equ. Llegadas, medios (60%) por 36R.	0	300	0	25	75	100	12	187	50	12	187	50
C6. Equ. Llegadas, medios (40%) por 36R.	0	200	0	25	175	100	12	187	50	12	187	50

Tabla 3.- Cargas básicas de tráfico ( pistas 36R/L y 33R/L).

Propuesta A+B (Norte)	SALIDAS						LLEGADAS					
	01L			36L			01R			36R		
Carga de tráfico:	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P
C1. Equilibrio entre pistas.	12	187	50	12	187	50	12	187	50	12	187	50
C2. Desequilibrio en llegadas	12	187	50	12	187	50	12	187	50	6	94	25
C7. Equ. Llegadas, medios por 01L.	0	250	0	25	125	100	12	187	50	12	187	50
C8. Equ. Llegadas, medios (60%) por 36R.	0	300	0	25	175	100	12	187	50	0	0	0

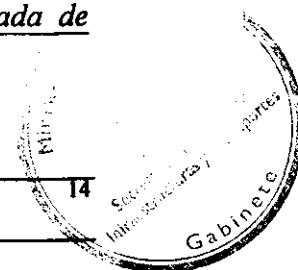
Tabla 4- Cargas básicas de tráfico ( pistas 01L/36L y 01R/36R).

El resto de modelos se simulan con estas cargas de tráfico o combinaciones adecuadas al número, configuración y dependencia entre pistas.

## 6.- INDICADOR DE CAPACIDAD.

El proceso de simulación tiene por objetivo analizar la capacidad máxima o capacidad de saturación de cada propuesta, así como la incidencia de la distribución de la operaciones en este parámetro.

El principal indicador a evaluar, para cumplir el propósito del presente estudio, es la CAPACIDAD MÁXIMA ó de SATURACIÓN, definida como “número máximo de operaciones por hora que admite el entorno aeroportuario (desglosado en número de llegadas y salidas) cuando se aplica al escenario una demanda continuada de servicio” (*“Planificación y Diseño de Aeropuertos” Robert Horonjeff CapV.*)





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



Además de la capacidad máxima o de saturación se proporcionarán para cada caso los siguientes tres indicadores de capacidad:

- **Capacidad equilibrada:** Proporción de flujo total bajo condiciones de demanda constante donde el número de llegadas y salidas es igual. En algunos casos podría ser necesario aumentar la separación entre llegadas o tomar otras acciones de control a fin de igualar flujos de llegada y salida. Este indicador de capacidad es útil para control de flujos de tráfico.
- **Capacidad de llegadas en hora pico ó capacidad de llegadas máxima:** La proporción de flujo bajo condiciones de demanda constante donde las llegadas tienen preferencia sobre las salidas. Este caso es el típico de operaciones mixtas de llegada y salida en una sola pista, pero puede presentarse también cuando existe dependencia entre operaciones de llegada y salida en pistas distintas.
- **Capacidad de salidas en hora pico ó capacidad máxima de salidas:** La proporción de flujo bajo condiciones de demanda constante donde las salidas tienen prioridad.

El indicador de capacidad así obtenido ha de interpretarse como la capacidad máxima de un conjunto de pistas, y no debe utilizarse como indicador global de capacidad real de un conjunto aeroportuario. Sirve, a su vez, como parámetro que permite una metodología comparativa entre los escenarios del estudio.

La capacidad de saturación podría estar limitada por varios factores fundamentales:

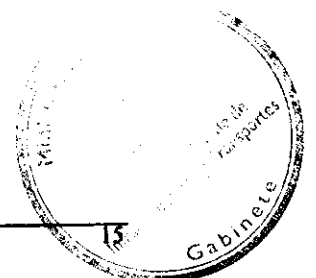
- Viabilidad de procedimientos y su coste operativo.
- Movimiento en superficie con problemática de rodadura y/o plataforma.

El alcance del presente estudio aborda únicamente la determinación de :

- capacidad de pistas y
- viabilidad de procedimientos y coste operacional,

quedando para fases posteriores el análisis de limitaciones a la capacidad por problemas de rodadura y/o plataforma. Si bien este último análisis no forma parte del presente estudio, por falta de tiempo y medios, no conviene olvidar o menospreciar la importancia y necesidad de su realización, al menos para las opciones de desarrollo del aeropuerto finalmente seleccionadas.

Las figuras 1 y 2 resumen de forma esquemática la metodología seguida en el proceso de determinación del indicador de capacidad de saturación.



# METODOLOGÍA (I)

- \* La capacidad de saturación podría estar limitada por:
  - Viabilidad de procedimientos y su coste operacional.
  - Análisis del movimiento en el lado tierra.
- \* Necesidad de estudiar tres grandes áreas:

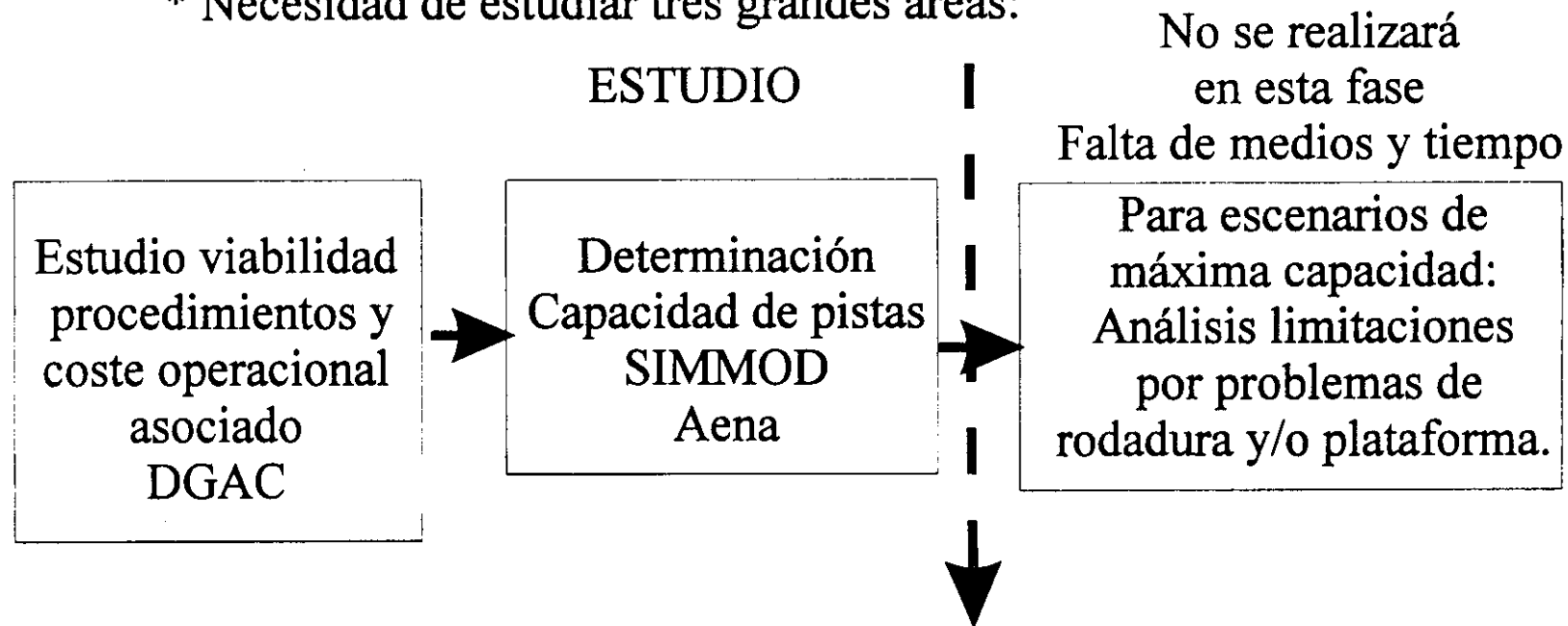


Figura 1. Metodología (I).



# METODOLOGÍA (II)

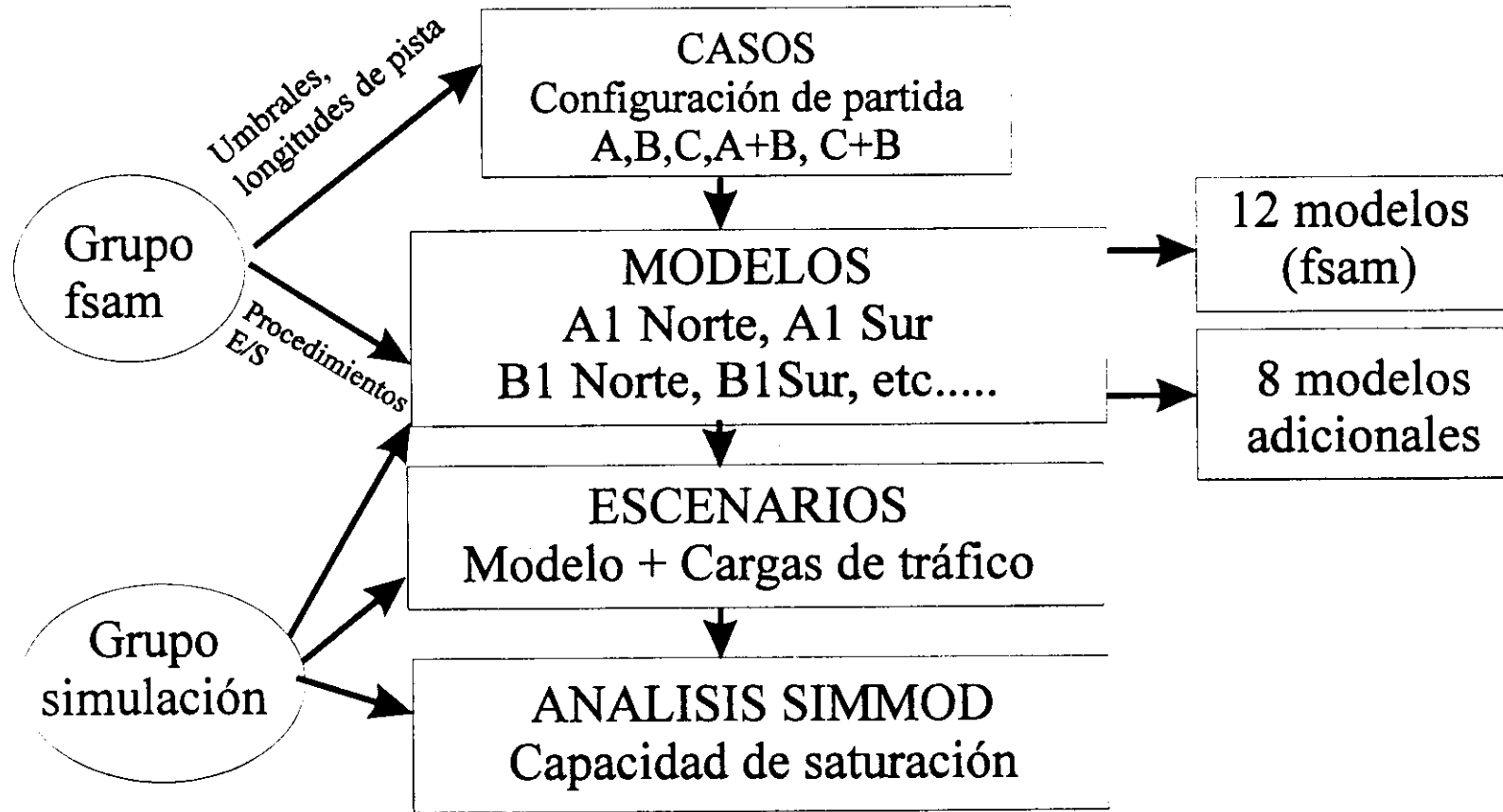
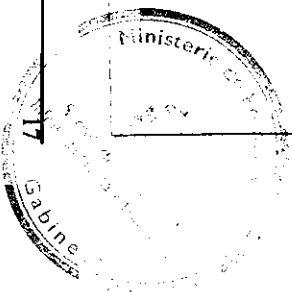


Figura 2. Metodología (II).







## 7.- RESULTADOS

En las tablas del Anexo I. se presentan todos los resultados obtenidos para las distintas cargas de tráfico aplicadas a todos los modelos.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de capacidad máxima obtenidos para cada modelo.

MODELOS	Nº PISTAS	ARR (Máx. ops. / hora / pista)		DEP (Máx. ops. / hora / pista)		Máx. Ops/h (ARR/DEP)
Referencia 1(N)	3	33* :	14	36L** :	44	81 (14 / 67)
				36R* :	23	
Referencia 1 (S)	3	18R** :	37	15* :	42	79 (37 / 42)
		18L* :	0			
Referencia 2(N)	3	36R* :	13	36L** :	42	84 (42 / 42)
		33* :	29			
Referencia 2 (S)	3	18R** :	37	15* :	40	117 (37 / 80)
				18L* :	40	
A (N)	3+1	36C* :	24	36C* :	25	127 (61 / 66)
		36R :	37	36L** :	41	
A (S)	3+1	18C* :	0	18C* :	39	120 (37 / 83)
		18R** :	37	18L :	44	
B (N)	3+1	36R :	0	36R :	44	120 (37 / 83)
		33* :	37	36L** :	39	
B (S)	3+1	18L :	37	18L :	0	110 (74 / 36)
		18R** :	37	15* :	36	
C (N)	3+1	33L* :	0	33L* :	41	115 (37 / 78)
		33R :	37	33R :	0	
				36L** :	37	
C (S)	3+1	15R* :	25	15R* :	15	86 (44 / 42)
		15L :	14	15L :	27	
		18R** :	5			
A+B (N)	4+1	36R* :	37	36L** :	36	145 (74 / 71)
		01R :	37	01L :	35	
A+B (S)	4+1	18R** :	37	18L* :	35	145 (74 / 71)
		19R :	37	19L :	36	
C+B (N)	4+1	33L* :	37	36L** :	33	151 (74 / 77)
		33R :	37	36R :	44	
C+B (S)	4+1	18R** :	37	15L :	44	151 (74 / 77)
		18L :	37	15R* :	33	
C+B bis (S)	4+1	18R** :	37	15L :	35	142 (74 / 68)
		18L :	37	15R* :	33	
MAX/CAP	4+1	ARR1 :	37	DEP1 :	44	157 (74 / 83)
		ARR2 :	37	DEP2 :	39	

\* Pista actual

\*\* Pista actual en construcción

Tabla 5.- Resumen de resultados de simulación.

Las capacidades máximas de saturación para cada propuesta, que se muestran en la tabla anterior, no tienen en cuenta el equilibrio o desequilibrio entre llegadas y salidas.



GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



Los valores de capacidad máxima con cargas de tráfico equilibradas y desequilibradas se muestran en la tabla siguiente.

MODELOS	Nº PISTAS	Cap-Max EQUILIBRIO (ARR/DEP)	ARR MAXIMO (ARR/DEP)	DEP MAXIMO (ARR/DEP)
Ref.1 (N)	3	79 (37 / 42)	---	81 (14 / 67)
Ref.1 (S)	3	79 (37 / 42)	75 (62 / 13)	---
Ref.2 (N)	3	84 (42 / 42)	---	---
Ref.2 (S)	3	79 (37 / 42)	---	117 (37 / 80)
A (N)	3+1	127 (61 / 66)	115 (74 / 41)	120 (37 / 83)
A (S)	3+1	102 (61 / 41)	107 (74 / 33)	120 (37 / 83)
B (N)	3+1	108 (42 / 66)	---	120 (37 / 83)
B (S)	3+1	82 (37 / 45)	110 (74 / 36)	---
C (N)	3+1	106 (50 / 56)	---	115 (37 / 78)
C (S)	3+1	86 (44 / 42)	81 (66 / 15)	85 (29 / 56)
A+B (N)	4+1	145 (74 / 71)	---	120 (37 / 83)
A+B (S)	4+1	145 (74 / 71)	---	120 (37 / 83)
C+B (N)	4+1	151 (74 / 77)	---	---
C+B (S)	4+1	151 (74 / 77)	---	---
C+B bis (S)	4+1	142 (74 / 68)	---	---
CAP/MAX	4+1	157 (74 / 83)	---	---

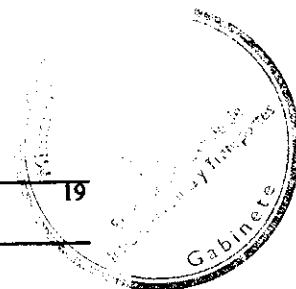
**Tabla 6.- Capacidades máximas con cargas de tráfico equilibradas y desequilibradas.**

( --- Indica que dicha condición no es viable para esa configuración )

## 8.- CONCLUSIONES

Los datos que se presentan en los apartados anteriores llevan a las siguientes conclusiones:

- El modelo de referencia 2 presenta un mejor comportamiento, en cuanto a capacidad de saturación de los modelos de referencia, en Configuración Sur (117 ops./hora), debido a la posibilidad de despegues alternados, en las pistas 15 y 18L.
- El mejor resultado para la capacidad de saturación de los modelos con 3+1 pistas, se obtiene para la propuesta A, tanto en Configuración Norte (127 ops./hora) como en Configuración Sur (120 ops./hora).
- Para el desarrollo final del sistema aeroportuario (4+1 pistas), se obtiene el mejor resultado de capacidad máxima con el modelo C+B (151 ops./h en C. Norte y 142 ops./h en C. Sur bis), si bien la diferencia con el modelo alternativo: A+B (145 ops./hora C. Norte y Sur), no es muy elevada (4% del total de operaciones).
- Es de destacar que la propuesta con mejores resultados para el desarrollo final del aeropuerto: C+B, es incompatible con la propuesta con mayor capacidad para el desarrollo intermedio (3+1 pistas): A.





- La aplicación de tráfico exclusivamente de tipo medio, a las pistas de salida con mayor grado de independencia, supone, en general una mejora en los resultados.
- Cabe destacar, que en algunos casos, como los modelos Referencia-2/Sur, A/Sur, B/Sur, B/Norte y C/Norte, el mejor resultado de capacidad máxima, se obtiene segregando operaciones de salida o llegada a pistas que pueden operar de forma mixta. Esto indica que aunque se podría operar de forma mixta en estos modelos, es recomendable evitar mezcla de tráficos de llegada y salida en horas punta, para las pistas indicadas (Anexo I).
- De la tabla de capacidades máximas con carga de tráfico equilibradas y desequilibradas se deduce que la capacidad máxima del sistema aeroportuario no se logra en todos los casos con demandas equilibradas en llegadas/salidas. No obstante, las conclusiones, en cuanto a capacidad máxima en cada fase de desarrollo son aplicables al caso de demanda equilibrada, como se deduce de la tabla indicada.



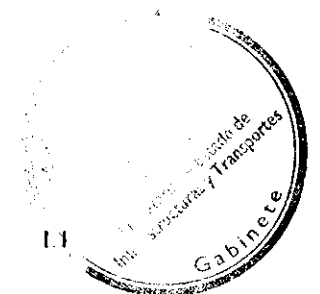
GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



23/03/98



## ANEXO I : RESULTADOS GLOBALES DE LAS SIMULACIONES



**MODELO A1 (NORTE)**

<b>CONFIGURACIÓN NORTE</b>																				
		LLEGADAS (ARR) Ops./hora								SALIDAS (DEP) Ops./hora								TOTAL		
		36R				36C				36C				36L				ARR	DEP	TOT
Caso	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total				
A1_3	2	28	7	37	1	18	6	25	2	8	2	12	0	41	0	41	62	53	115	
A1_1	2	28	7	37	1	18	6	25	1	9	2	12	2	31	8	41	62	53	115	
A1_2	2	28	7	37	1	10	13	24	2	18	5	25	2	31	8	41	61	66	127	
A1_4	2	28	7	37	0	0	0	0	5	14	20	39	0	44	0	44	37	83	120	
A1_5	2	28	7	37	2	28	7	37	0	0	0	0	2	31	8	41	74	41	115	

**MODELO A1 (SUR)**

<b>CONFIGURACIÓN SUR</b>																				
		LLEGADAS (ARR) Ops./hora								SALIDAS (DEP) Ops./hora								TOTAL		
		18R				18C				18C				18L				ARR	DEP	TOT
Caso	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total				
A1S_1	2	28	7	37	2	27	8	37	0	0	0	0	2	24	7	33	74	33	107	
A1S_2	2	28	7	37	1	19	4	24	2	7	6	15	0	26	0	26	61	41	102	
A1S_3	2	28	7	37	2	27	8	37	0	0	0	0	0	36	0	36	74	36	110	
A1S_4	2	28	7	37	0	0	0	0	5	14	20	39	0	44	0	44	37	83	120	

**MODELO B2 (NORTE)**

<b>CONFIGURACIÓN NORTE</b>																				
		LLEGADAS (ARR) Ops./hora								SALIDAS (DEP) Ops./hora								TOTAL		
		33				36R				36L				36R				ARR	DEP	TOT
Caso	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total				
B2_1	1	14	4	19	1	15	5	20	2	31	8	41	1	12	3	16	39	57	96	
B2_2	2	21	6	29	1	10	2	13	2	31	8	41	1	19	6	26	42	67	109	
B2_3	2	21	6	29	1	10	2	13	5	14	20	39	0	27	0	27	42	66	108	
B2_4	2	28	7	37	0	0	0	0	2	31	8	41	2	31	8	41	37	82	119	
B2_5	2	28	7	37	0	0	0	0	5	14	20	39	0	44	0	44	37	83	120	
B2_6	0	0	0	0	1	19	4	24	2	31	8	41	2	7	6	15	24	56	80	

**MODELO B2 (SUR)**

<b>CONFIGURACIÓN SUR</b>																				
		LLEGADAS (ARR) Ops./hora								SALIDAS (DEP) Ops./hora								TOTAL		
		18R				18L				18L				15				ARR	DEP	TOT
Caso	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total				
B2S_1	2	28	7	37	2	27	8	37	0	0	0	0	2	27	7	36	74	36	110	
B2S_2	2	28	7	37	1	19	4	24	1	9	3	13	1	18	5	24	61	37	98	
B2S_3	2	28	7	37	1	19	4	24	0	13	0	13	2	12	11	25	61	38	99	
B2S_4	2	28	7	37	0	0	0	0	0	40	0	40	1	3	1	5	37	45	82	
B2S_5	2	28	7	37	0	0	0	0	3	18	16	37	0	3	0	3	37	40	77	
B2S_6	2	28	7	37	1	10	13	24	2	18	5	25	0	0	0	0	61	25	86	



**MODELO C2 (NORTE)**

<b>CONFIGURACIÓN NORTE</b>																								
Caso	LLEGADAS (ARR) Ops./hora								SALIDAS (DEP) Ops./hora												TOTAL			
	33L				33R				33L				33R				36L				ARR	DEP	TOT	
	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total				
C2_1	0	0	0	0	2	27	8	37	2	31	8	41	0	0	0	0	2	28	7	37	37	78	115	
C2_2	1	19	4	25	2	19	4	25	2	7	6	15	1	9	2	12	2	21	6	29	50	56	106	
C2_3	1	19	4	25	2	19	4	25	2	7	6	15	0	10	0	10	4	14	13	31	50	56	106	
C2_4	2	27	8	37	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16	14	34	0	19	0	19	37	53	90	
C2_5	2	27	8	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	27	3	13	12	28	37	55	92	

**MODELO C2 (SUR)**

<b>CONFIGURACIÓN SUR</b>																								
Caso	LLEGADAS (ARR) Ops./hora								SALIDAS (DEP) Ops./hora												TOTAL			
	15L				15R				18R				15L				15R				ARR	DEP	TOT	
	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total				
C2S_1	1	19	4	25	1	27	8	36	0	4	1	5	2	7	6	15	0	0	0	0	66	15	81	
C2S_2	1	19	4	25	1	15	5	24	0	4	1	5	2	7	6	15	1	9	2	12	54	27	81	
C2S_3	1	19	4	25	1	10	2	13	0	4	1	5	2	7	6	15	1	20	4	25	43	40	83	
C2S_4	1	10	13	24	1	10	13	24	0	0	0	0	2	8	5	15	2	8	5	15	48	30	78	
C2S_5	0	0	0	0	1	18	5	24	0	4	1	5	0	14	0	14	1	9	2	12	29	56	85	
C2B_1	1	27	8	36	1	19	4	25	0	4	1	5	0	0	0	0	2	7	6	15	66	15	81	
C2B_2	1	18	5	24	1	19	4	25	0	3	1	4	1	10	3	14	2	7	6	15	53	29	82	
C2B_3	1	10	3	14	1	19	4	25	0	4	1	5	1	21	5	27	2	7	6	15	44	42	86	



**MODELO A+B (NORTE)**

CONFIGURACIÓN NORTE																				
		LLEGADAS (ARR) Ops./hora								SALIDAS (DEP) Ops./hora								TOTAL		
		36R				01R				01L				36L				ARR	DEP	TOT
Caso	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total				
AmB_1	2	27	7	36	2	28	7	37	1	26	7	34	2	26	7	35	73	69	142	
AmB_2	1	18	6	25	2	28	7	37	1	27	8	36	2	27	7	36	62	72	134	
AmB_3	2	28	7	37	2	28	7	37	0	35	0	35	4	18	14	36	74	71	145	
AmB_4	0	0	0	0	2	28	7	37	0	44	0	44	5	14	20	39	37	83	120	

**MODELO A+B (SUR)**

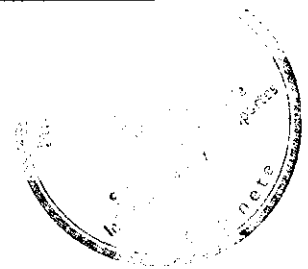
CONFIGURACIÓN SUR																				
		LLEGADAS (ARR) Ops./hora								SALIDAS (DEP) Ops./hora								TOTAL		
		18L				19L				19R				18R				ARR	DEP	TOT
Caso	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total				
ABs_1	2	27	7	36	2	28	7	37	1	26	7	34	2	26	7	35	73	69	142	
ABs_2	1	18	6	25	2	28	7	37	1	27	8	36	2	27	7	36	62	72	134	
ABs_3	2	28	7	37	2	28	7	37	0	35	0	35	4	18	14	36	74	71	145	
ABs_4	0	0	0	0	2	28	7	37	0	44	0	44	5	14	20	39	37	83	120	

**MODELO C+B (NORTE)**

CONFIGURACIÓN NORTE																				
		LLEGADAS (ARR) Ops./hora								SALIDAS (DEP) Ops./hora								TOTAL		
		33L				33R				36L				36R				ARR	DEP	TOT
Caso	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total				
BmC_1	2	27	8	37	2	27	8	37	2	24	6	32	2	29	8	39	74	71	145	
BmC_2	2	27	8	37	2	22	6	30	2	25	6	33	2	29	8	39	67	72	139	
BmC_3	2	27	8	37	2	27	8	37	3	15	13	31	0	44	0	44	74	75	149	
BmC_4	2	27	8	37	2	27	8	37	0	21	14	35	4	36	0	40	74	75	149	
BmC_5	2	27	8	37	2	27	8	37	4	12	17	33	0	44	0	44	74	77	151	
BmC_6	2	27	8	37	2	27	8	37	3	19	12	34	0	40	0	40	74	74	148	

**MODELO C+B (SUR)**

CONFIGURACIÓN SUR																				
		LLEGADAS (ARR) Ops./hora								SALIDAS (DEP) Ops./hora								TOTAL		
		18R				18L				15R				15L				ARR	DEP	TOT
Caso	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total				
BCs_1	2	27	8	37	2	27	8	37	2	24	6	32	2	29	8	39	74	71	145	
BCs_2	2	27	8	37	2	22	6	30	2	25	6	33	2	29	8	39	67	72	139	
BCs_3	2	27	8	37	2	27	8	37	3	15	13	31	0	44	0	44	74	75	149	
BCs_4	2	27	8	37	2	27	8	37	0	21	14	35	4	36	0	40	74	75	149	
BCs_5	2	27	8	37	2	27	8	37	4	12	17	33	0	44	0	44	74	77	151	
BCs_6	2	27	8	37	2	27	8	37	3	19	12	34	0	40	0	40	74	74	148	



**MODELO C+B bis (SUR)**

CONFIGURACIÓN SUR																			
	LLEGADAS (ARR) Ops./hora								SALIDAS (DEP) Ops./hora								TOTAL		
	18R				18L				15R				15L				ARR	DEP	TOT
Caso	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total			
Bs_1	2	27	8	37	2	27	8	36	1	21	11	33	2	33	0	35	74	68	142
Bs_4	2	27	8	37	1	19	5	25	2	20	11	33	2	31	0	33	62	66	128
Bs_5	2	27	8	37	2	27	8	37	3	16	12	31	0	36	0	36	74	67	141
Bs_6	2	27	8	37	2	27	8	37	4	0	19	23	0	42	0	42	74	65	139

**MODELO REF2N (NORTE)**

CONFIGURACIÓN NORTE																	
	LLEGADAS (ARR) Ops./hora								SALIDAS (DEP) Ops./hora						TOTAL		
	33				36R				36L						ARR	DEP	TOT
Caso	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total					
XN_1	1	15	4	20	1	16	4	21	1	31	10	42	41	42	83		
XN_2	1	22	6	29	1	9	3	13	1	31	10	42	42	42	84		
XN_3	1	10	2	13	2	21	5	28	1	31	10	42	41	42	83		
XN_4	2	28	7	37	0	0	0	0	1	31	10	42	37	42	79		

**MODELO REF2S (SUR)**

CONFIGURACIÓN SUR																	
	LLEGADAS (ARR) Ops./hora				SALIDAS (DEP) Ops./hora								TOTAL				
	18R				18L				15				ARR	DEP	TOT		
Caso	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total					
XS_1	2	28	7	37	2	33	0	35	1	25	15	41	37	76	113		
XS_2	2	28	7	37	5	25	0	30	0	30	14	44	37	74	111		
XS_3	2	28	7	37	0	40	0	40	4	19	17	40	37	80	117		
XS_4	2	28	7	37	0	0	0	0	1	31	10	42	37	42	79		

**MODELO REF1N (NORTE)**

CONFIGURACIÓN NORTE																	
	LLEGADAS (ARR) Ops./hora				SALIDAS (DEP) Ops./hora								TOTAL				
	33				36L				36R				ARR	DEP	TOT		
Caso	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total					
P3N_1	1	18	5	24	1	31	10	42	1	8	3	12	24	32	56		
P3N_2	1	10	3	14	1	31	10	42	1	16	5	22	14	62	76		
P3N_3	1	10	3	14	0	44	0	44	2	11	10	23	14	67	81		
P3N_4	2	28	7	37	1	31	10	42	0	0	0	0	37	42	79		





**MODELO REFIS (SUR)**

<b>CONFIGURACION SUR</b>																
	<b>LLEGADAS (ARR) Ops./hora</b>								<b>SALIDAS (DEP) Ops./hora</b>				<b>TOTAL</b>			
	<b>1BR</b>				<b>1RE</b>				<b>15</b>				<b>ARR</b>	<b>DEP</b>	<b>TOT</b>	
<b>Caso</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>P</b>	<b>Total</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>P</b>	<b>Total</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>P</b>	<b>Total</b>				
P3S_1	2	28	7	37	1	19	5	25	0	10	3	13	62	13	75	
P3S_2	2	28	7	37	1	10	3	14	1	19	5	25	51	25	76	
P3S_3	2	28	7	37	0	0	0	0	1	31	10	42	37	42	79	

**MODELO MAX-CAP**

	<b>CONFIGURACION</b>																		
	<b>LLEGADAS (ARR) Ops./hora</b>								<b>SALIDAS (DEP) Ops./hora</b>								<b>TOTAL</b>		
	<b>36R</b>				<b>01R</b>				<b>36L</b>				<b>36R</b>				<b>ARR</b>	<b>DEP</b>	<b>TOT</b>
<b>Caso</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>P</b>	<b>Total</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>P</b>	<b>Total</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>P</b>	<b>Total</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>P</b>	<b>Total</b>			
<b>MAX1</b>	2	28	7	37	2	28	7	37	2	31	8	41	2	30	8	40	74	81	155
<b>MAX2</b>	2	28	7	37	2	28	7	37	4	20	16	40	0	41	0	41	74	81	155
<b>MAX3</b>	2	28	7	37	2	28	7	37	0	25	17	42	4	36	0	40	74	82	156
<b>MAX4</b>	2	28	7	37	2	28	7	37	5	14	20	39	0	44	0	44	74	83	157





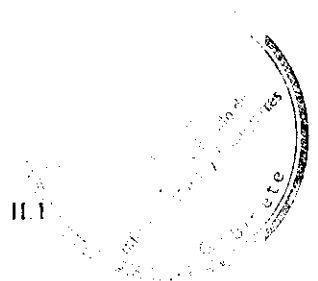
GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



23/03/98



## ANEXO II : GRÁFICAS COMPARATIVAS.

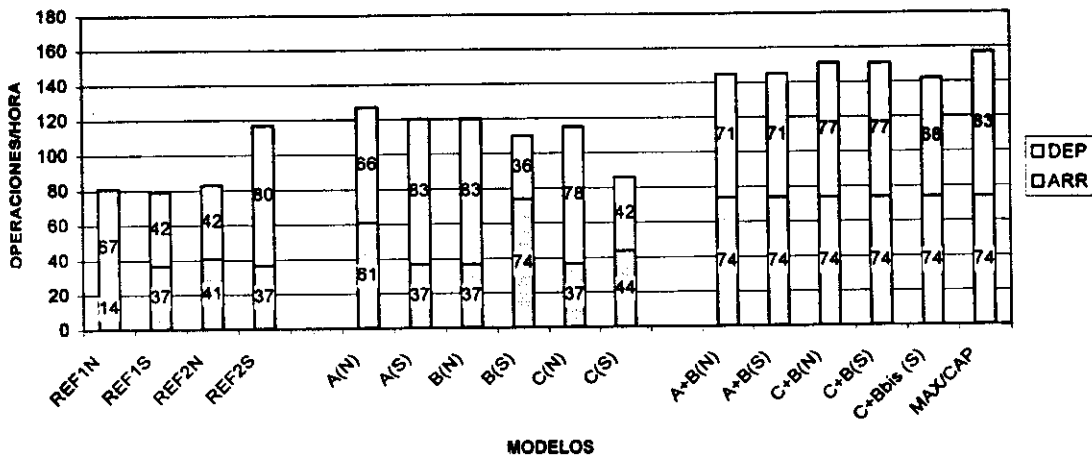




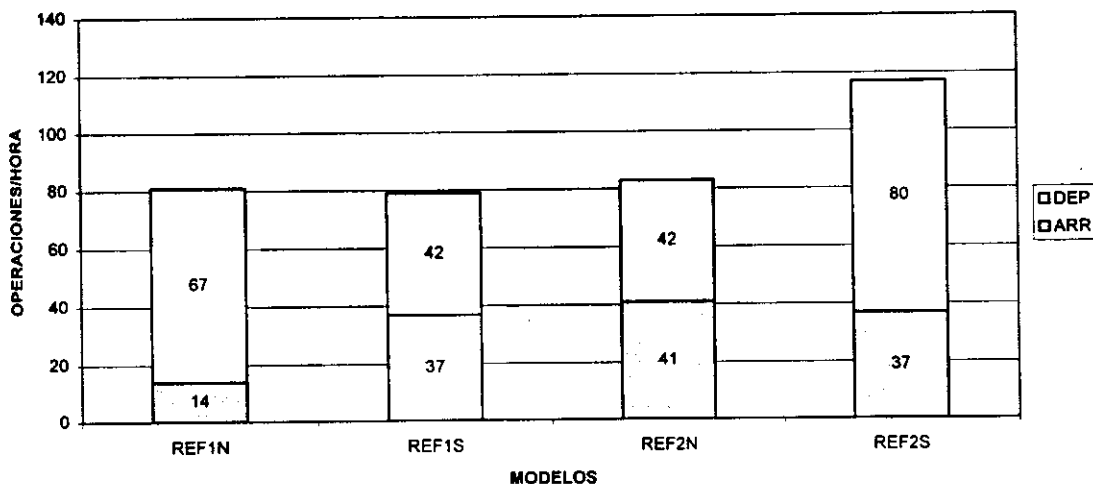
GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



CAPACIDAD MÁXIMA DE SATURACIÓN DEL FSAM PARA CADA UNA DE LAS PROPUESTAS CONSIDERADAS



CAPACIDAD MÁXIMA DE SATURACIÓN PARA CONFIGURACIONES DE 3 PISTAS

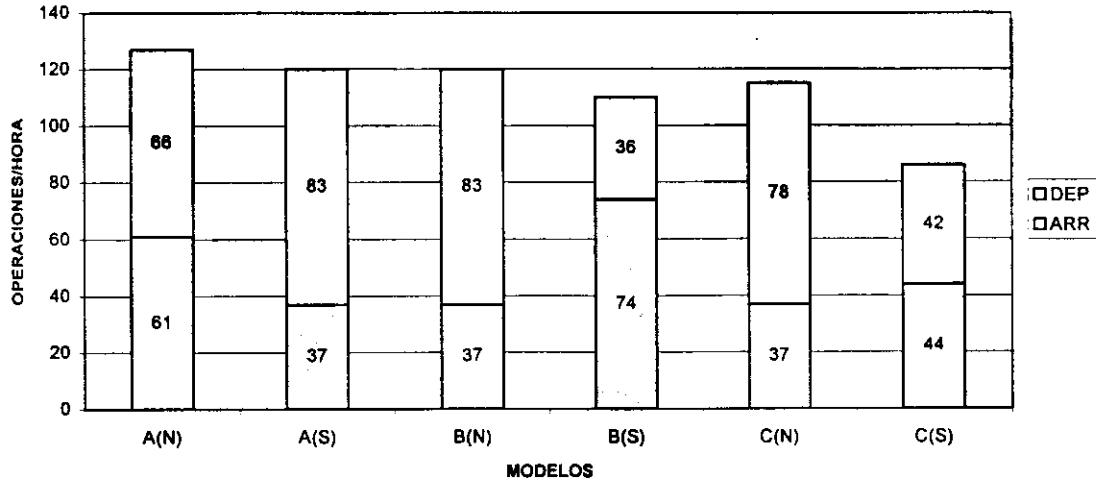




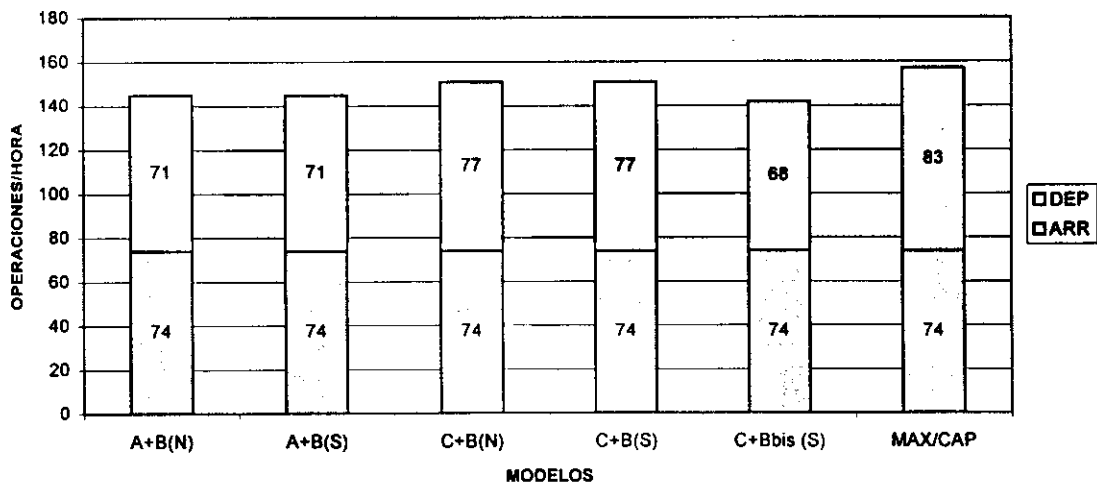
GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



### CAPACIDAD MÁXIMA DE SATURACIÓN PARA CONFIGURACIONES DE 3+1 PISTAS



### CAPACIDAD MÁXIMA DE SATURACIÓN PARA CONFIGURACIONES DE 4+1 PISTAS

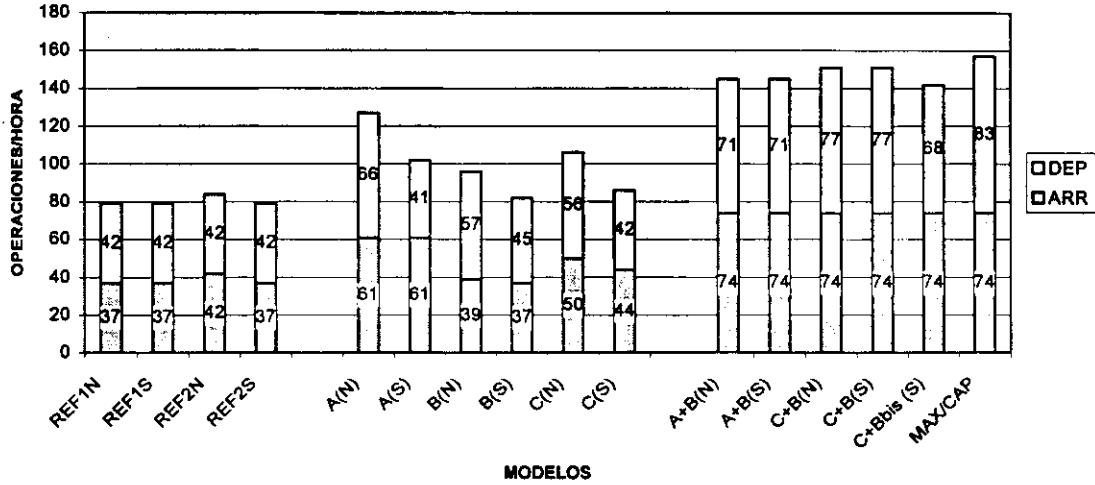




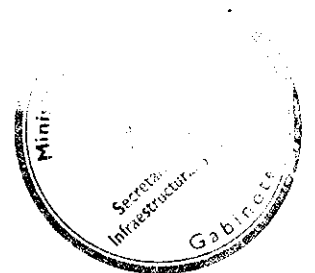
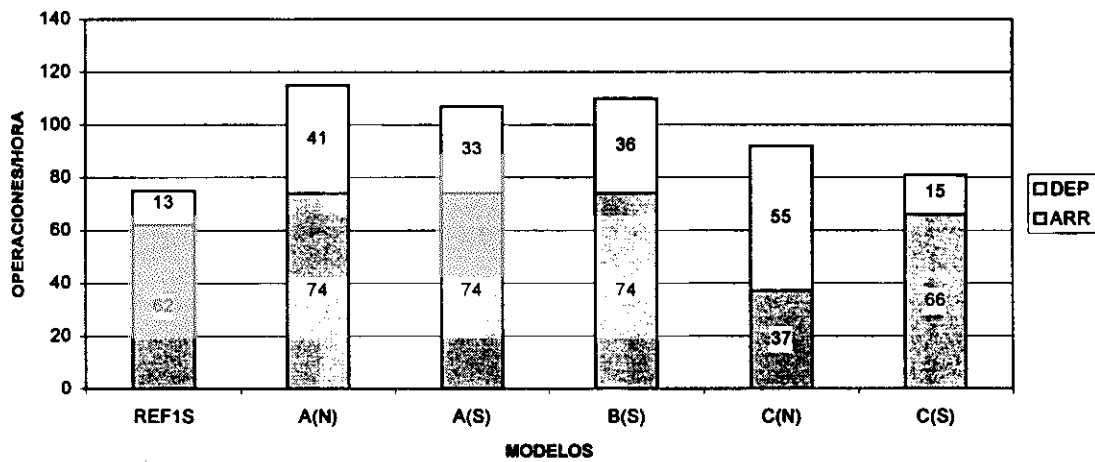
GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



**CAPACIDADES MÁXIMAS CON CARGAS DE TRÁFICO EQUILIBRADAS**



**CAPACIDADES MÁXIMAS CON CARGAS DE TRÁFICO DESEQUILIBRADAS (ARR MÁXIMO)**

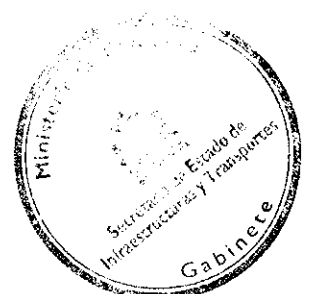
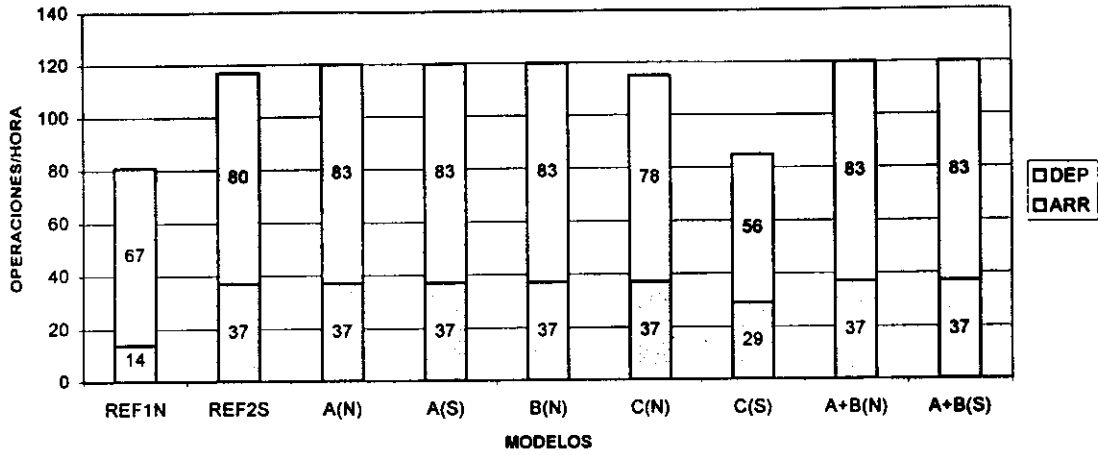




GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



CAPACIDADES MÁXIMAS CON CARGAS DE TRÁFICO DESEQUILIBRADAS (DEP  
MÁXIMO)





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



23/03/98

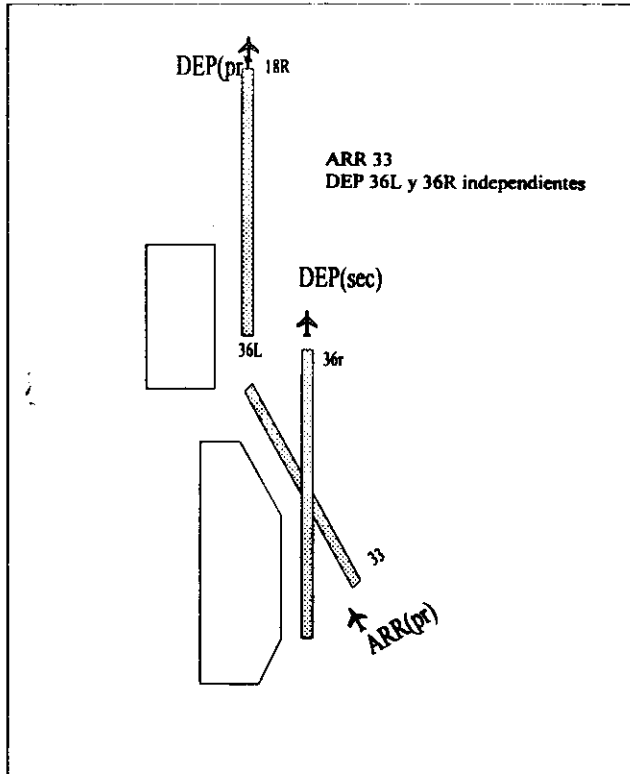
### ANEXO III : CROQUIS DE LOS MODELOS SIMULADOS.

III.1

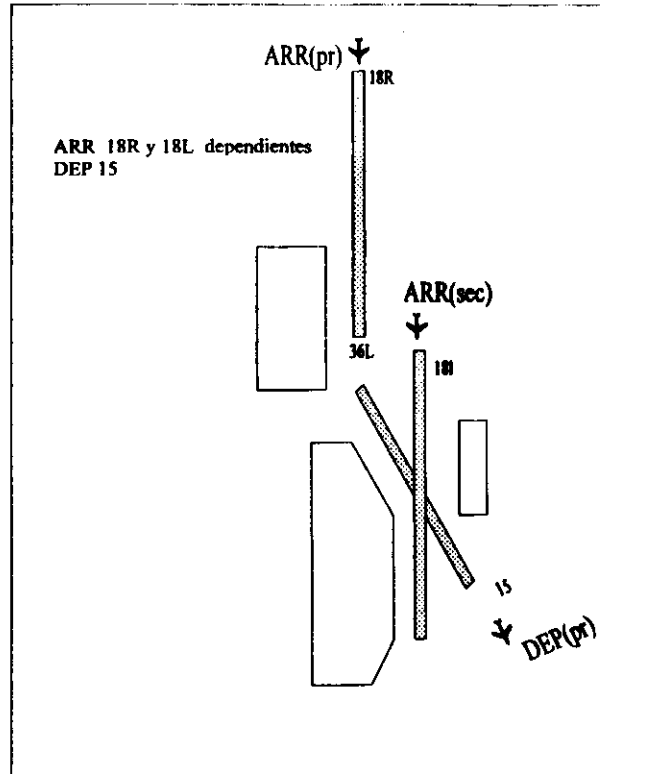


# CASO DE REFERENCIA

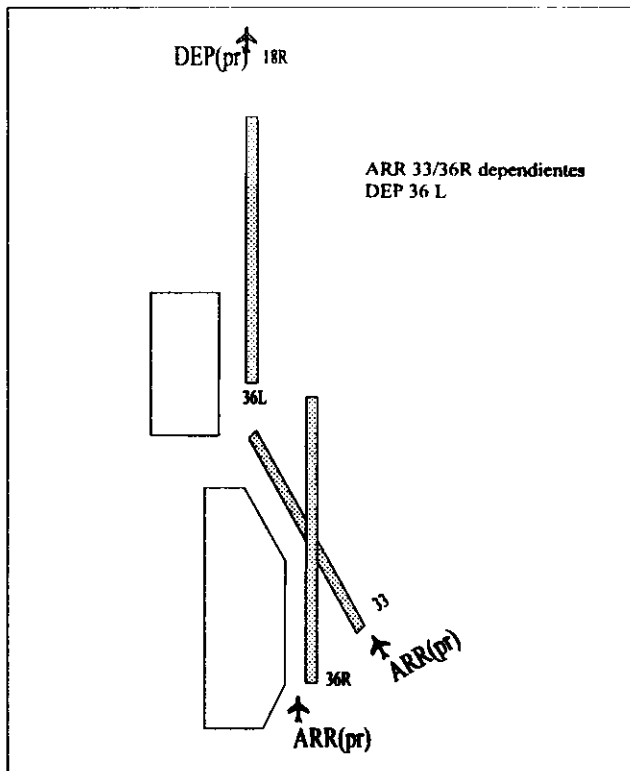
## Modelo 1 Norte



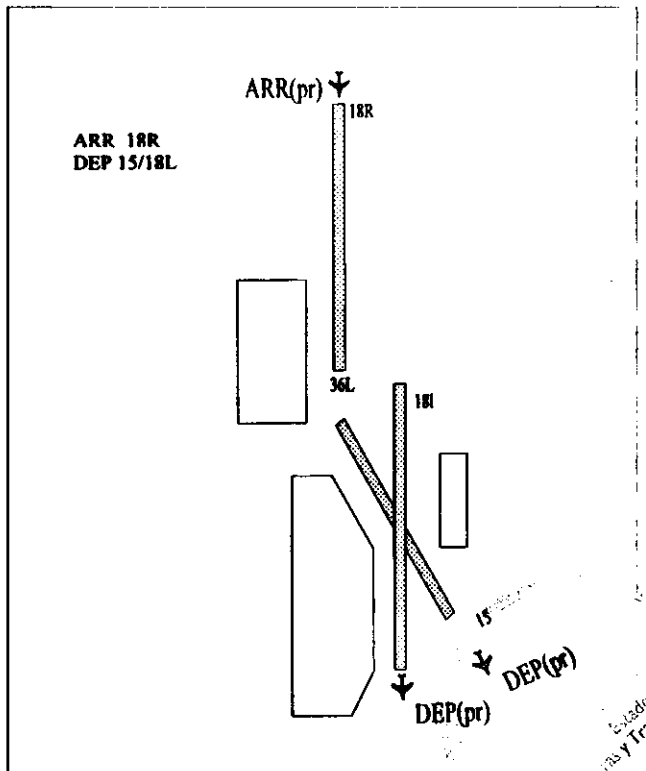
## Modelo 1 Sur



## Modelo 2 Norte



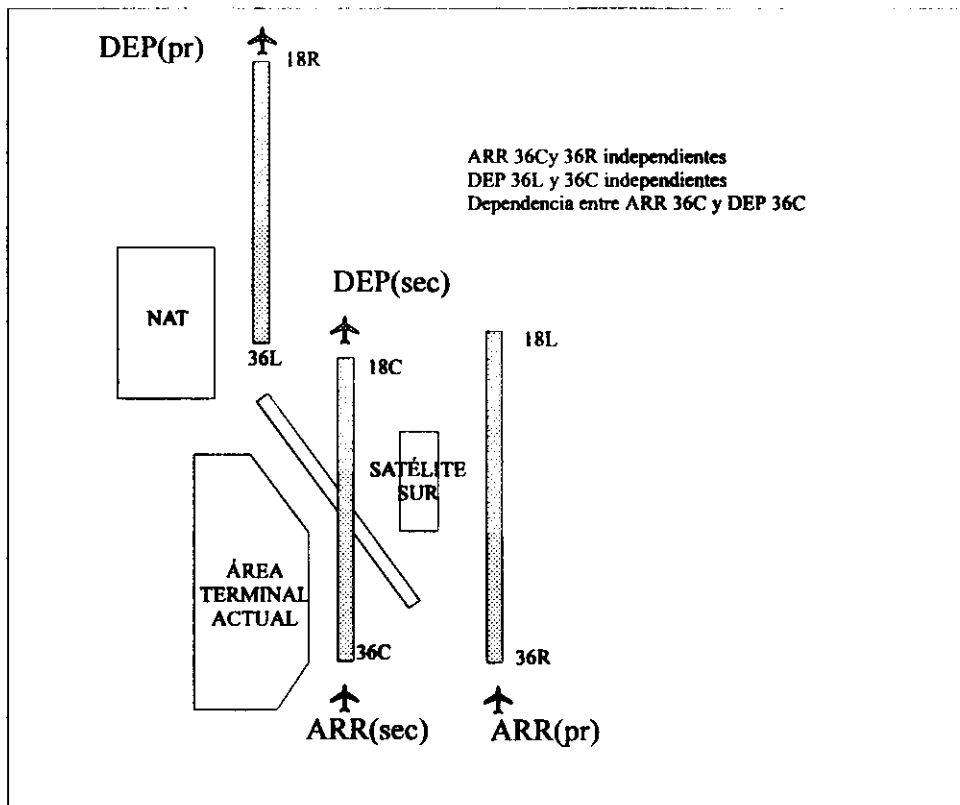
## Modelo 2 Sur



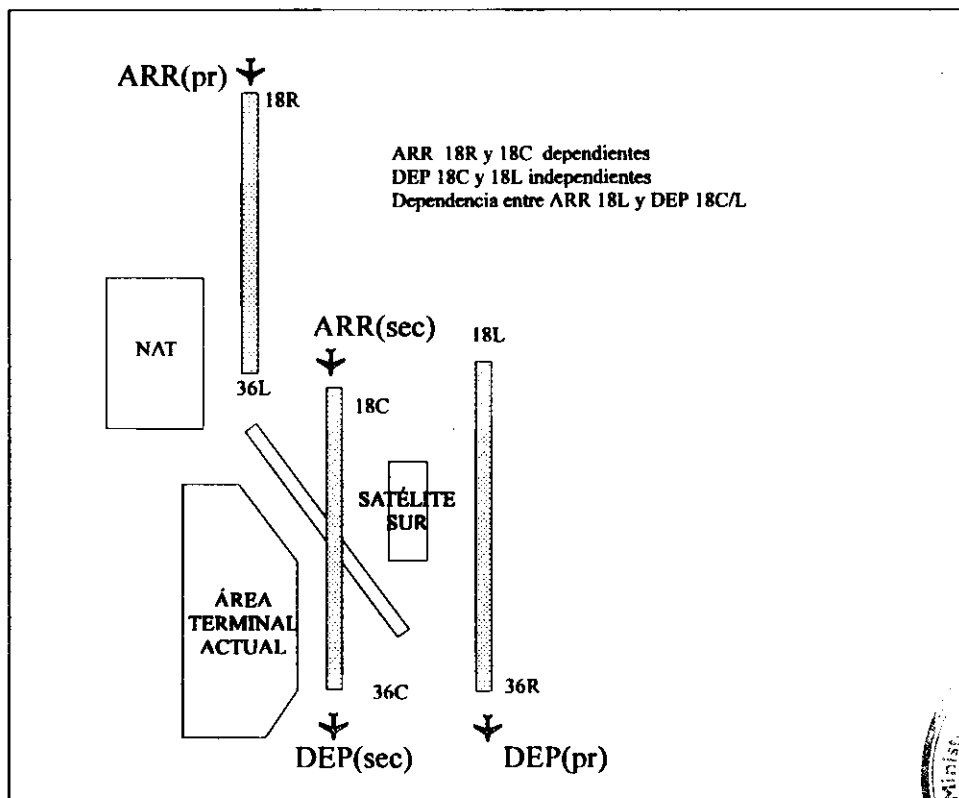


# CASO A

## Modelo A Norte

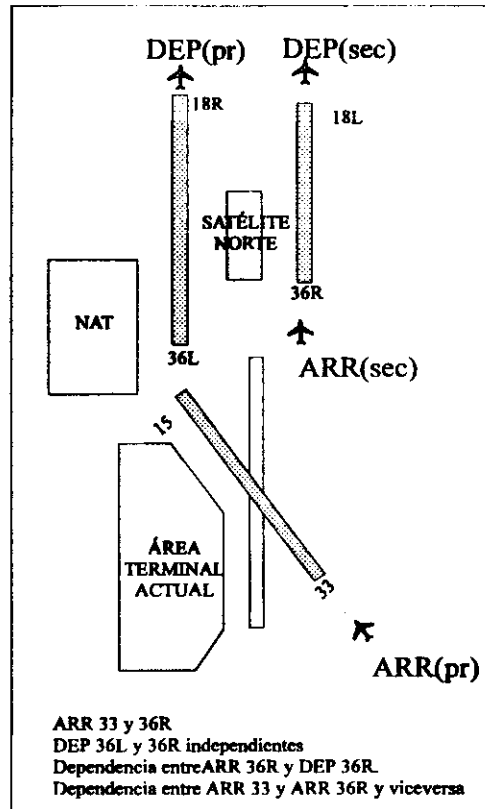


## Modelo A 1 Sur

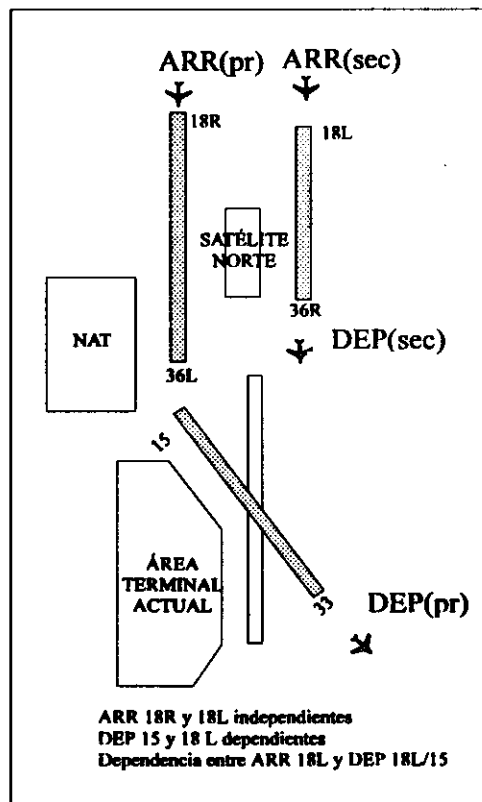


# CASO B

## Modelo B Norte

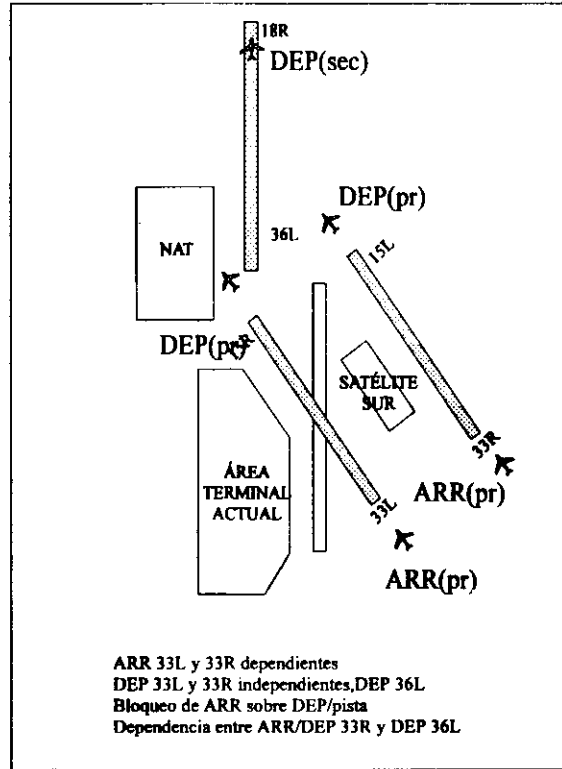


## Modelo B Sur

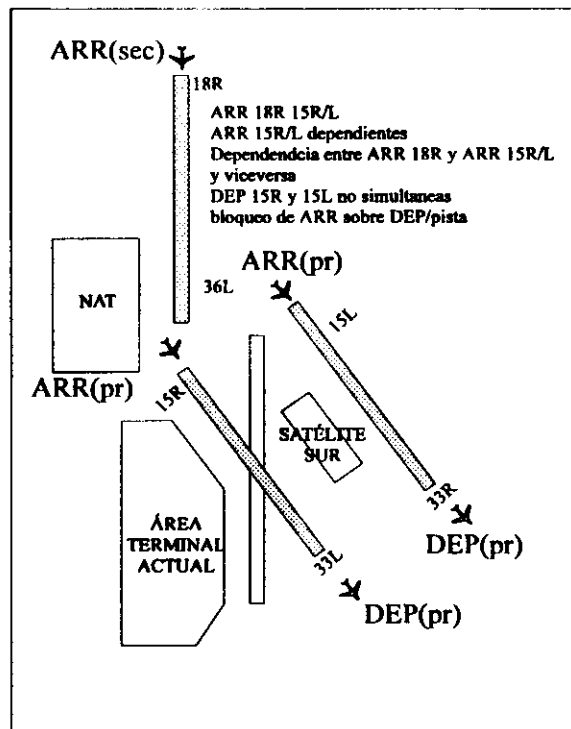


# CASO C

## Modelo C Norte

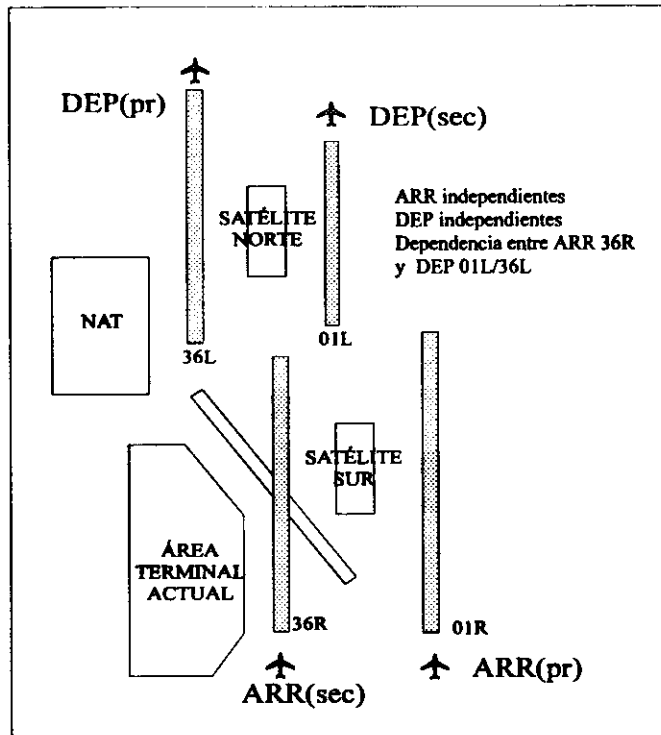


## Modelo C Sur

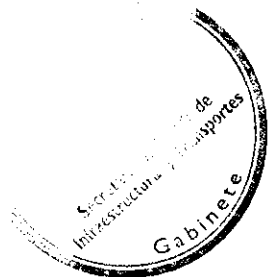
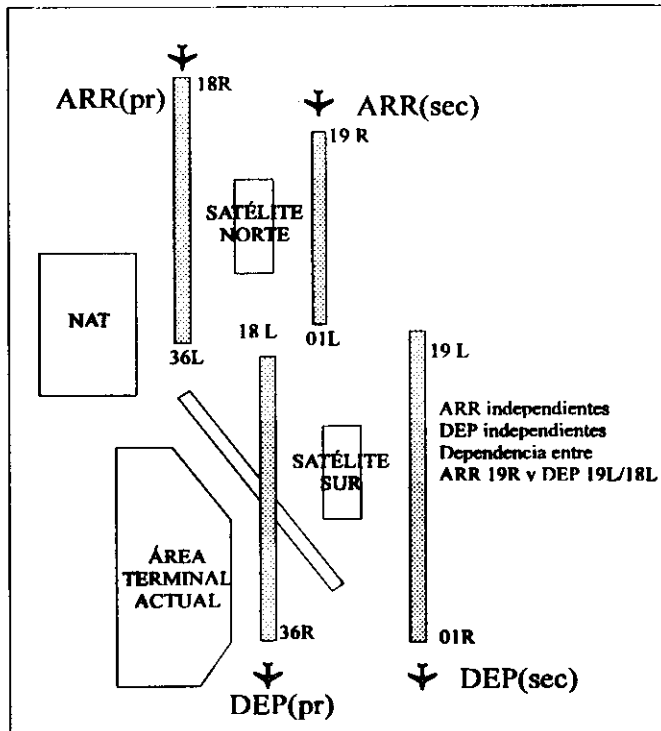


# CASO A+B

## Modelo A+B Norte

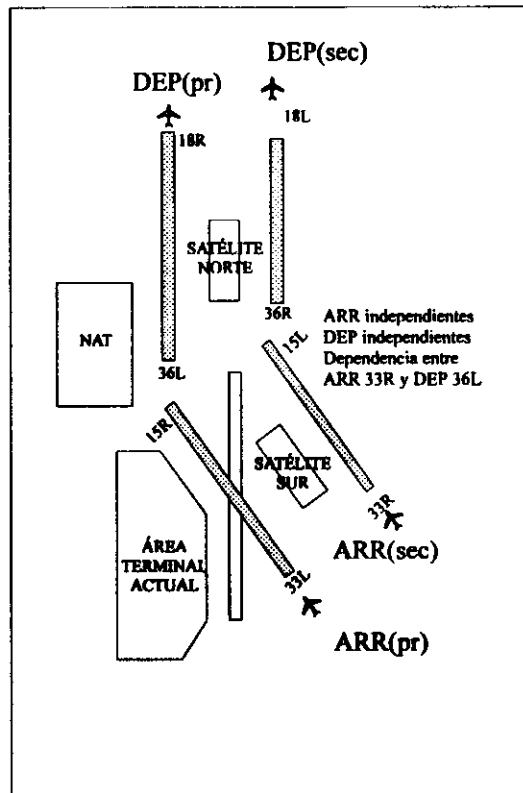


## Modelo A+B Sur



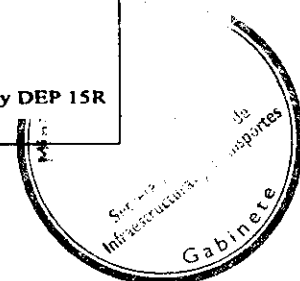
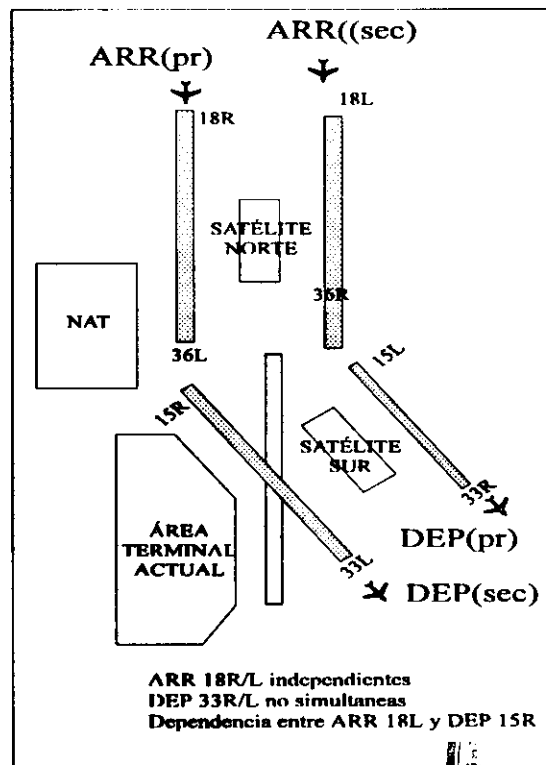
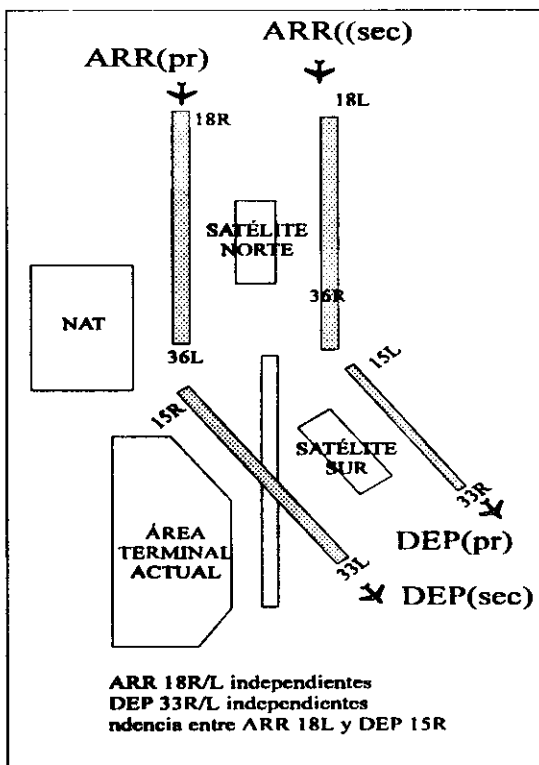
# CASO C+B

## Modelo C+B Norte



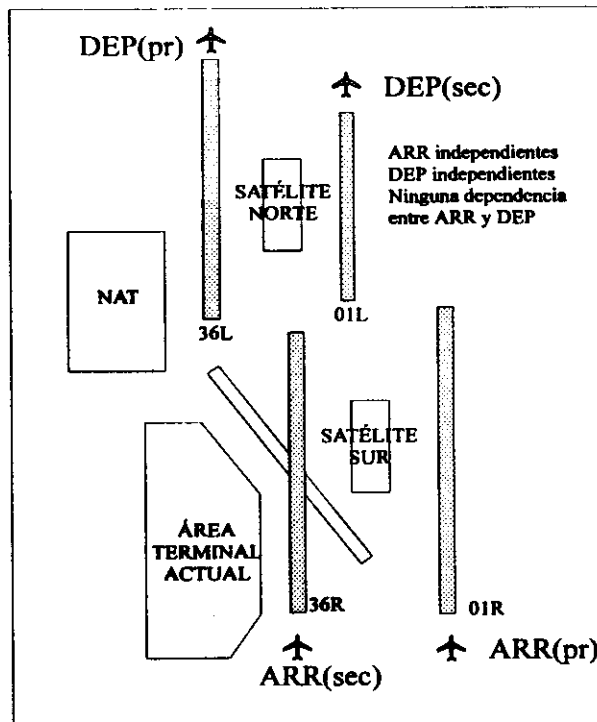
Modelo C+B Sur

Modelo C+B Bis Sur

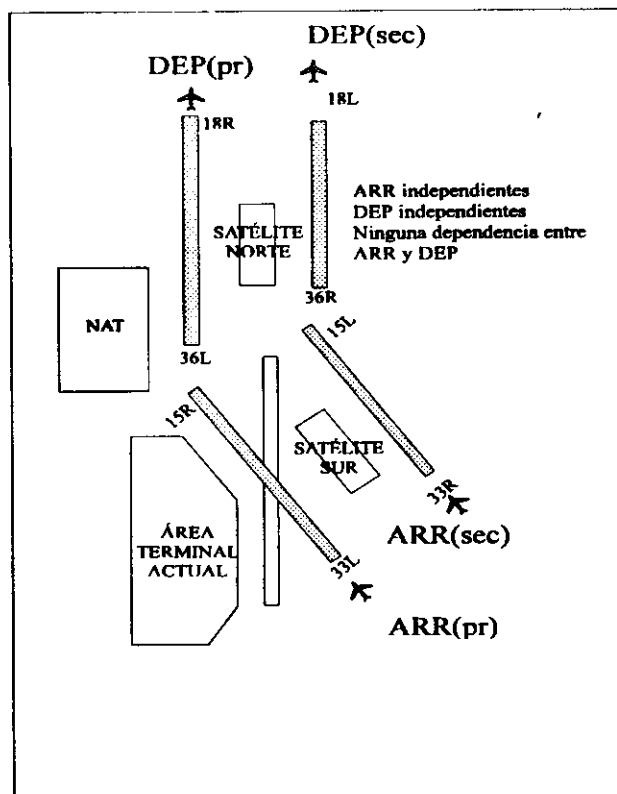


# CASO MÁXIMO

Modelo A+B máximo  
simétrico Norte y SUR

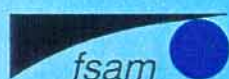


Modelo C+B máximo  
simétrico Norte y Sur





GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



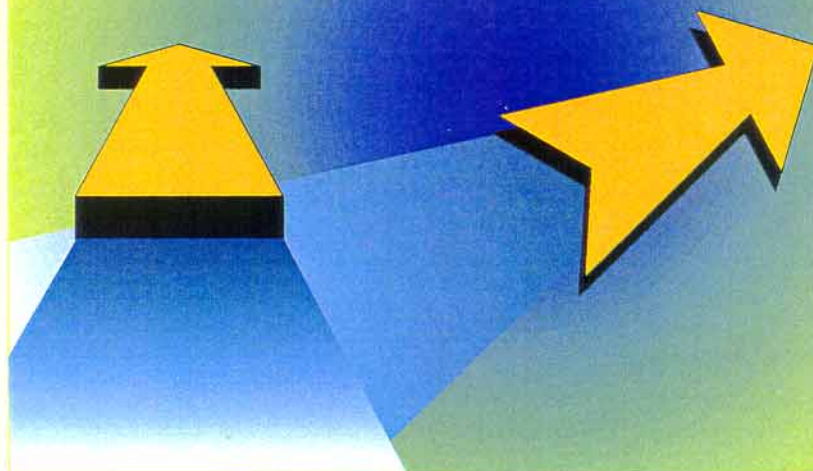
PROYECTO FSAM

MADRID - BARAJAS

**ANEXO**

# VIABILIDAD Y COSTE OPERACIONAL ASOCIADO DE E/S PARA CADA UNO DE LOS MODELOS A SIMULAR

**MODELOS ADICIONALES  
VS  
MODELOS SIMULADOS**



Marzo, 1998

**MINISTERIO DE FOMENTO**

**Secretaría de Estado de Infraestructura y Transportes**

**Dirección General de Aviación Civil**

**Subdirección General de Sistemas de Navegación Aérea y Aeroportuarios**

**PROYECTO FSAM**

---

**MADRID - BARAJAS**



**Marzo, 1998**





## Comentarios sobre propuesta FSAM

Este anexo incluye comentarios sobre las diferentes alternativas incluidas en la propuesta FSAM, de esta forma:

- Comentarios de carácter general
- Caso configuración de partida
- Caso A
- Caso B
- Caso C
- Caso A+B
- Caso C+B

### Comentarios de carácter general

Se han asumido las hipótesis de la propuesta relacionadas con los obstáculos, equipamiento para aproximaciones de precisión ILS GP 3º, configuraciones Norte y Sur previstas para el TMA de Madrid a partir de Junio 1998.

También se asume que es imprescindible hacer los correspondientes estudios sobre impacto medio ambiental, movimiento en tierra y todos aquellos que se consideren necesarios.

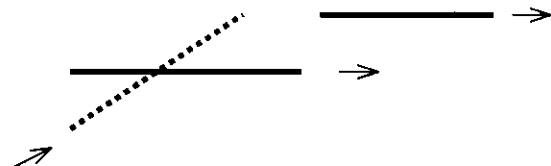
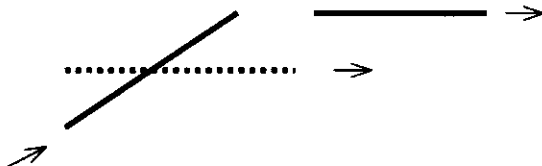
Las áreas de protección de la maniobra son estimativas, los valores OCH han tenido en cuenta los obstáculos en los tramos de aproximación final y aproximación frustrada inicial; la operativa de los procedimientos es susceptible de mejora.





**Caso**

**Configuración de partida**



Llegada 33 y salida 36L simultáneas  
Salidas independientes  
Utilización subordinada de Rwy 36R (salidas)  
La aproximación frustrada requiere viraje "lo antes posible"  
Rumbo propuesto para aproximación frustrada: a NDB  
GE  
Porcentaje estimado de inutilización: 0,77

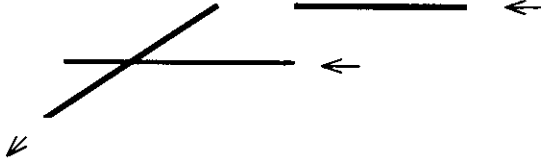
Utilización subordinada de Rwy 33 (llegadas)  
Salidas independientes

Rwy 33	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	310	322	330	341
Obstáculo Determinante	Torre Actual	Torre Actual	Torre Actual Rwy 36L	Torre Actual Rwy 36L



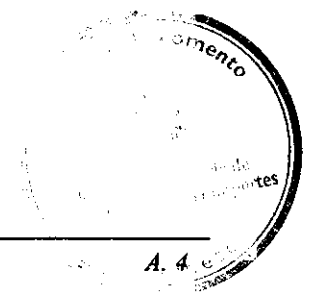


**Configuración Sur**



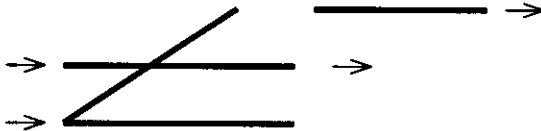
- Llegadas 18 R y L dependientes
- Llegada 18R y salida 15 simultáneas
- Utilización subordinada de Rwy 18L (salidas)
- La aproximación frustrada requiere viraje "lo antes posible"
- Rumbo propuesto para aproximación frustrada:  
218° NDB GE
- Porcentaje estimado de inutilización: 0,73

Rwy 18R	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	359	371	379	390
Obstáculo Determinante				





**Caso A**  
**Configuración Norte**

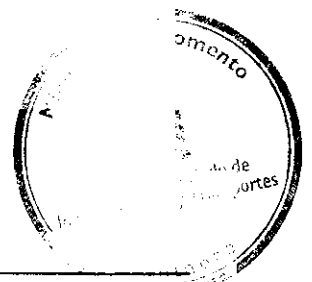


Llegadas independientes  
Salidas independientes  
Llegadas 36C y salidas 36L simultáneas  
Utilización mixta de Rwy 36C  
La aproximación frustrada Rwy 36C requiere viraje  
"lo antes posible"  
Rumbo propuesto para aproximación frustrada:  
hacia NDB GE  
Porcentaje estimado de inutilización: 1,034

Rwy 36C	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	400	412	420	631
Obstáculo Determinante	Torre Actual	Torre Actual	Torre Actual Rwy 36L	Rwy 36L

La aproximación frustrada Rwy 36R requiere viraje  
"lo antes posible"  
Rumbo propuesto para aproximación frustrada:  
hacia VOR/DME VJZ  
Porcentaje estimado de inutilización: 1,034

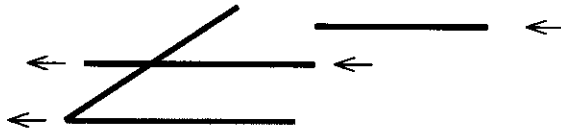
Rwy 36R	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	350	362	370	381
Obstáculo Determinante	Pico Guardias	Pico Guardias	Pico Guardias	Pico Guardias





### Caso A

### Configuración Sur



Llegadas dependientes (dist: 984m < 1.311m)

Salidas independientes

Llegadas 18R y salidas 18C simultáneas

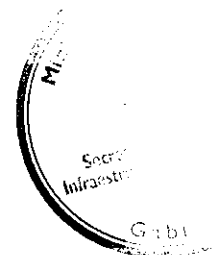
Utilización mixta de Rwy 18C

La aproximación frustrada Rwy 18R requiere viraje "lo antes posible"

Rumbo propuesto para aproximación frustrada: 218° a NDB GE

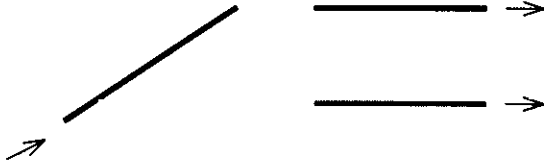
Porcentaje estimado de inutilización: 0,73

Rwy 18R	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	359	371	379	390
Obstáculo Determinante				





**Caso B**  
Configuración Norte



Salidas independientes  
Llegadas 33 y salidas 36L simultáneas  
La aproximación frustrada Rwy 33 requiere viraje "lo antes posible"  
Rumbo propuesto para aproximación frustrada: a NDB GE  
Porcentaje estimado de inutilización: 0,77

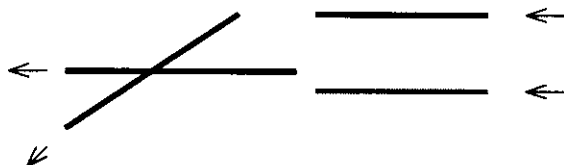
Rwy 33	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	310	322	330	341
Obstáculo Determinante	Torre Actual	Torre Actual	Torre Actual Rwy 36L	Torre Actual Rwy 36L





**Caso B**

**Configuración Sur**



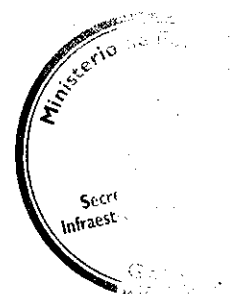
Llegadas independientes  
Salidas subordinadas

Llegada 18L y salidas 18C y 15 simultáneas  
La aproximación frustrada Rwy 18L requiere viraje  
"lo antes posible"  
Rumbo propuesto para aproximación frustrada:  
a VOR/DME VJZ  
Porcentaje estimado de inutilización: 0,59

Rwy 18L	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	430	442	450	531
Obstáculo Determinante	Peña Cuervo	Peña Cuervo	Peña Cuervo Rwy 15L	Peña Cuervo Rwy 15L

Llegada 18R y salidas 18C y 15 simultáneas  
La aproximación frustrada Rwy 18R requiere viraje  
"lo antes posible"  
Rumbo propuesto para aproximación frustrada: 218°  
a NDB GE  
Porcentaje estimado de inutilización: 0,73

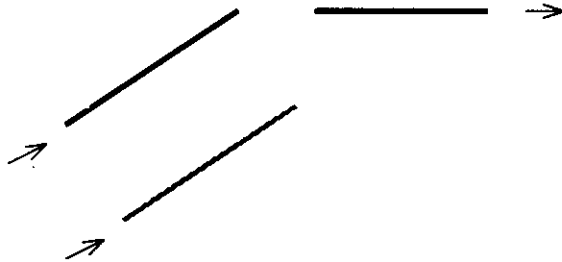
Rwy 18R	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	359	371	379	390
Obstáculo Determinante				





### Caso C

#### Configuración Norte



#### Llegadas independientes

##### Llegada 33L y salida 36L simultáneas

La aproximación frustrada Rwy 33L requiere viraje "lo antes posible"

Rumbo propuesto para aproximación frustrada: a NDB GE

Porcentaje estimado de inutilización: 0,68

##### Llegada 33R y salida 36L simultáneas

La aproximación frustrada Rwy 33R requiere viraje "lo antes posible"

Rumbo propuesto para aproximación frustrada: a VOR/DME VJZ

Porcentaje estimado de inutilización: 0,77

Rwy 33L	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	311	322	330	341
Obstáculo Determinante	Torre Actual	Torre Actual	Torre Actual Rwy 36L	Torre Actual Rwy 36L

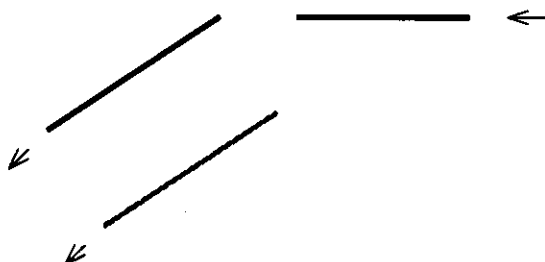
Rwy 33R	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	450	462	470	481
Obstáculo Determinante	Guardias	Guardias	Guardias	Guardias Rwy 36L







**Caso C**  
**Configuración Sur**



**Salidas independientes**

Llegada 18R y salida 15R simultáneas

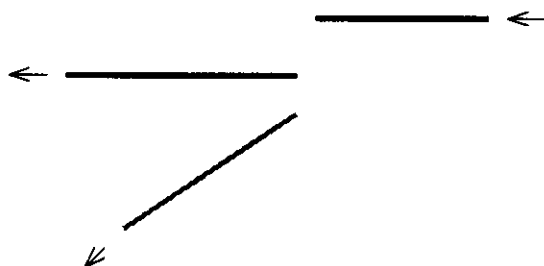
La aproximación frustrada Rwy 18R requiere viraje "lo antes posible"

Rumbo propuesto para aproximación frustrada: 218° NDB GE

Porcentaje estimado de inutilización: 0,73

Rwy 18R	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	359	371	379	390
Obstáculo Determinante				

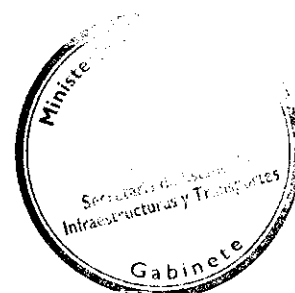
**Alternativa a configuración Sur**

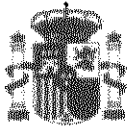


Similar a la anterior

Salida Rwy 18L divergente 15° del eje de pista permite no sobrevolar Coslada

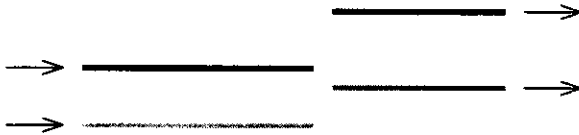
Salida Rwy 15L en rumbo de pista, deja a un lado Coslada y al otro Torrejón de Ardoz.





**Caso A+B**

**Configuración Norte**



**Llegada y salidas independientes**

**Llegada 36R y salida 36L simultáneas**  
 La aproximación frustrada Rwy 36R requiere viraje  
 "lo antes posible"  
 Rumbo propuesto para aproximación frustrada:  
 a NDB GE  
 Porcentaje estimado de inutilización: 0,68

Rwy 36R	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	400	412	420	631
Obstáculo Determinante	Torre Actual	Torre Actual	Torre Actual Rwy 36L	Torre Actual Rwy 36L

**Llegada 01R y salida 01L simultáneas**  
 La aproximación frustrada Rwy 01R requiere viraje  
 "lo antes posible"  
 Rumbo propuesto para aproximación frustrada:  
 a VOR/DME VJZ  
 Porcentaje estimado de inutilización: 0,73

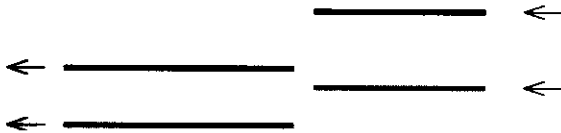
Rwy 01R	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	350	362	370	381
Obstáculo Determinante	Guardias	Guardias	Guardias	Guardias





**Caso A+B**

**Configuración Sur**



**Llegadas independientes y salidas independientes**

Llegada 18R y salida 18L simultáneas  
La aproximación frustrada Rwy 18R requiere viraje  
"lo antes posible"  
Rumbo propuesto para aproximación frustrada:  
218° NDB GE  
Porcentaje estimado de inutilización: 0,73

Rwy 18R	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	359	371	379	390
Obstáculo Determinante				

Llegada 19R y salida 19L simultáneas  
La aproximación frustrada Rwy 19R requiere viraje  
"lo antes posible"  
Rumbo propuesto para aproximación frustrada:  
a VOR/DME VJZ  
Porcentaje estimado de inutilización: 0,85

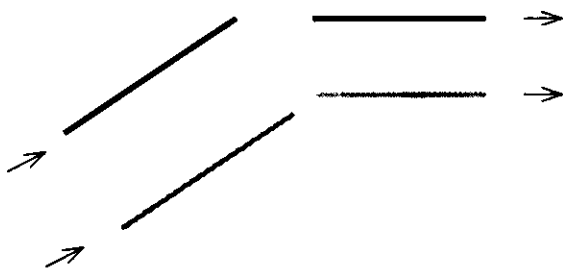
Rwy 19R	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	430	442	450	531
Obstáculo Determinante	Peña Cuervo	Peña Cuervo	Peña Cuervo Rwy 15L	Peña Cuervo Rwy 19L





**Caso C+B**

**Configuración Norte**



**Llegadas y salidas independientes**

Llegada 33L y salida 36L simultáneas

La aproximación frustrada Rwy 33L requiere viraje "lo antes posible"

Rumbo propuesto para aproximación frustrada: a NDB GE

Porcentaje estimado de inutilización: 0,77

Rwy 33L	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	311	322	330	341
Obstáculo Determinante	Torre Actual	Torre Actual	Torre Actual Rwy 36L	Torre Actual Rwy 36L

Llegada 33R y salida 36R simultáneas

La aproximación frustrada Rwy 33R requiere viraje "lo antes posible"

Rumbo propuesto para aproximación frustrada: a VOR/DME VJZ

Porcentaje estimado de inutilización: 0,99

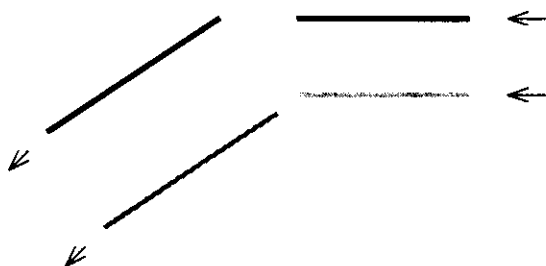
Rwy 33R	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	530	542	550	731
Obstáculo Determinante	Guardias	Guardias	Guardias Rwy 01L	Guardias Rwy 01L





**Caso C+B**

**Configuración Sur**



**Llegada y salidas independientes**

**Llegada 18R y salidas 15R/15L simultáneas**

La aproximación frustrada Rwy 18R requiere viraje "lo antes posible"

Rumbo propuesto para aproximación frustrada:

218° NDB GE

Porcentaje estimado de inutilización: 0,73

Rwy 18R	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	359	371	379	390
Obstáculo Determinante				

**Llegada 18L y salida 15L simultáneas**

La aproximación frustrada Rwy 18L requiere viraje "lo antes posible"

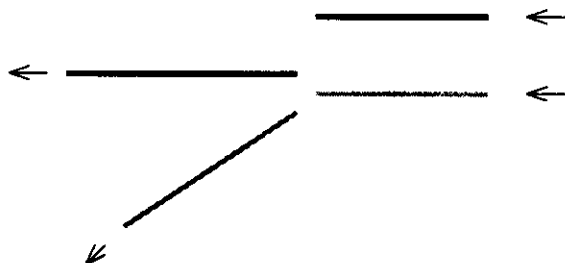
Rumbo propuesto para aproximación frustrada:

a VOR/DME VJZ

Porcentaje estimado de inutilización: 0,85

Rwy 18L	Cat A	Cat B	Cat C	Cat D
OCH (ft)	430	442	450	531
Obstáculo Determinante	Peña Cuervo	Peña Cuervo	Peña Cuervo Rwy 15L	Peña Cuervo Rwy 15L

**Alternativa a configuración Sur**



**Similar a la anterior**

Salida Rwy 18L divergente 15° del eje de pista permite no sobrevolar Coslada

Salida Rwy 15L en rumbo de pista, deja a un lado Coslada y al otro Torrejón de Ardoz.





## APENDICE. VISIBILIDAD Y TECHO DE NUBES

El valor de porcentaje de aproximaciones instrumentales de precisión que no podrán ser realizadas en el aeropuerto de Madrid Barajas si no se dispone de sistema de aproximación de precisión CAT II, o III, se extrae de la tabla incluida a continuación.

Estos porcentajes se definen de acuerdo a la existencia de circunstancias simultáneas de determinados límites de visibilidad y de determinados límites de altura de la base de la capa más baja de nubes que cubre más de 4/8 del cielo y a las recomendaciones de OACI recogidas en el ANEXO 14 Volumen I, Cap. 1.

### Resumen de Visibilidad y altura de nubes (en porcentaje)

h.h(m) → vvvv (m) ↓	0-29	30-59	60-89	90-119	120-149	150-179	180-239	240-299	300-499	450-889	900-2399	>2399 y/o 4/8 o menos	TOTAL
0-199	0,072	0,051	0,017	0,003	-	-	0,003	-	0,003	-	-	0,021	0,171
200-299	0,048	0,045	0,034	0,014	-	-	-	-	-	-	-	0,068	0,209
300-399	0,017	0,027	0,031	0,007	-	-	-	-	-	-	-	0,048	0,130
400-499	0,007	0,021	0,017	0,014	-	0,003	-	-	0,003	-	-	0,027	0,092
500-599	0,007	0,034	0,010	0,007	-	0,003	-	-	0,007	-	-	0,034	0,103
600-799	0,010	0,014	0,034	0,007	-	-	0,007	0,003	-	-	-	0,021	0,096
800-999	0,007	0,014	0,024	0,007	0,010	-	0,007	-	-	-	-	0,034	0,103
1000-1199	0,003	0,007	0,010	0,021	0,003	0,003	0,007	-	0,010	-	-	0,075	0,140
1200-1599	0,003	0,003	0,024	0,003	0,007	0,007	-	0,003	0,017	0,003	-	0,079	0,151
1600-2099	0,003	0,010	0,010	0,038	0,014	0,007	0,010	0,010	0,017	0,010	0,003	0,120	0,253
2100-2499	-	-	-	-	-	-	-	-	0,003	0,010	-	0,021	0,034
2500-4799	0,003	-	0,017	0,038	0,021	0,034	0,051	0,024	0,089	0,144	0,003	0,695	1,120
4800-8999	0,003	-	0,014	0,034	0,048	0,038	0,106	0,068	0,445	1,140	0,188	4,547	6,633
9000-o más	-	-	-	0,010	0,010	0,024	0,045	0,075	0,346	7,472	3,986	78,797	90,765
<b>TOTAL</b>	<b>0,185</b>	<b>0,226</b>	<b>0,243</b>	<b>0,202</b>	<b>0,113</b>	<b>0,120</b>	<b>0,236</b>	<b>0,185</b>	<b>0,942</b>	<b>8,780</b>	<b>4,181</b>	<b>84,587</b>	<b>100,000</b>

Donde:

	ILS CAT III
	ILS CAT II
	ILS CAT I





### Notas

- Las primeras 11 columnas describen el número de casos simultáneos de los límites de visibilidad expresados y la altura de la capa más baja de nubes que cubre más del 4/8 del cielo.
- En la penúltima columna figuran los casos que se da una o las dos condiciones siguientes:
  - Altura de la capa de nubes más baja, mayor de 2399 m.
  - Cantidad de nubes igual o menor de 4/8 del cielo.

Junto a los datos correspondientes a las variables hh y vvvv, se han representado con diferente intensidad de sombreado, las condiciones en las que opera cada Categoría de ILS, siguiendo las pautas indicadas por el ANEXO 14 Volumen I, Cap.1 y que se explicitan a continuación.

a) **Pista para aproximaciones de precisión de Categoría I.** Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS o MLS y por ayudas visuales destinadas a operaciones hasta una altura de decisión de 60 m y un alcance visual en la pista del orden de 500 m.

b) **Pista para aproximaciones de precisión de Categoría II.** Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS o MLS y por ayudas visuales destinadas a operaciones hasta una altura de decisión de 30 m y un alcance visual en la pista del orden de 350 m.

c) **Pista para aproximaciones de precisión de Categoría III.** Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS o MLS y por ayudas visuales destinadas a operaciones sin altura de decisión aplicable y un alcance visual en la pista del orden de 200 m (A), 50m (B) y sin referencias visuales (C).



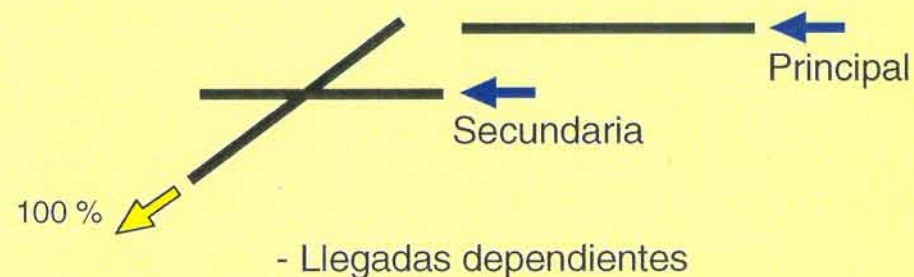


# CONFIGURACION DE PARTIDA FSAM

## NORTE :



## SUR :



OCH		A	B	C	D
33	CAT I	170	180	190	200

OCH		A	B	C	D
18 R	CAT I	359	371	379	390
18 L					

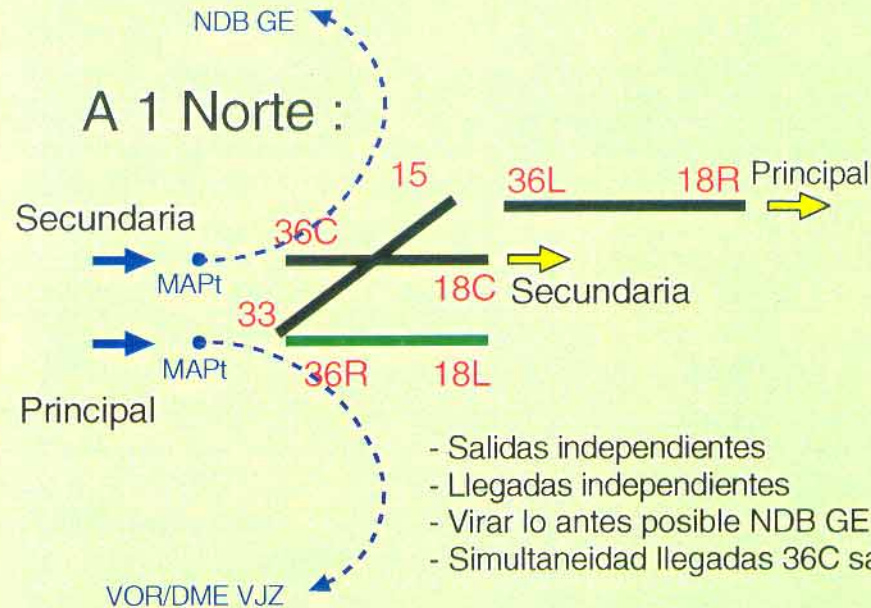






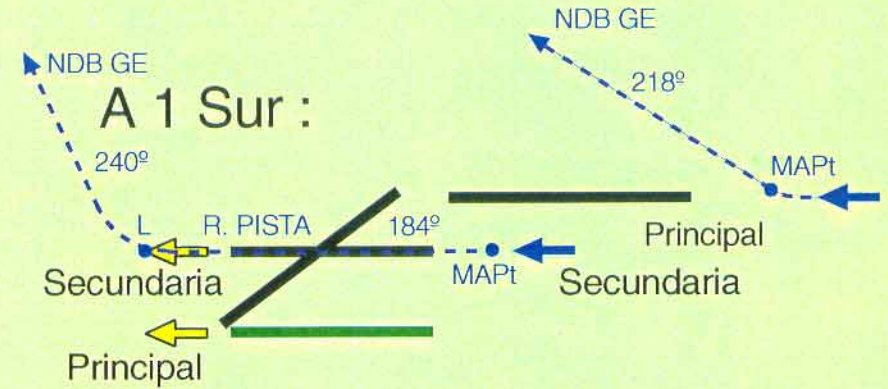
# CASO A

## NORTE :



- Salidas independientes
- Llegadas independientes
- Virar lo antes posible NDB GE / VOR/DME VJZ
- Simultaneidad llegadas 36C salidas 36L

## SUR :



- Salidas independientes
- Llegadas dependientes
- Llegadas 18C bloquean salidas 18C/L

OCH		A	B	C	D
36 C	CAT I	400	412	420	631
36 R		350	362	370	381

OCH		A	B	C	D
18 C 18 R	CAT I	359	371	379	390





# CASO B



GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)



## NORTE :

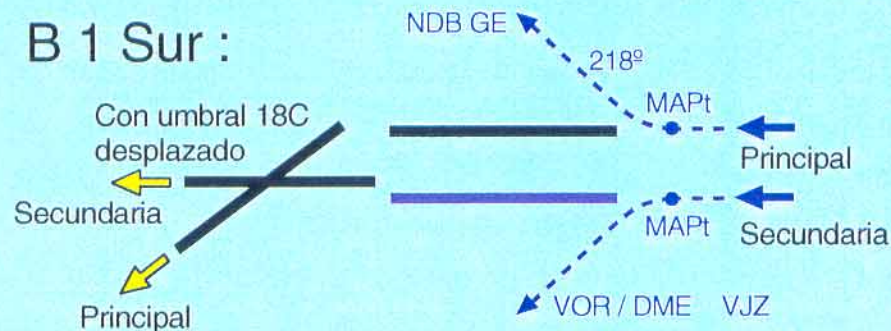
### B 1 Norte :



	OCH	A	B	C	D
33	CAT I	310	322	330	341

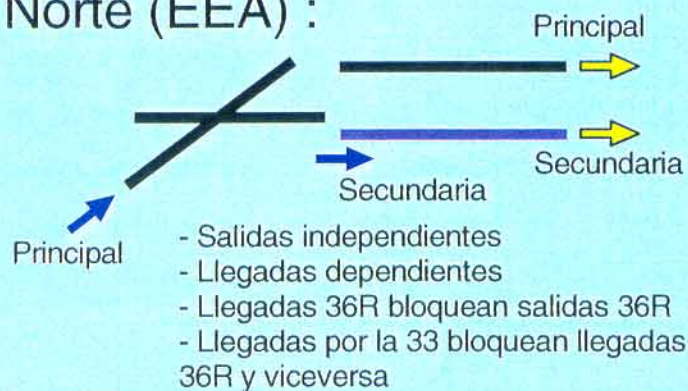
## SUR :

### B 1 Sur :



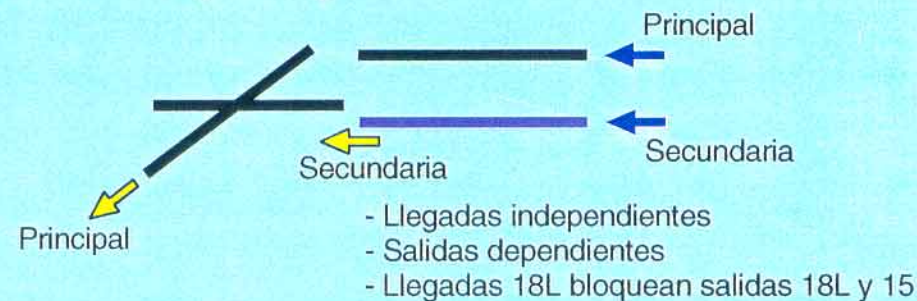
	OCH	A	B	C	D
18 L	CAT I	430	442	450	531
18 R		359	371	379	390

### B 2 Norte (EEA) :



	OCH	A	B	C	D
33 36 R	CAT I	170	180	190	200

### B 2 Sur (EEA) :



	OCH	A	B	C	D
18 R 18 L	CAT I	359	371	379	390

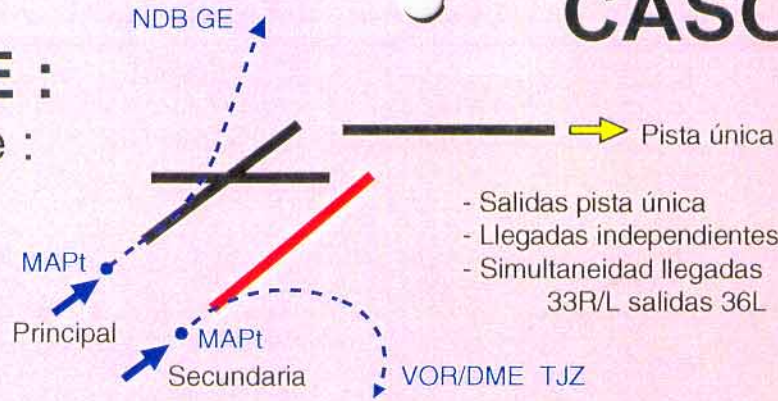




# CASO C

**NORTE :**

**C 1 Norte :**



- Salidas pista única
- Llegadas independientes
- Simultaneidad Llegadas 33R/L salidas 36L

OCH		A	B	C	D
33 L	CAT I	311	322	330	341
33 R		450	462	470	481

**SUR :**

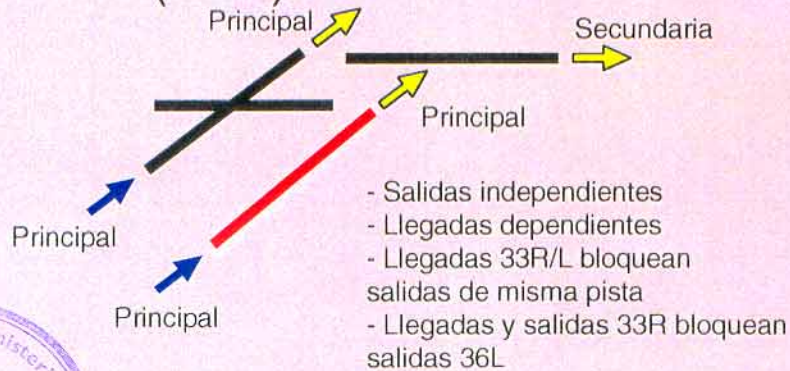
**C 1 Sur :**



- Salidas independientes

OCH		A	B	C	D
18 R	CAT I	359	371	379	390

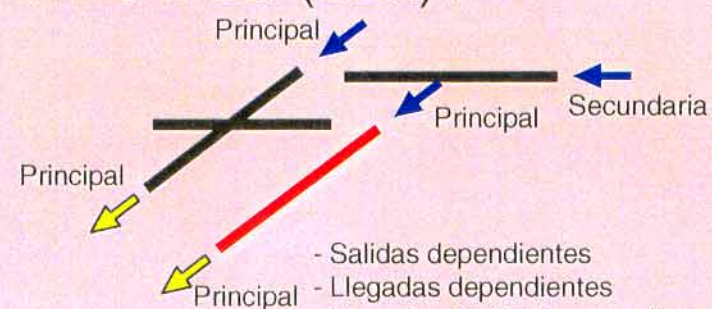
**C 2 Norte (EEA) :**



- Salidas independientes
- Llegadas dependientes
- Llegadas 33R/L bloquean salidas de misma pista
- Llegadas y salidas 33R bloquean salidas 36L

OCH		A	B	C	D
33 L	CAT I	170	180	190	200
33 R					

**C 2 Sur (EEA) :**

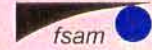


- Salidas dependientes
- Llegadas dependientes
- Llegadas 15R/L bloquean Llegadas 18R y viceversa
- Salidas 15R/L bloquean llegadas de misma pista

OCH		A	B	C	D
15 R/L	CAT I	359	371	379	390
18 R					



GRUPO DE SIMULACION  
DGAC - AENA  
(FSAM)

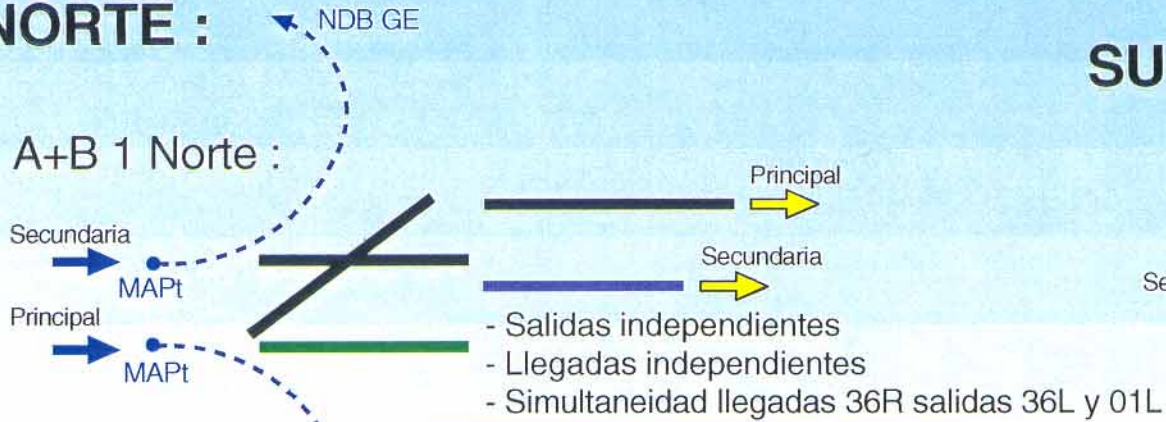




# CASO A+B ó B+A

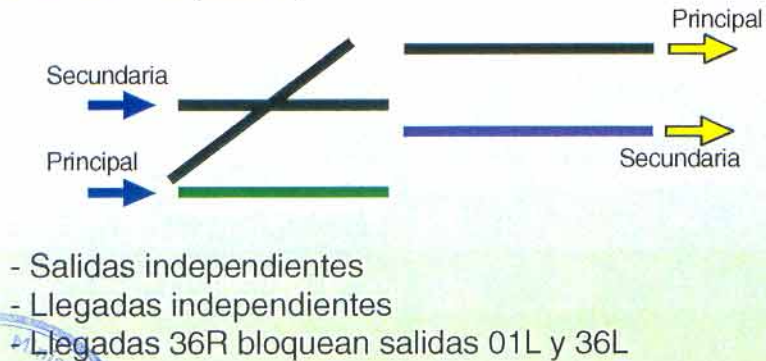


## NORTE :



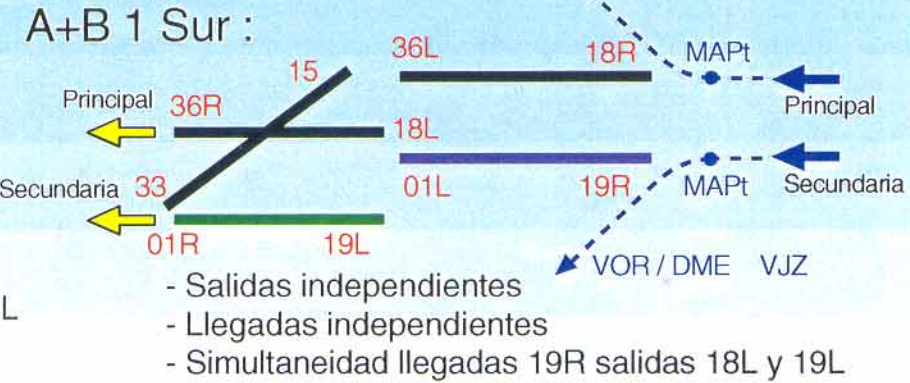
OCH		A	B	C	D
36 R	CAT I	400	412	420	631
01 R		350	362	370	381

## A+B 2 Norte (EEA) :



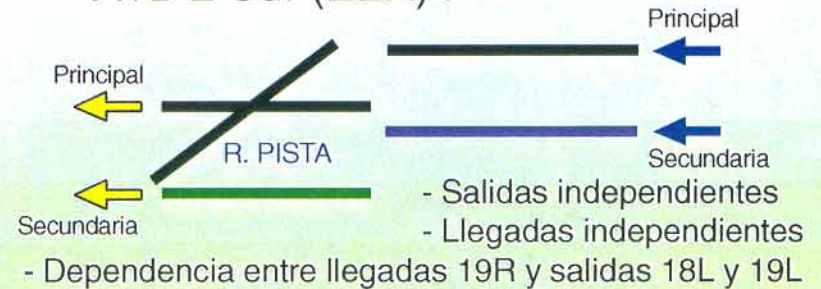
OCH		A	B	C	D
36 R	CAT I	170	180	190	200
01 R					

## SUR :



OCH		A	B	C	D
18 R	CAT I	359	371	379	390
19 R		430	442	450	531

## A+B 2 Sur (EEA) :



OCH		A	B	C	D
18 R	CAT I	359	371	379	390
19 R					



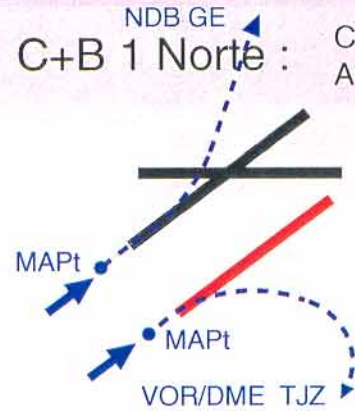


# CASO C+B ó B+C



## NORTE :

### C+B 1 Norte :



Caso igual al A+B 1 Norte. No se modeliza

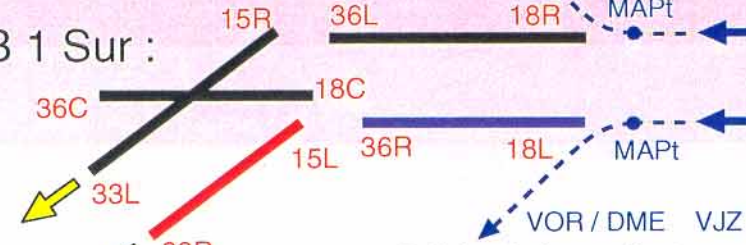
- Salidas independientes
- Llegadas independientes
- Simultaneidad Llegadas 33R salidas 36L

NOTA: Aeronaves pesadas no operan por pista 36R

OCH		A	B	C	D
33 L	CAT I	311	322	330	341
33 R		530	542	550	731

## SUR :

### C+B 1 Sur :



- Salidas independientes
- Llegadas independientes
- Simultaneidad Llegadas 18L salidas 15R/L

NOTA: Aeronaves pesadas no operan por pista 15L  
Caso igual al A+B 1 Sur (EEA). No se modeliza

OCH		A	B	C	D
18 R	CAT I	359	371	379	390
18 L		350	362	370	531

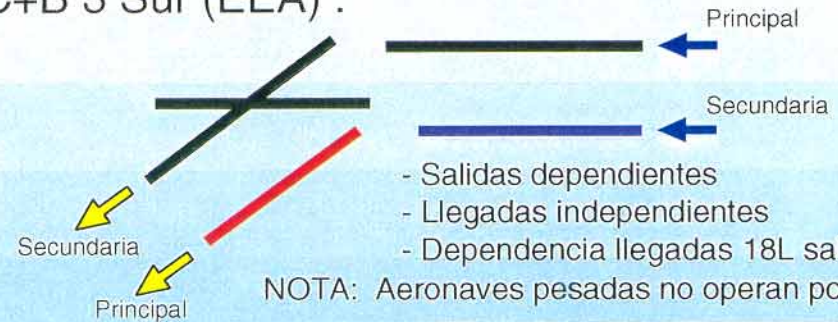
### C+B 2 Norte (EEA) :



- Salidas independientes
- Llegadas independientes
- Dependencia llegadas 33R y salidas 36L

OCH		A	B	C	D
33 R/L	CAT I	170	180	190	200

### C+B 3 Sur (EEA) :



- Salidas dependientes
- Llegadas independientes
- Dependencia llegadas 18L salidas 15R

NOTA: Aeronaves pesadas no operan por pista 15L

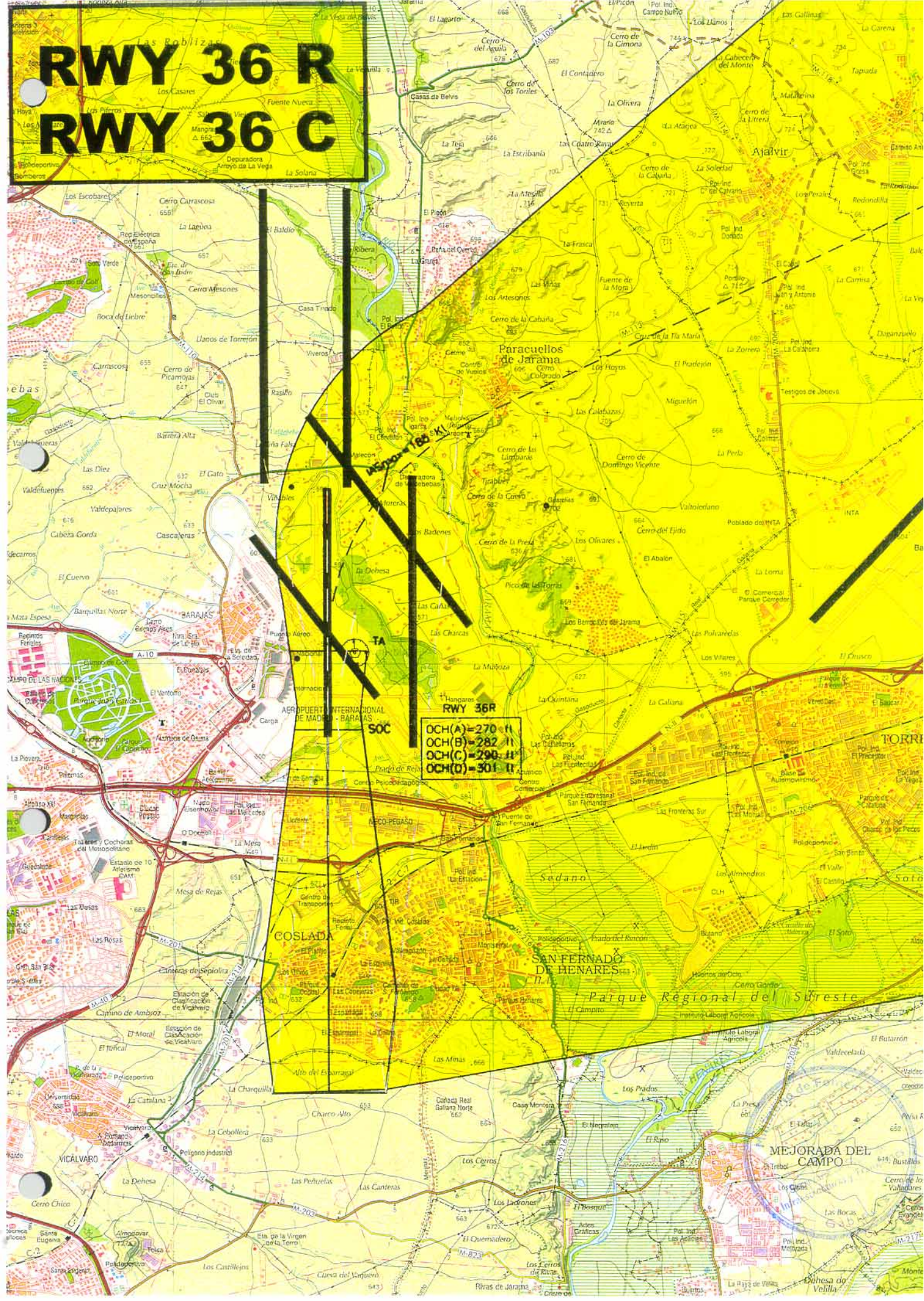
OCH		A	B	C	D
18 R/L	CAT I	359	371	379	390





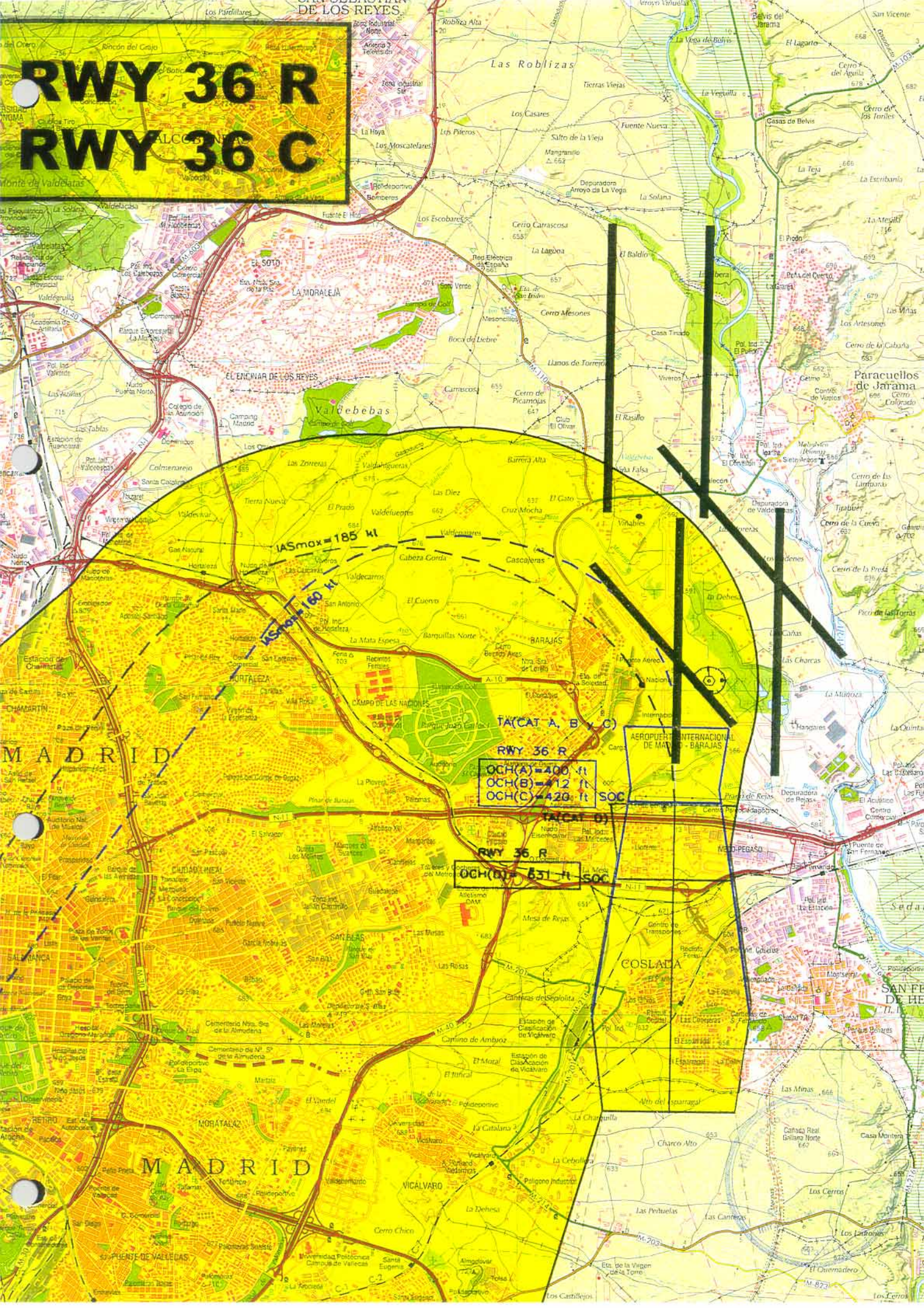
**RWY 36 R**  
**RWY 36 C**

**RWY 36R**  
OCH(A)=270 ft  
OCH(B)=282 ft  
OCH(C)=290 ft  
OCH(D)=301 ft





**RWY 36 R**  
**RWY 36 C**



IASmax = 185 kt

IASmin = 160 kt

**RWY 36 R**  
OCH(A)=400 ft  
OCH(B)=412 ft  
OCH(C)=420 ft SOC

**RWY 36 R**  
OCH(D)=631 ft SOC

MADRID

MADRID

DE LOS REYES

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE MADRID - BARAJAS

COSLADA

SAN FERNANDO DE HE

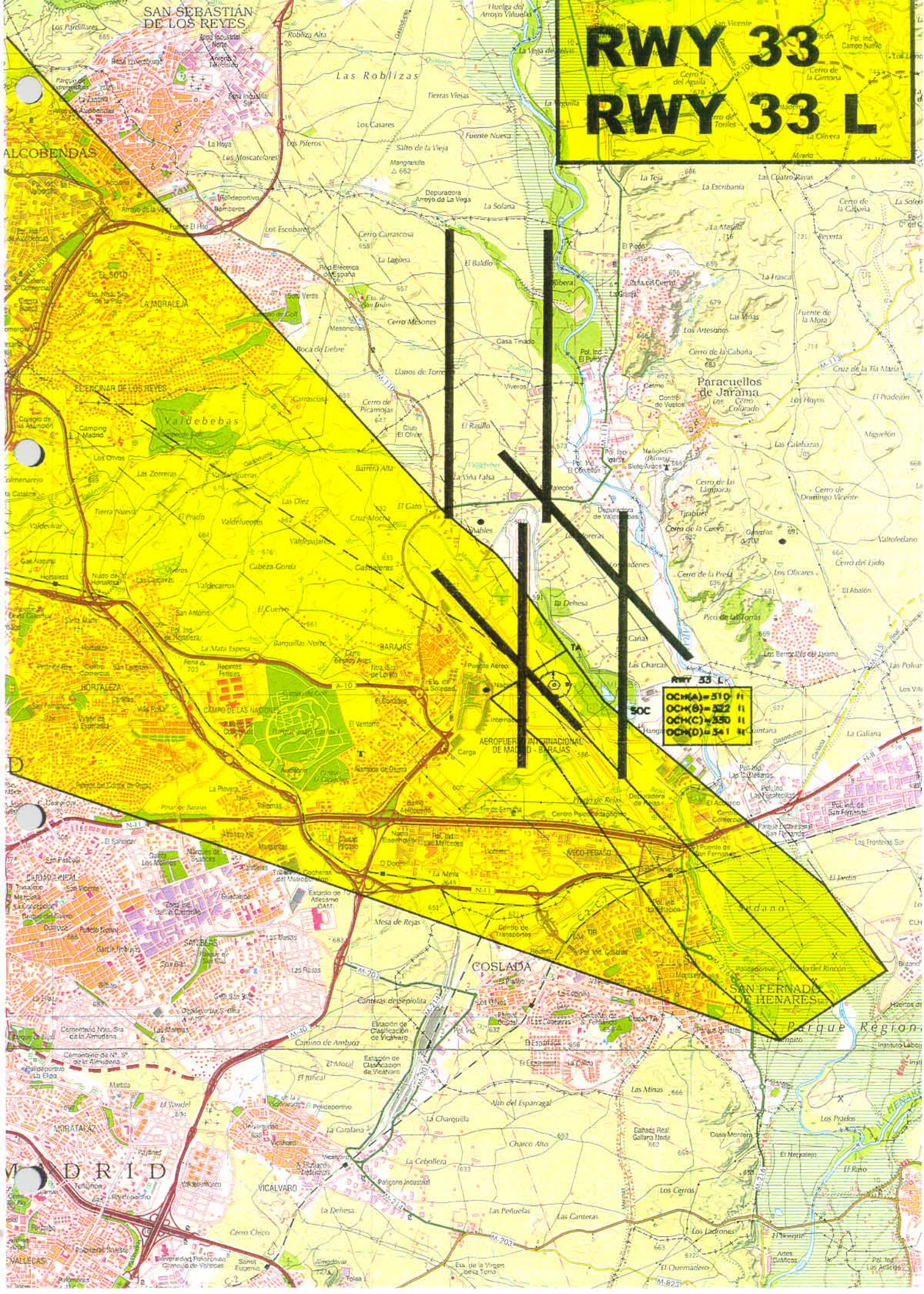


SAN SEBASTIAN DE LOS REYES

# RWY 33

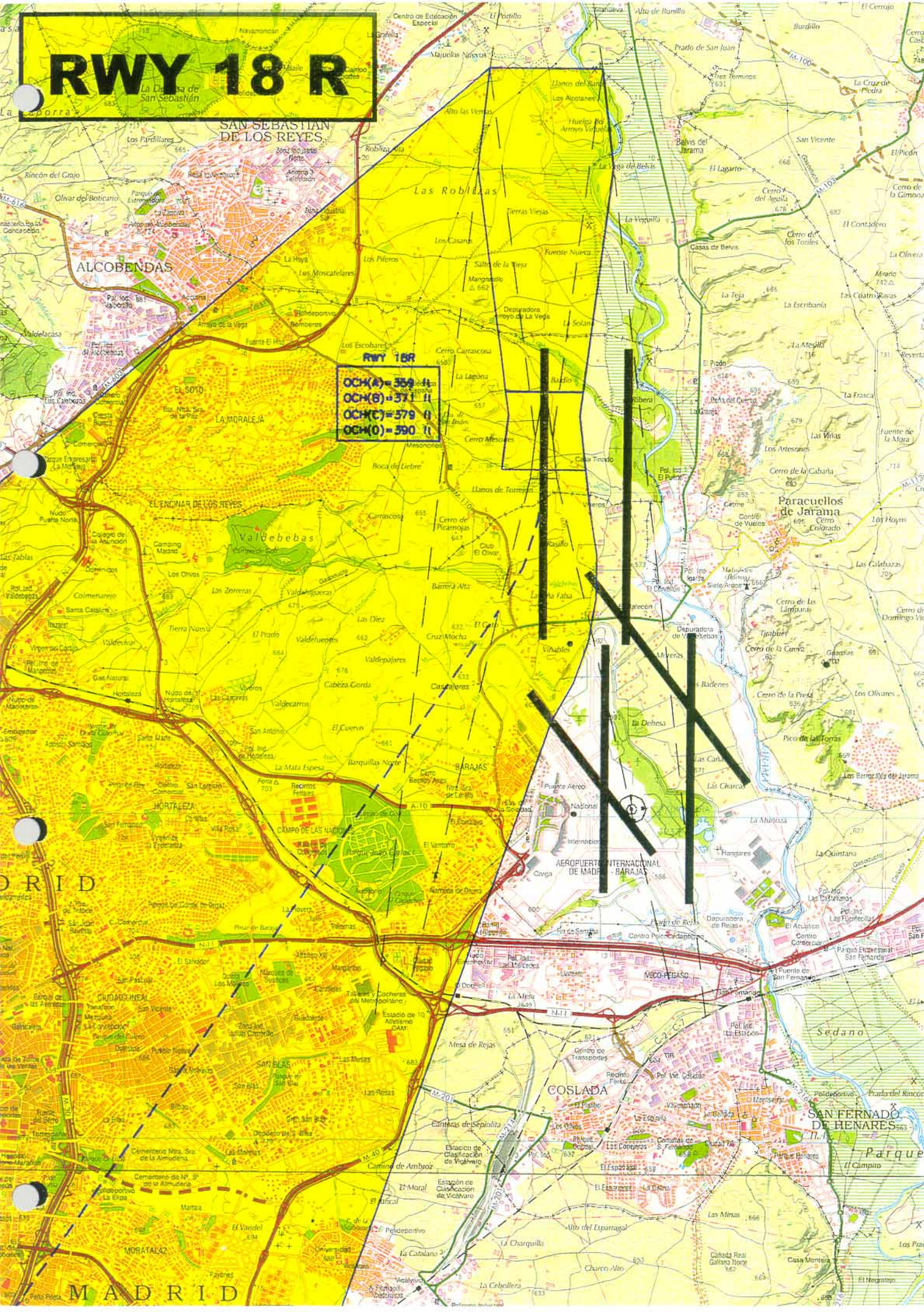
# RWY 33 L

**RWY 33 L**  
**SOC**  
OCRA) = 310 ft  
OC(B) = 322 ft  
OC(C) = 330 ft  
OC(D) = 341 ft





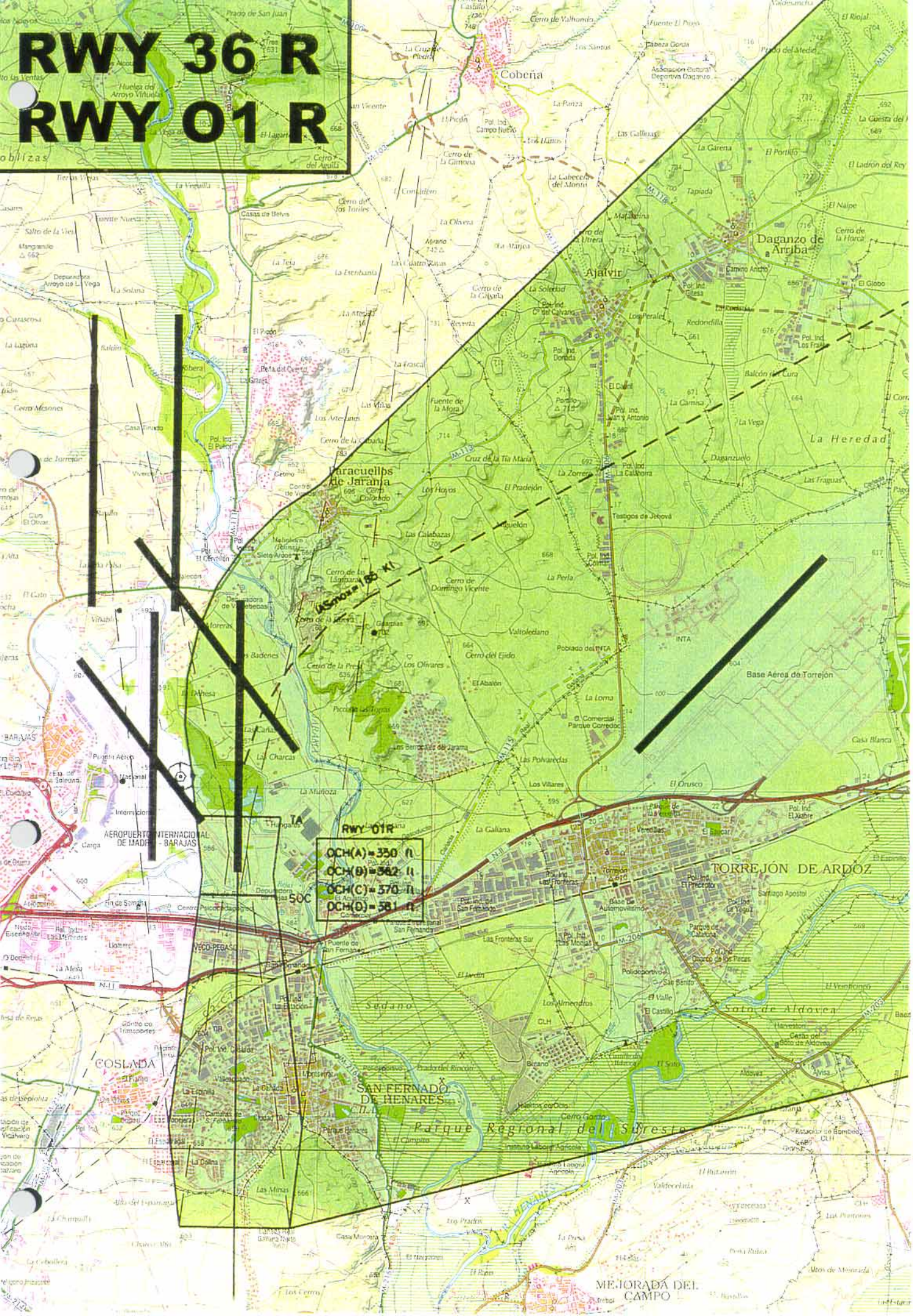
# RWY 18 R





# RWY 36 R

# RWY 01 R



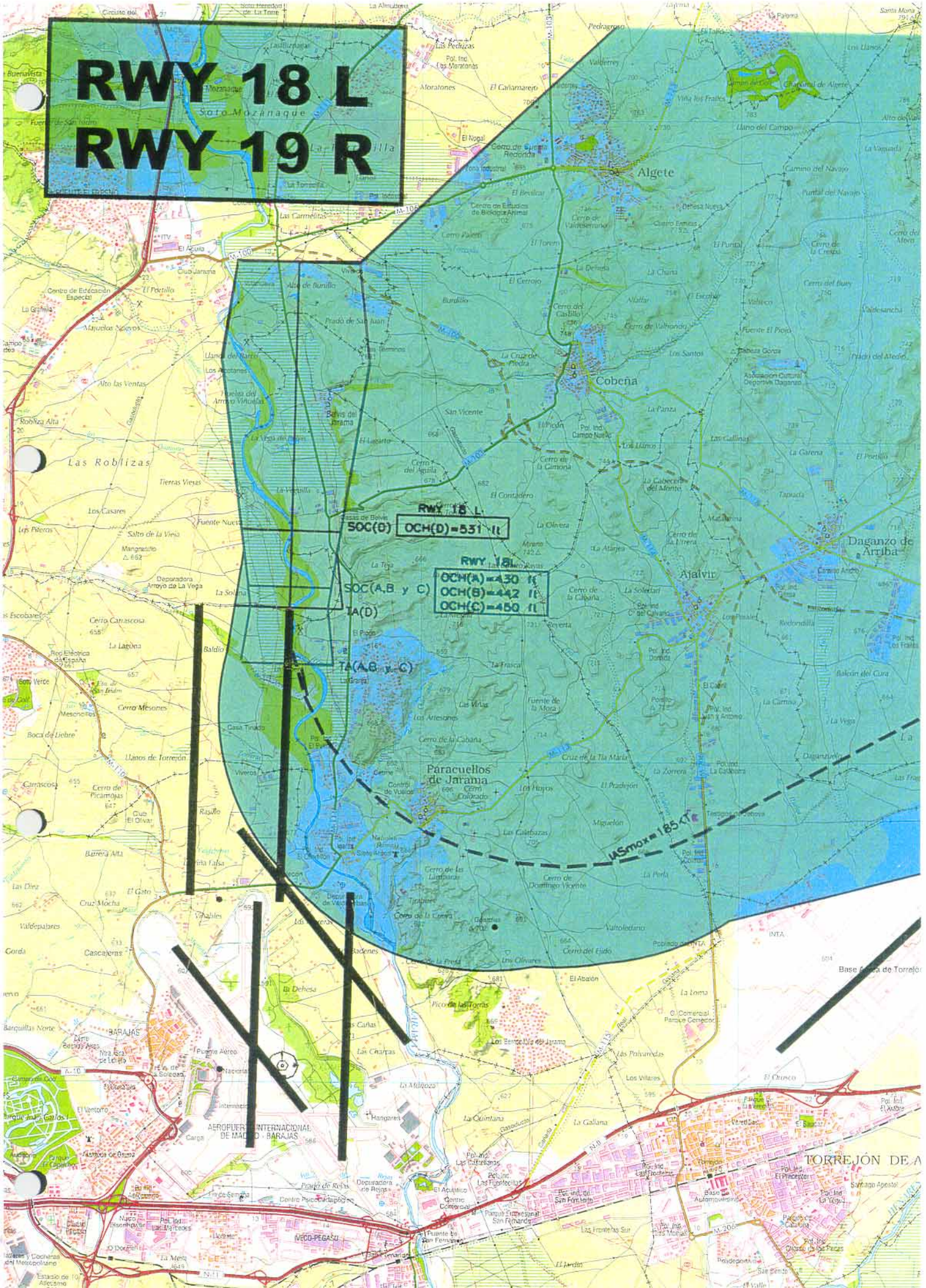
RWY 01R  
OCH(A) = 350 ft  
OCH(B) = 362 ft  
OCH(C) = 370 ft  
OCH(D) = 381 ft

MEJORADA DEL CAMPO



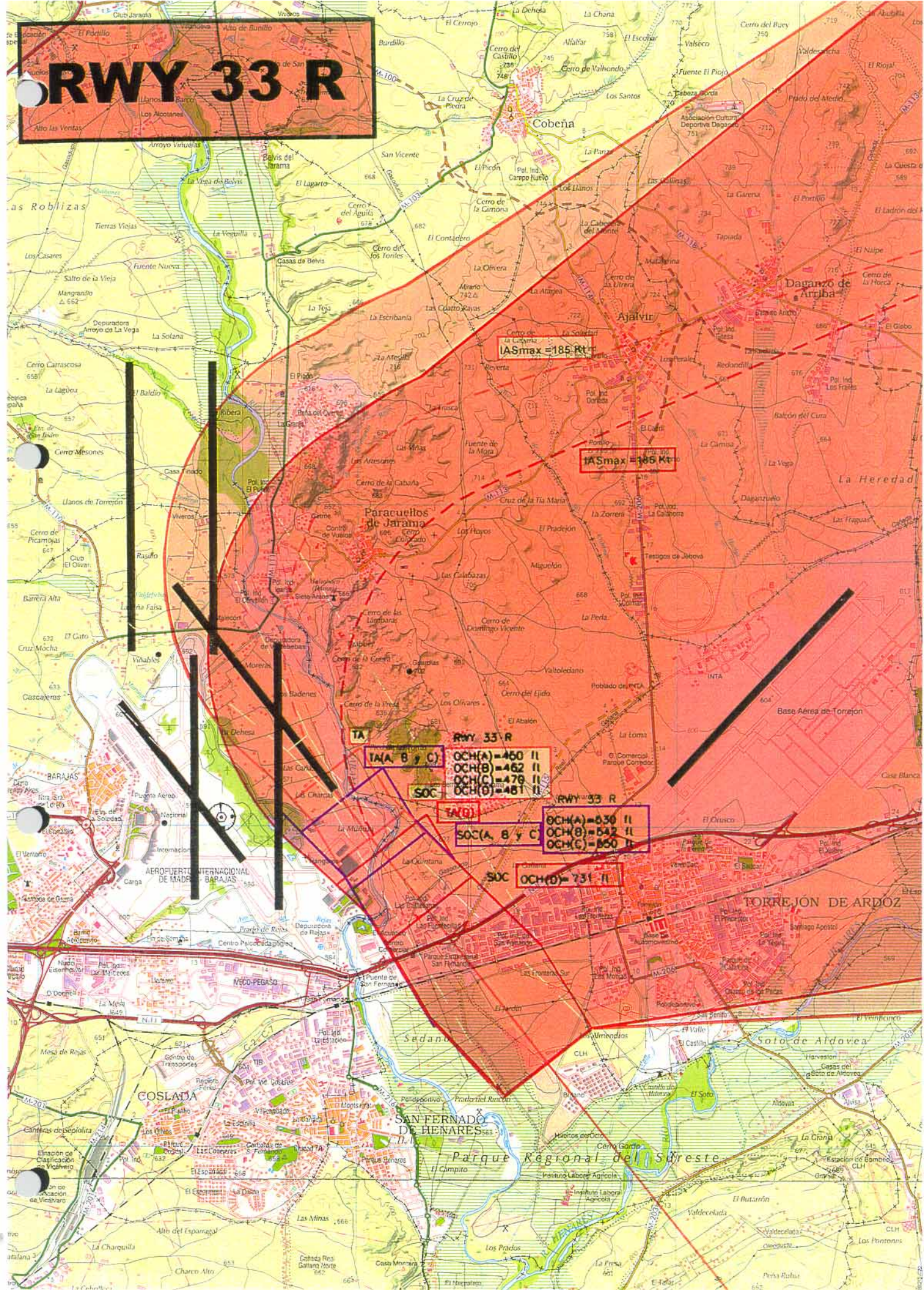
# RWY 18 L

# RWY 19 R





# RWY 33 R





Aena



Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea

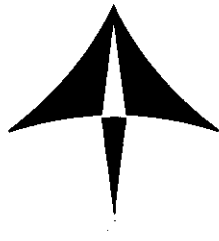
DIRECCIÓN DE SISTEMAS E INSTALACIONES DE NAVEGACIÓN AÉREA  
DIVISIÓN DE DESARROLLO DEL SNA

**ESTUDIO DE CAPACIDAD DEL FUTURO  
AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS.  
CASO C+B II**

*Versión 1.0*

**JULIO 1998**

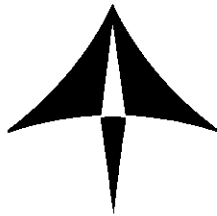




## ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE.....	i
1.- OBJETO.....	1
2.- ALCANCE.....	1
3.- BASES DEL ESTUDIO.....	2
3.1.- Herramienta de simulación.....	2
3.2.- Datos de partida.....	2
3.3.- Simplificaciones en la modelización.....	2
4.- DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS .....	3
4.1.- Modelo C+B II. Configuración Norte .....	4
4.2.- Modelo C+B II. Configuración Sur .....	5
5.- CARGAS DE TRÁFICO .....	6
6.- INDICADOR DE CAPACIDAD.....	11
7.- RESULTADOS.....	11
8.- VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	14
8.1.- Configuración Norte.....	14
8.2.- Configuración Sur .....	16
9.- CONCLUSIONES .....	18
ANEXO I: CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE BLOQUEO BASADOS EN EL ESTUDIO DE PROCEDIMIENTOS. CASO C+B II.....	20





## ESTUDIO DE CAPACIDAD DEL FUTURO AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS. CASO C+B II

### 1.- OBJETO

El objeto de este estudio es el cálculo de la *CAPACIDAD MÁXIMA O DE SATURACIÓN*, en Configuración Norte y en Configuración Sur, del modelo C+B del futuro aeropuerto de Madrid-Barajas, como complemento al estudio realizado por el grupo de simulación DGAC-Aena (FSAM), "*Simulación del Desarrollo del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas*" Marzo 1998 [1].

### 2.- ALCANCE

El estudio analiza para una de las posibles configuraciones finales de desarrollo del aeropuerto de Madrid-Barajas, conocida dentro del grupo FSAM como C+B, el impacto en la capacidad máxima o de saturación de pistas de los procedimientos (en particular del uso de pistas, restricciones operacionales y dependencia entre pistas) diseñados por la División de Organización y Reglamentación DCCA/Aena para el grupo FSAM. ("*Proyecto FSAM. Estudio de Procedimientos caso C+B*", Abril 1998 DOR/DCCA/Aena SSCNA) [2].

Los escenarios simulados incluyen un modelo básico de todo el aeropuerto de Madrid-Barajas y conexión con el lado aire, funcionando en Configuración Norte y Configuración Sur, con distintas cargas de tráfico de saturación. De este modo, se consigue simular de una forma realista la zona de estudio (pistas, calles de salida y colas de despegue), integrada en su entorno normal de funcionamiento.

*El análisis, del mismo modo que los modelos de simulación, se centra en la capacidad máxima de las distintas configuraciones de pista, sin tener en cuenta el resto de la rodadura y áreas de plataforma del aeropuerto, ni el lado aire, aunque éstas se incluyan en la simulación para hacer el funcionamiento más realista.*

Los escenarios (modelos simplificados) simulan situaciones de saturación, por lo que el indicador que se obtiene es la capacidad máxima o de saturación. El análisis de demoras es un estudio con planteamientos diferentes y modelos complejos, que se separa del objeto principal de este estudio.





### 3.- BASES DEL ESTUDIO

Las propuestas planteadas han sido analizadas mediante simulación acelerada con distintas cargas de tráfico y diversas distribuciones de flota para cada configuración. Se enumeran a continuación las bases principales del estudio.

#### 3.1.- Herramienta de simulación

La herramienta de simulación utilizada en el estudio es el Simulador de Espacio Aéreo y Aeropuertos SIMMOD v2.0.3 de la FAA.

Esta herramienta permite modelizar, simular y obtener resultados de operaciones (demanda/flujo) en distintas zonas del aeropuerto.

#### 3.2.- Datos de partida

La información geométrica y operativa empleada como dato de entrada para generar los modelos, se ha obtenido de las siguientes fuentes:

- Proyecto FSAM. “*Estudio de procedimientos*”, caso C+B, Abril 1998 División de Organización y Reglamentación DCCA/Aena SSCNA para el grupo FSAM.
- Aeropuerto de Madrid-Barajas: posibles umbrales actuales y futuros (Dirección Corporativa de Planificación/Grupo FSAM). [3].
- Modelos básicos y parámetros generales validados y utilizados en el estudio “*Simulación del Área de Maniobras en el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas*” (DDSNA, junio 1997). [4].

#### 3.3.- Simplificaciones en la modelización.

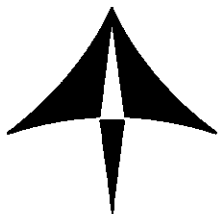
El nivel de complejidad de los escenarios a simular se resume a continuación:

##### A) Entorno aeroportuario:

- Ubicación y simplificación de las áreas terminales de estacionamiento (fuente/sumidero) del futuro desarrollo. Dicha simplificación implica la no existencia de restricciones de capacidad en los mismos.







- Rodaduras simplificadas entre nuevas pistas y plataformas actuales y nuevo área terminal (NAT) y futuras plataformas.
- Salidas de pista optimizadas en su diseño y ubicación.
- No se considera operación VMC en la simulación.
- Capacidad para operar todo tipo de aeronaves (ligeras, medias y pesadas) en todas las pistas (salvo en excepciones que se indican en la descripción de los modelos).

#### B) Espacio Aéreo:

- Para abordar las modelizaciones, se simplifica el diseño del entorno de espacio aéreo, considerando un área próxima al entorno aeroportuario y estableciendo los adecuados puntos alimentadores/sumideros de tráfico.
- Se supone que el entorno de espacio aéreo a modelizar absorbe la carga de tráfico aplicada.
- Los modelos a desarrollar presuponen un soporte acorde a procedimientos existentes o viables por diseñar.
- Velocidad media en aproximación 140 Kts.
- Tiempo medio de reacción del piloto: 10 s.

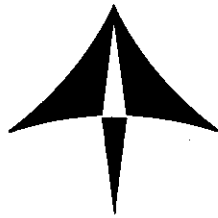
#### 4.- DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS

Los modelos estudiados han sido construidos como traslación directa de la siguiente información:

- *“Proyecto FSAM, Estudio de procedimientos caso C+B”* Abril 1998 DOR/DCCA/Aena SSCNA.
- Aeropuerto de Madrid-Barajas: posibles umbrales actuales y futuros. Dirección Corporativa de Planificación.

Las características fundamentales de cada modelo se detallan a continuación.





MODELOS	N° PISTAS	CONFIGURACIÓN DE PISTAS	DEPENDENCIA ENTRE OPERACIONES
C+B II. Norte	4+1	<ul style="list-style-type: none"><li>• 36L<sup>**</sup> : DEP</li><li>• 36R : DEP (medios y ligeros)</li><li>• 33L<sup>*</sup> : ARR</li><li>• 33R : ARR</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ARR independientes</li><li>• DEP independientes</li><li>• ARR 33R bloquean DEP 36L y 36R</li></ul>
C+B II. Sur	4+1	<ul style="list-style-type: none"><li>• 18R : ARR</li><li>• 18L : ARR</li><li>• 15L : DEP (medios y ligeros)</li><li>• 15R : DEP</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ARR independientes</li><li>• DEP independientes</li><li>• ARR 18L bloquean DEP 15L y 15R</li></ul>

**Tabla 1.- Descripción de los modelos simulados**

#### 4.1.- Modelo C+B II. Configuración Norte

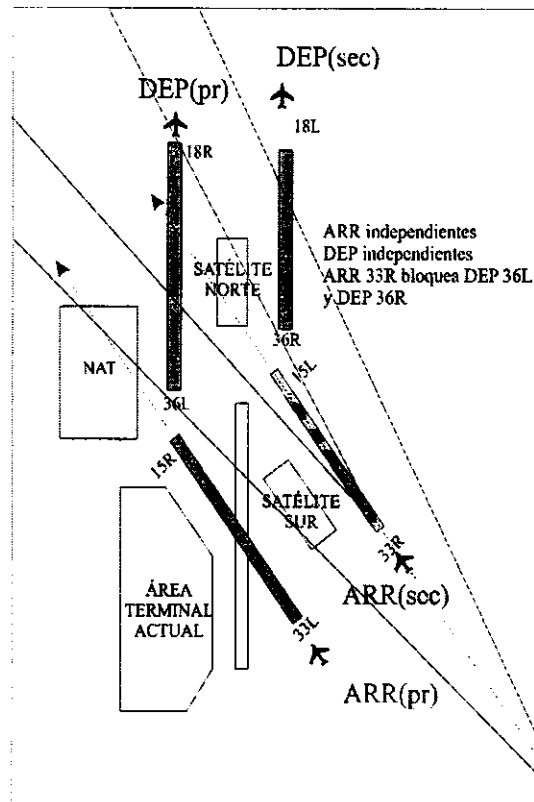
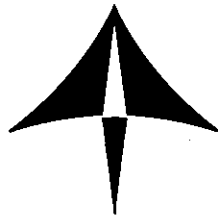
El modelo considerado posee las siguientes características:

- **N° de pistas:** 4+1. 4 operativas+1 inactiva (actual 36).
- **Dependencia entre operaciones** (Estudio de procedimientos caso C+B. DOR Abril 1998):
  - Las aproximaciones por las pistas 33R y 33L son simultáneas independientes.
  - Las salidas por las pistas 36R y 36L son simultáneas independientes.
  - Las aproximaciones por la pista 33R bloquean las salidas por las pistas 36R y 36L al diseñarse el procedimiento de aproximación a la pista 33R con frustrada directa.

<sup>\*\*</sup> Pista actualmente en construcción

<sup>\*</sup> Pista actual



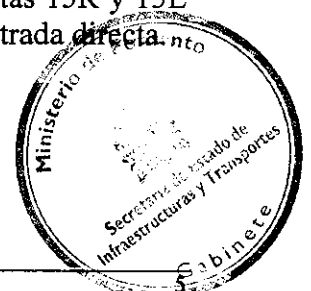


**Figura 1.- Modelo C+B II Norte**

#### 4.2.- Modelo C+B II. Configuración Sur

El modelo considerado posee las siguientes características:

- **Nº de pistas:** 4+1. 4 operativas+1 inactiva (actual 18).
- **Dependencia entre operaciones** (Estudio de procedimientos caso C+B DOR Abril 1998):
  - Las aproximaciones por las pistas 18R y 18L son simultáneas independientes.
  - Las salidas por las pistas 15R y 15L son simultáneas independientes.
  - Las aproximaciones por la pista 18L bloquean las salidas por las pistas 15R y 15L al diseñarse el procedimiento de aproximación a la pista 18L con frustrada directa.



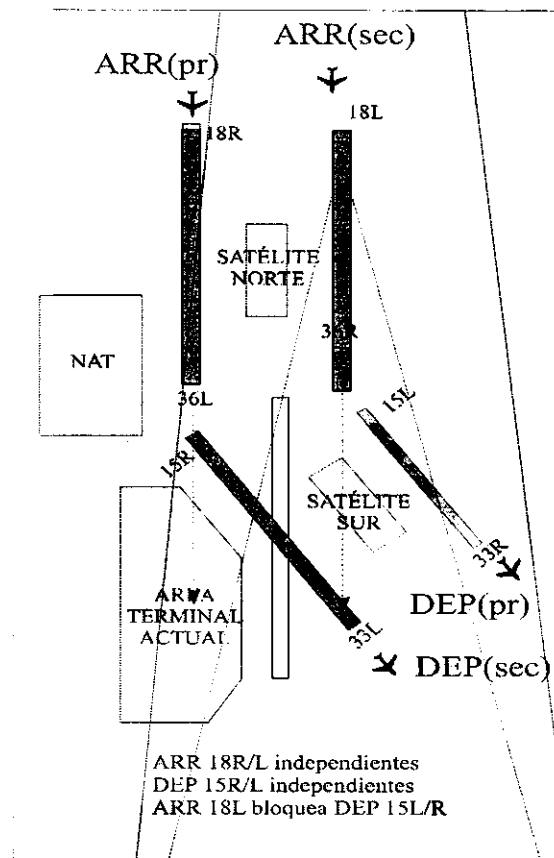
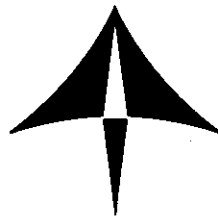


Figura 2.- Modelo C+B II Sur

## 5.- CARGAS DE TRÁFICO

Las cargas de tráfico empleadas se han diseñado para saturar el conjunto aeroportuario durante un intervalo de 6 horas, del que se analizan las cuatro horas intermedias en las que el funcionamiento del modelo de aeropuerto se estabiliza en la situación de saturación.

Los distintos escenarios de simulación se han obtenido de aplicar distintas distribuciones de flota en las pistas, según las siguientes premisas básicas:

### CONFIGURACIÓN NORTE:

- Llegadas de aeronaves pesadas, medias y ligeras por ambas pistas de llegada (33R/L).
- Desequilibrio de despegues de aeronaves pesadas hacia la pista 36L con el objeto de evitar largos recorridos de rodadura para este tipo de aeronaves.



- Flota básica introducida en el modelo:

<b>Operaciones:</b>	<b>Aer. Ligeras</b>	<b>Aer. Medias</b>	<b>Aer. Pesadas</b>
Arribadas (50% total)	5 %	75 %	20 %
Despegues (50% total)	5 %	75 %	20 %

**Tabla 2.- Flota básica.**

A partir de esta flota básica se generan las siguientes cargas de tráfico, que aplicadas a los modelos mencionados constituyen los escenarios de simulación.

(L: aeronaves ligeras, M: aeronaves medias y P: aeronaves pesadas).



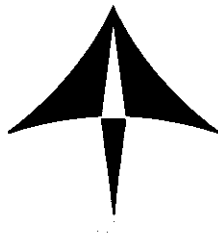


PROPUESTA C+B II NORTE	SALIDAS								LLEGADAS							
	36R				36L				33R				33L			
	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T
CARGA DE TRÁFICO	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T
EQUILIBRIO EN LLEGADAS: LIGERAS, MEDIAS Y PESADAS POR 36L. SÓLO MEDIAS POR 36R																
C1-n. Equilibrio Llegadas. Medios por 36R (40%).	0	150	0	150	25	225	100	350	12	187	50	249	12	187	50	249
C2-n. Equilibrio Llegadas. Medios (53%) por 36R	0	200	0	200	25	175	100	300	12	187	50	249	12	187	50	249
C3-n. Equilibrio Llegadas y sólo medios por 36R (67%)	0	250	0	250	25	125	100	250	12	187	50	249	12	187	50	249
C4-n. Equilibrio Llegadas. Medios (80%) por 36R	0	300	0	300	25	75	100	200	12	187	50	249	12	187	50	249
EQUILIBRIO EN LLEGADAS: MEDIAS Y PESADAS POR 36L. LIGERAS Y MEDIAS POR 36R																
C5-n. Equilibrio Llegadas. Medios (20%) por 36R	25	75	0	100	0	300	100	400	12	187	50	249	12	187	50	249
C6-n. Equilibrio Llegadas. Medios por 36R (33%)	25	125	0	150	0	250	100	350	12	187	50	249	12	187	50	249
C7-n. Equilibrio Llegadas. Medios (60%) y ligeros por 36R	25	225	0	250	0	150	100	250	12	187	50	249	12	187	50	249
C8-n. Equilibrio Llegadas. Medios (73%) por 36R *	25	275	0	300	0	100	100	200	12	187	50	249	12	187	50	249
DESEQUILIBRIO EN LLEGADAS																
C9-n. Desequilibrio de Llegadas. 7% de Medios por 33R	30	330	0	360	0	120	120	240	0	15	0	15	12	187	50	249
C10-n. Desequilibrio de Llegadas. 17% de Medios por 33R	30	330	0	360	0	120	120	240	1	38	10	49	12	187	50	249
C11-n. Desequilibrio de Llegadas. 29% de medios por 33R	30	330	0	360	0	120	120	240	4	75	20	99	12	187	50	249
C12-n. Desequilibrio de Llegadas. 37% de Medios por 33R	30	330	0	360	0	120	120	240	7	112	30	149	12	187	50	249

**Tabla 3.- Cargas básicas de tráfico (pistas 36R/L y 33R/L). Configuración Norte**

\* La carga de tráfico 8 solamente se ha aplicado al caso de Configuración Norte.





Los porcentajes correspondientes a los casos 1-8 están referidos al total de aeronaves medias que despegan por las pistas 36 R y 36L .

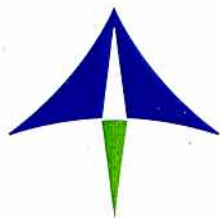
Los porcentajes correspondientes a los casos 9-12 están referidos al total de aeronaves medias que se aproximan por las pistas 33 R y 33L.

#### CONFIGURACIÓN SUR:

- Llegadas de aeronaves pesadas, medias y ligeras por ambas pistas de llegada (18R/L).
- Desequilibrio de despegues de aeronaves pesadas hacia la pista 15R, por limitaciones de longitud en la pista 15L.
- Flota básica introducida en el modelo (la misma que la considerada en Configuración Norte, *tabla 2*).







PROPUESTA C+B II SUR	SALIDAS								LLEGADAS							
	15R				15L				18R				18L			
CARGA DE TRÁFICO	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T
EQUILIBRIO EN LLEGADAS: LIGERAS, MEDIAS Y PESADAS POR 15R . SÓLO MEDIAS POR 15L																
C1-s. Equilibrio Llegadas. Medios (40%)	25	225	100	150	0	150	0	350	12	187	50	249	12	187	50	249
C2-s. Equilibrio Llegadas. Medios (53%) por 15L	25	175	100	200	0	200	0	300	12	187	50	249	12	187	50	249
C3-s. Equilibrio Llegadas y sólo medios por 15L (67%)	25	125	100	250	0	250	0	250	12	187	50	249	12	187	50	249
C4-s. Equilibrio Llegadas. Medios (80%) por 15L	25	75	100	300	0	300	0	200	12	187	50	249	12	187	50	249
EQUILIBRIO EN LLEGADAS: MEDIAS Y PESADAS POR 15R. LIGERAS Y MEDIAS POR 15L																
C5-s. Equilibrio Llegadas. Medios (20%) por 15L	0	300	100	100	25	75	0	400	12	187	50	249	12	187	50	249
C6-s. Equilibrio Llegadas. Medios por 15L (33%)	0	250	100	150	25	125	0	350	12	187	50	249	12	187	50	249
C7-s. Equilibrio Llegadas. Medios (70%) y ligeras por 15L	0	150	100	250	25	225	0	250	12	187	50	249	12	187	50	249
DESEQUILIBRIO EN LLEGADAS																
C8-s. Desequilibrio de Llegadas. 7% de Medios por 18R	0	180	120	300	30	270	0	300	0	15	0	15	12	187	50	249
C9-s. Desequilibrio de Llegadas. 17% de Medios por 18R	0	180	120	300	30	270	0	300	1	38	10	49	12	187	50	249
C10-s. Desequilibrio de Llegadas. 29% de Medios por 18R	0	180	120	300	30	270	0	300	4	75	20	99	12	187	50	249
C11-s. Desequilibrio de Llegadas. 37% de Medios por 18R	0	180	120	300	30	270	0	300	7	112	30	149	12	187	50	249

**Tabla 4.- Cargas básicas de tráfico (pistas 15R/L y 18R/L). Configuración Sur**

Los porcentajes correspondientes a los casos 1-7 están referidos al total de aeronaves medias que despegan por las pistas 15 R y 15L .

Los porcentajes correspondientes a los casos 8-11 están referidos al total de aeronaves medias que llegan por las pistas 18 R y 18L.







## 6.- INDICADOR DE CAPACIDAD

El proceso de simulación tiene por objetivo analizar la capacidad máxima o capacidad de saturación de cada propuesta, así como la incidencia de la distribución de las operaciones en este parámetro.

El principal indicador a evaluar, para cumplir el propósito del presente estudio, es la CAPACIDAD MÁXIMA ó de SATURACIÓN, definida como “número máximo de operaciones por hora que admite el entorno aeroportuario (desglosado en número de llegadas y salidas) cuando se aplica al escenario una demanda continuada de servicio” (*“Planificación y Diseño de Aeropuertos” Robert Horonjeff CapVIII.)Ed. 1994.*

El indicador de capacidad así obtenido ha de interpretarse como la capacidad máxima de un conjunto de pistas, y no debe utilizarse como indicador global de capacidad real de un conjunto aeroportuario. Sirve, a su vez, como parámetro que permite una metodología comparativa entre los escenarios del estudio.

## 7.- RESULTADOS

Los resultados de capacidad de saturación obtenidos mediante la simulación de las distintas cargas de tráfico consideradas se presentan a continuación en la tabla 5 para Configuración Norte y en la tabla 6 para Configuración Sur.



**MODELO C+B II NORTE**



Caso	CONFIGURACIÓN NORTE														TOTAL				
	SALIDAS (DEP) Ops./hora							LLEGADAS (ARR) Ops./hora							DEP	ARR	TOT		
	36R			36L				33R			33L				DEP	ARR	TOT		
	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	DEP	ARR	TOT
EQUILIBRIO EN LLEGADAS: LIGERAS, MEDIAS Y PESADAS POR 36L. SOLO MEDIAS POR 36R																			
C1-n. Equilibrio Llegadas. Medios por 36R (40%).	0	28	0	28	3	22	10	35	2	27	8	37	2	27	8	37	63	74	137
C2-n. Equilibrio Llegadas. Medios (53%) por 36R	0	31	0	31	3	20	12	35	2	27	8	37	2	27	8	37	66	74	140
C3-n. Equilibrio Llegadas y sólo medios por 36R (67%)	0	33	0	33	4	17	14	35	2	27	8	37	2	27	8	37	68	74	142
C4-n. Equilibrio Llegadas. Medios (80%) por 36R	0	35	0	35	4	13	17	34	2	27	8	37	2	27	8	37	69	74	143
EQUILIBRIO EN LLEGADAS: MEDIAS Y PESADAS POR 36L. LIGERAS Y MEDIAS POR 36R																			
C5-n. Equilibrio Llegadas. Medios (20%) por 36R	5	16	0	21	0	28	9	37	2	27	8	37	2	27	8	37	58	74	132
C6-n. Equilibrio Llegadas. Medios por 36R (33%)	5	24	0	29	0	26	11	37	2	27	8	37	2	27	8	37	66	74	140
C7-n. Equilibrio Llegadas. Medios (60%) y ligeros por 36R	3	30	0	33	0	22	15	37	2	27	8	37	2	27	8	37	70	74	144
C8-n. Equilibrio Llegadas. Medios (73%) por 36R *	3	32	0	35	0	18	18	36	2	27	8	37	2	27	8	37	71	74	145
DESEQUILIBRIO EN LLEGADAS																			
C9-n. Desequilibrio de Llegadas. 7% de Medios por 33R	4	36	0	40	0	21	20	41	0	3	0	3	2	27	8	37	81	40	121
C10-n. Desequilibrio de Llegadas. 17% de medios por 33R	4	34	0	38	0	20	20	40	0	8	2	10	2	27	8	37	78	47	125
C11-n. Desequilibrio de Llegadas. 29% de Medios por 33R	3	33	0	36	0	20	19	39	1	15	4	20	2	27	8	37	75	57	132
C12-n. Desequilibrio de Llegadas. 37% de Medios por 33R	3	32	0	35	0	19	18	37	1	22	6	29	2	27	8	37	72	66	138

**Tabla 5.- Capacidades obtenidas con cargas de tráfico equilibradas y desequilibradas. Configuración Norte**





**MODELO C+B II SUR**

CONFIGURACIÓN SUR																			
Caso	SALIDAS (DEP) Ops./hora						LLEGADAS (ARR) Ops./hora						TOTAL						
	15R			15L			18R			18L			DEP ARR	TOT					
	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	DEP ARR	TOT	
<b>EQUILIBRIO EN LLEGADAS: LIGERAS, MEDIAS Y PESADAS POR 15R. SÓLO MEDIAS POR 15L</b>																			
C1-s. Equilibrio Llegadas. Medios (40%)	3	23	11	37	0	27	0	27	2	27	8	37	2	27	8	37	64	74	138
C2-s. Equilibrio Llegadas. Medios (53%) por 15L	3	21	12	36	0	33	0	33	2	27	8	37	2	27	8	37	69	74	143
C3-s. Equilibrio Llegadas y sólo medios por 15L (67%)	3	18	14	35	0	35	0	35	2	27	8	37	2	27	8	37	70	74	144
C4-s. Equilibrio Llegadas. Medios (80%) por 15L	4	13	17	34	0	36	0	36	2	27	8	37	2	27	8	37	70	74	144
<b>EQUILIBRIO EN LLEGADAS: MEDIAS Y PESADAS POR 15R</b>																			
C5-s. Equilibrio Llegadas. Medios (20%) por 15L	0	29	10	39	5	14	0	19	2	27	8	37	2	27	8	37	58	74	132
C6-s. Equilibrio Llegadas. Medios por 15L (33%)	0	27	11	38	4	23	0	27	2	27	8	37	2	27	8	37	65	74	139
C7-s. Equilibrio Llegadas. Medios (70%) y ligeros por 15L	0	22	15	37	3	32	0	35	2	27	8	37	2	27	8	37	72	74	146
<b>DESEQUILIBRIO EN LLEGADAS</b>																			
C8-s. Desequilibrio de Llegadas. 7% de Medios por 18R	0	23	17	40	4	34	0	38	2	27	8	37	0	3	0	3	78	40	118
C9-s. Desequilibrio de Llegadas. 17% de Medios por 18R	0	22	17	39	4	33	0	37	2	27	8	37	0	7	2	9	76	46	122
C10-s. Desequilibrio de Llegadas. 29% de Medios por 18R	0	22	16	38	4	32	0	36	2	27	8	37	1	16	4	21	74	58	132
C11-s. Desequilibrio de Llegadas. 37% de Medios por 18R	0	21	16	37	4	31	0	35	2	27	8	37	2	23	6	31	72	68	140

**Tabla 6.- Capacidades obtenidas con cargas de tráfico equilibradas y desequilibradas. Configuración Sur**





Los valores de capacidad máxima para las llegadas y las salidas tanto en Configuración Norte como en Sur, con cargas de tráfico equilibradas y desequilibradas se muestran en las tablas siguientes.

Modelo	N° PISTAS	ARR Cap. Máx./hora/pista	DEP Cap. Máx./hora/pista	Máx.ops./h (ARR/DEP)
C+B II Norte	4+1	33L: 37 ops/h	36L: 41 ops./h	145 (74/71)
		33R: 37 ops/h	36R: 40 ops./h	
C+B II Sur	4+1	18L: 37 ops/h	15L: 38 ops./h	146 (74/72)
		18R: 37 ops/h	15R: 40 ops./h	

**Tabla 7.- Capacidades máximas para cargas de tráfico equilibradas**

Modelo	Capacidad Max./Equilibrada	Capacidad Max./Desequilibrio ARR	Capacidad Max./Desequilibrio DEP
C+B II Norte	145 (74/71)	132 (58/74)	121 (81/40)
C+B II Sur	146 (74/72)	132 (58/74)	118 (78/40)

**Tabla 8.- Capacidades máximas para equilibrio, y desequilibrio en llegadas y salidas**

## 8.- VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS

Atendiendo a los resultados obtenidos, se generan las siguientes figuras que representan la evolución de las llegadas y los despegues para cada uno de los casos considerados.

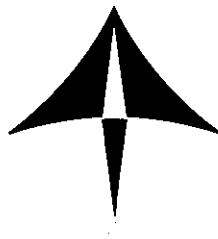
### 8.1.- Configuración Norte

La figura 3 representa la evolución del total de las salidas respecto de los despegues por la pista 36R, operando en Configuración Norte, para el número máximo de llegadas (37) por cada una de las pistas 33R/L.

La figura incluye dos curvas que corresponden a los dos siguientes casos:

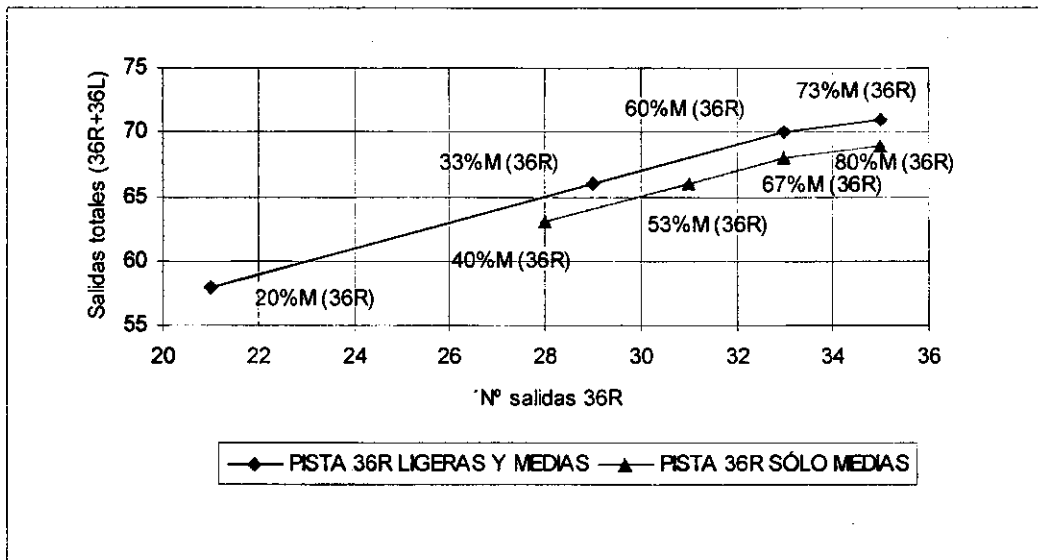
- Aeronaves ligeras, medias y pesadas despegando de la pista 36L y operación en la 36R exclusivamente de aeronaves de tipo medio. La curva muestra el incremento del número total de salidas a medida que aumenta el tanto por





ciento de aeronaves medias, respecto al total de salidas, que operan por la pista 36R (casos 1-n, 2-n, 3-n y 4-n).

- Aeronaves medias y pesadas despegando por la pista 36L y operación en la 36R de aeronaves ligeras y medias. La curva muestra el incremento en el número total de salidas a medida que aumenta el tanto por ciento de aeronaves medias, respecto del total de salidas que operan por la pista 36R (casos 5-n, 6-n, 7-n y 8-n).



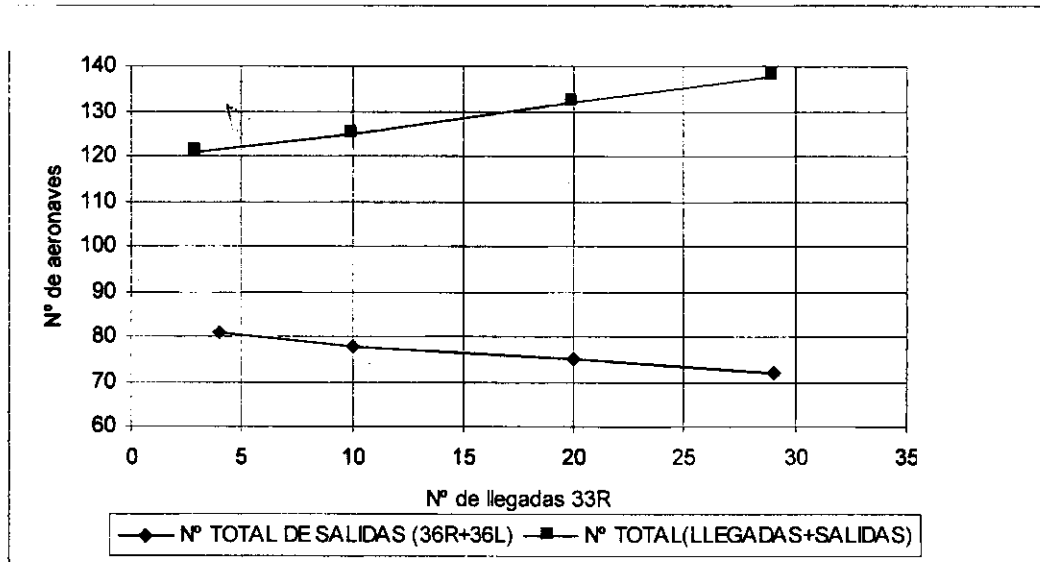
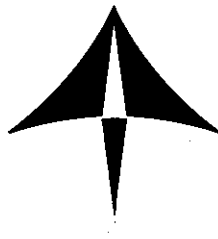
**Figura 3.- Evolución de los despegues por la pista 36R. Configuración Norte**

Como se deduce del análisis de la figura 3, para un número fijo y máximo de llegadas (37 op/h. por cada una de las pistas 33R/L) la capacidad de salidas/hora para el conjunto de las dos pistas 36R y 36L se ve incrementado cuando:

1. Se orienta el tráfico de aeronaves ligeras a la pista 36R y de pesadas a la 36L
2. Se aumenta el tanto por ciento de medias respecto del total de salidas que operan por la 36R

La figura 4 muestra la evolución de la capacidad de las pistas de salida 36R y 36L (en el modo de operación más favorable, es decir, con aeronaves tipo medio y pesado en la pista 36L y de tipo ligero y medio en la pista 36R), cuando se varía progresivamente el número de llegadas por la pista 33R. Así mismo, se muestra la influencia que tienen el tráfico de llegada a la pista 33R sobre la capacidad total de las cuatro pistas.





**Figura 4.- Evolución de la Capacidad en Configuración Norte, para los diferentes tráficos de llegada a la pista 33R**

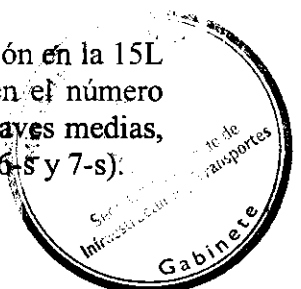
Como se deduce del análisis de la figura 4, una disminución en el número de llegadas por la pista 33R aumenta la capacidad de las salidas por las pistas 36R y 36L en perjuicio de la capacidad del conjunto que ve disminuido su valor.

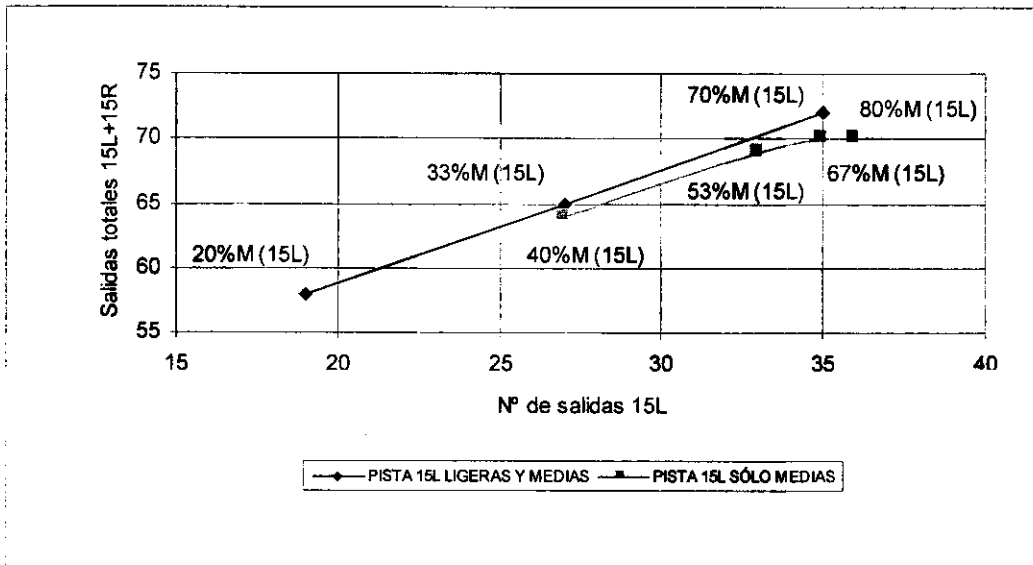
## 8.2.- Configuración Sur

La figura 5 representa la evolución del total de las salidas respecto de los despegues por la pista 15L, operando en Configuración Sur, para el número máximo de llegadas (37 op/hora) por cada una de las pistas 18R/L.

La figura incluye dos curvas que corresponden a los dos siguientes casos:

- Aeronaves ligeras, medias y pesadas despegando de la pista 15R y operando en la 15L exclusivamente aeronaves de tipo medio. La curva muestra el incremento del número total de salidas a medida que aumenta el tanto por ciento de aeronaves medias, respecto al total de salidas, que operan por la pista 15L (casos 1-s, 2-s, 3-s y 4-s).
- Aeronaves medias y pesadas despegando por la pista 15R y operación en la 15L de aeronaves ligeras y medias. La curva muestra el incremento en el número total de salidas a medida que aumenta el tanto por ciento de aeronaves medias, respecto del total de salidas que operan por la pista 15L (casos 5-s, 6-s y 7-s).



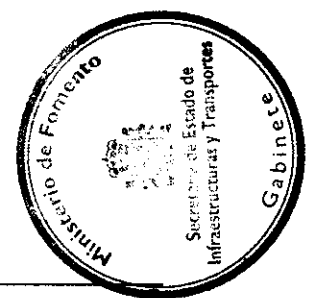


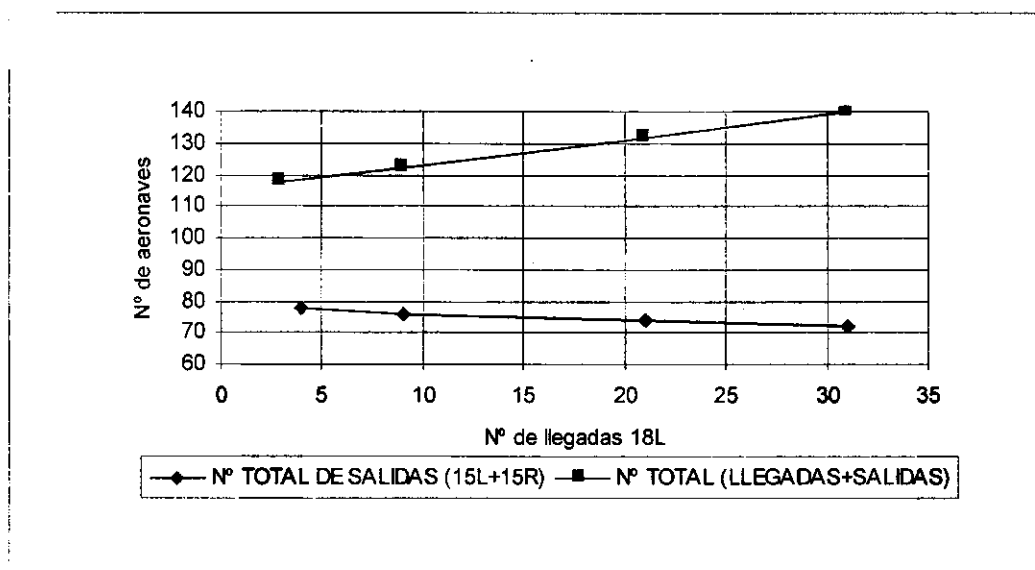
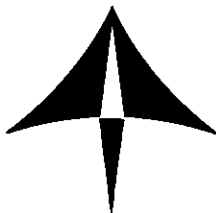
**Figura 5.- Evolución de los despegues por la pista 15L. Configuración Sur**

Como se deduce de la figura 5, para un número fijo y máximo de llegadas (37 op./hora por cada una de las pistas 18R/L) la capacidad de salidas/hora por las pistas 15R/L se ve incrementada cuando:

1. Se orienta el tráfico de aeronaves ligeras hacia la pista 15L y de pesadas a la 15R
2. Se aumenta el tanto por ciento de aeronaves medias respecto del total de salidas que operan por la pista 15L

La figura 6 muestra la evolución de la capacidad de las pistas de salida 15R y 15L (en el modo de operación más favorable, es decir con aeronaves de tipo medio y pesado en la pista 15R y de tipo ligero y medio en la pista 15L), cuando se varía progresivamente el número de llegadas por la pista 18L. Así mismo, se muestra la influencia que tiene el tráfico de llegada a la pista 18L sobre la capacidad total de las cuatro pistas.





**Figura 6.- Evolución de la Capacidad en Configuración Sur, para los diferentes tráficos de llegada a la pista 18L**

Como se deduce de la figura 6, al igual que en Configuración Norte una disminución en el número de llegadas por la pista 18L permite obtener un mayor número de salidas por las pistas 15R y 15L, sin embargo empeora el valor de la capacidad máxima de las cuatro pistas.

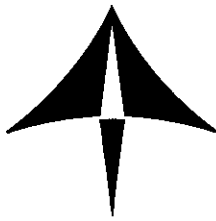
## 9.- CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de las simulaciones relativas al modelo C+B II permiten extraer las siguientes conclusiones :

1. La capacidad máxima tanto para Configuración Norte como Sur es del mismo orden.
2. CONFIGURACIÓN NORTE:
  - La capacidad máxima que se obtiene en Configuración Norte es 145 ops./hora (74/71).
  - El caso que presenta mejores valores de Capacidad máxima (llegadas+salidas) es aquel que gestiona las aeronaves de tipo ligero en la pista 36R, las de tipo pesado en la 36L y mantiene un porcentaje de aeronaves medias del orden del 75% en la pista 36R.



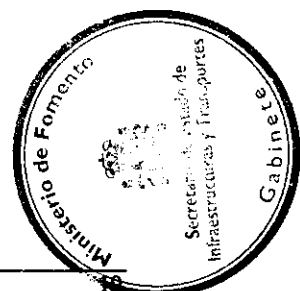


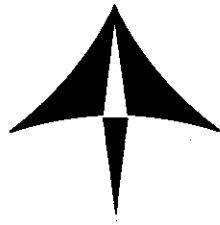


- Una disminución en el tráfico de llegada por la pista que ejerce el bloqueo (33R) sobre las salidas produce un aumento en la capacidad de gestión de aeronaves en las pistas 36R/L, pero perjudica al conjunto del aeropuerto.
- En general, la aplicación de tráfico, exclusivamente de tipo medio, a las pistas de salida supone una mejora en los resultados.

### 3. CONFIGURACIÓN SUR:

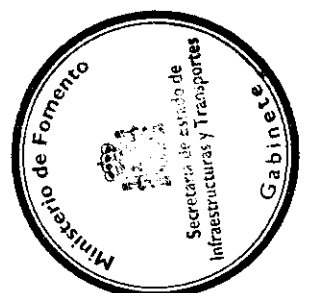
- La capacidad máxima que se obtiene en Configuración Sur es de 146 ops./hora (74/72).
- En Configuración Sur el caso de capacidad máxima (llegadas+salidas) se da cuando las aeronaves de tipo ligero se gestionan en la pista 15L, las de tipo pesado en la 15R y se mantiene un porcentaje de aeronaves medias del orden del 70% en la pista 15L, todo ello para un número fijo y máximo de llegadas (37 op./h) por las pistas 18R y 18L.
- Una disminución en el tráfico de llegada por la pista que ejerce el bloqueo (18L) sobre las salidas, produce un aumento en la capacidad de gestión de aeronaves en las pistas 15R/L, pero perjudica al conjunto del aeropuerto.
- En general, la aplicación de tráfico, exclusivamente de tipo medio, a las pistas de salida supone una mejora en los resultados.

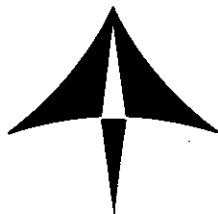




**ANEXO I:**

**CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE BLOQUEO BASADOS EN EL ESTUDIO DE  
PROCEDIMIENTOS. CASO C+B II**





## CÁLCULO DE LOS BLOQUEOS PARA LOS PROCEDIMIENTOS DEL CASO C+B II

### A.1.- INTRODUCCIÓN

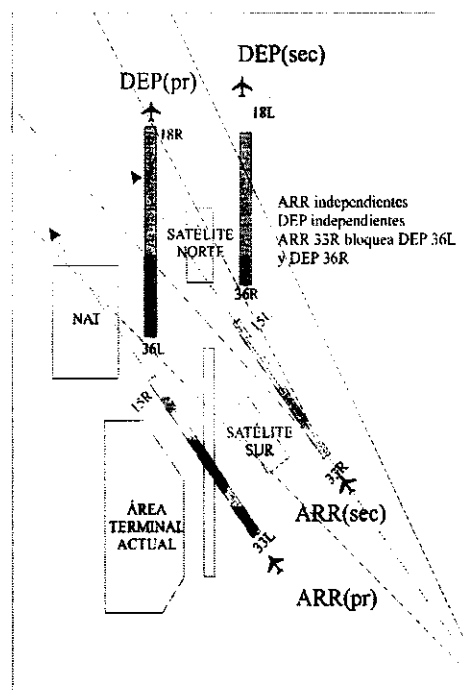
A partir del “*Estudio de Procedimientos*” del caso C+B elaborado por la *División de Organización y Reglamentación* para el proyecto FSAM, se han realizado los cálculos de los correspondientes bloqueos a emplear en la simulación del modelo C+B II como complemento al estudio realizado por el grupo de Simulación DGAC-Aena (FSAM) “*Simulación del Desarrollo del Futuro Aeropuerto de Madrid- Barajas*” Mayo 1996.

### A.2.- CONFIGURACIÓN NORTE

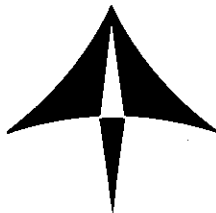
En Configuración Norte se han diseñado aproximaciones instrumentales simultáneas independientes a las cabeceras 33R/L, y salidas simultáneas independientes de las cabeceras 36R/L.

En la *figura A.1* se muestra la configuración geométrica de las áreas de protección de las aproximaciones frustradas a las pistas 33R/L, de la cual según los criterios establecidos en el doc. de diseño de procedimientos, se deduce que:

- Las aproximaciones frustradas directas a la pista 33R bloquean a las salidas por las pistas 36R y 36L



**Figura A.1.- Áreas de protección para maniobras frustradas a la pista 33R**



### A.3.- CONFIGURACIÓN SUR

En Configuración Sur se han diseñado aproximaciones instrumentales simultáneas independientes a las cabeceras 18R/L y salidas simultáneas independientes de las cabeceras 15R/L.

Al igual que en Configuración Norte, se adjunta un croquis representativo de las áreas de protección de la aproximación frustrada a la pista 18L, a partir del cual se deduce, en base a los criterios empleados en el documento de diseño de procedimientos, que las llegadas a la pista 18L bloquean las salidas por la 15R y 15L.

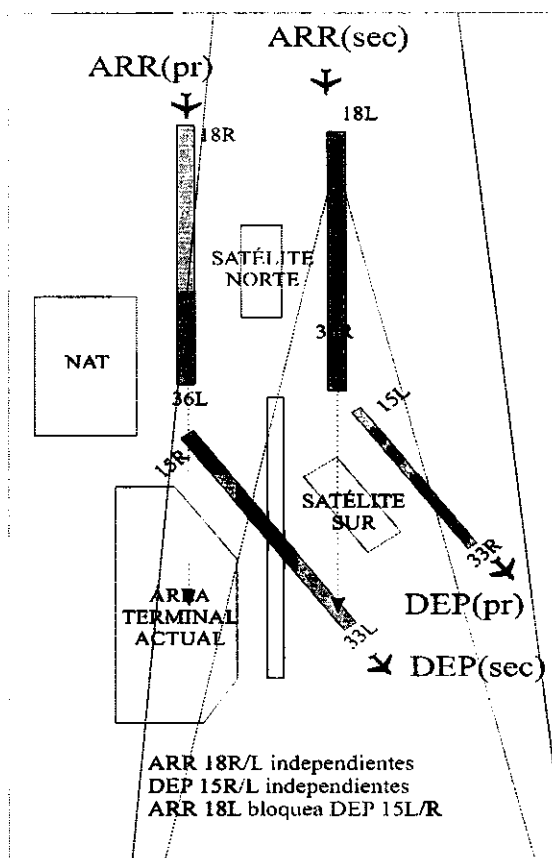
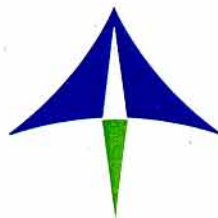


Figura A.2.- Áreas de protección para maniobras frustradas a la pista 33R





#### A.4.- METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Para el cálculo de los bloqueos se ha empleado el tiempo transcurrido desde el despegue hasta la intersección de las trayectorias nominales de vuelo con los límites de las áreas de las maniobras frustradas. El mismo cálculo considerando las trayectorias de vuelo con sus respectivas tolerancias, da como resultado valores menos restrictivos.

Una vez calculados los tiempos que necesita cada tipo de aeronave para abandonar la zona de influencia de las áreas críticas, se ha calculado la distancia respecto al umbral a la que una aeronave en maniobra de aproximación final bloquea a cualquier otra que pretenda despegar por cualquiera de las dos pistas afectadas.

Los valores de bloqueo impuestos tanto en Configuración Norte como en Sur se encuentran resumidos en las tablas A.1 y A.2.

	TIPO DE AERONAVES QUE BLOQUEAN (ARR33R)		
AERONAVES BLOQUEADAS (DEP36L)	Aeronaves Ligeras	Aeronaves Medias	Aeronaves Pesadas
Ligeras	2NM	2M	2NM
Medias	2NM	2NM	2NM
Pesadas	2NM	2NM	2NM
AERONAVES BLOQUEADAS (DEP36R)	Aeronaves Ligeras	Aeronaves Medias	Aeronaves Pesadas
Ligeras	2,2NM	2,2NM	2,2NM
Medias	2,2NM	2,2NM	2,2NM
Pesadas	2,2NM	2,2NM	2,2NM

**Tabla A.1.- Tiempos de bloqueo en Configuración Norte**



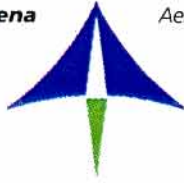
TIPO DE AERONAVES QUE BLOQUEAN (ARR18L)			
AERONAVES BLOQUEADAS (DEP15L)	Aeronaves Ligeras	Aeronaves Medias	Aeronaves Pesadas
Ligeras	2,1NM	2,1NM	2,1NM
Medias	2,1NM	2,1NM	2,1NM
Pesadas	2,1NM	2,1NM	2,1NM
AERONAVES BLOQUEADAS (DEP15R)	Aeronaves Ligeras	Aeronaves Medias	Aeronaves Pesadas
Ligeras	2NM	2NM	2NM
Medias	2NM	2NM	2NM
Pesadas	2NM	2NM	2NM

**Tabla A.2.- Tiempos de bloqueo en Configuración Sur**





**Aena**



*Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea*

**DIRECCIÓN DE SISTEMAS E INSTALACIONES DE NAVEGACIÓN AÉREA  
DIVISIÓN DE DESARROLLO DEL SNA**

**ANÁLISIS CAPACIDAD/DEMORA DEL  
SISTEMA AEROPUERTO/TMA  
FSAM CASO C+B**

**Versión 1.0**

**Copia 3**

**Diciembre de 1998**





## RESUMEN EJECUTIVO

El objeto del estudio es determinar el nivel de saturación de las operaciones en el Futuro Aeropuerto-TMA de Madrid-Barajas para el caso C+B del proyecto FSAM, atendiendo al número de ops/h máximas y a los niveles de demora y calidad de servicio aceptables en la operación, tanto para Configuración Norte como para Configuración Sur.

El estudio se estructura en 2 partes consecutivas que persiguen objetivos complementarios:

- 1ª Fase: Refinamiento del Estudio de Capacidad de Saturación de Pistas.
- 2ª Fase: Análisis de Capacidad/Demora para el conjunto Aeropuerto-TMA.

Las principales conclusiones extraídas de los resultados obtenidos para ambas fases son:

### 1ª Fase: Refinamiento del Estudio de Capacidad de Saturación de Pistas:

- La complejidad del Área de Maniobras del modelo C+B del FSAM tiene un impacto negativo sobre la Capacidad de Saturación de Pistas del Aeropuerto, que incide fundamentalmente sobre las operaciones de despegue.
- En el caso de Configuración Norte, la pérdida de operaciones/hora para el global del Aeropuerto se sitúa entre 1 y 4 despegues/hora menos. Para la Configuración Sur, la pérdida es de entre 2 y 3 despegues/hora menos.
- El número óptimo de salidas autorizadas a rodar a cabecera simultáneamente es de 10 aeronaves.

### 2ª Fase: Estudio de Capacidad/Demora del Conjunto Aeropuerto-TMA:

#### A) Configuración Norte:

- El nivel de tráfico de saturación es de **1850 ops/día**. El pico de operaciones, con distribución de tráfico acorde con el perfil del día tipo, es de **119 ops/h** (a las 17:00h).
- Con el perfil propio del día tipo, el máximo nº de ops/hora alcanzado en cada pista y los máximos globales de llegadas y salidas son (no en horas coincidentes):

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	33L	33R	36L	36R
Ops/h Máx.	32 (17:00 h)	36 (19:00 h)	42 (15:00 h)	39 (06:00 h)
Picos de Arr/h y Sal/h.	65 (17:00 h)		66 (15:00 h)	

- El estado de saturación se presenta de forma simultánea en el Área de Maniobras y en el Espacio Aéreo (rutas de llegada del TMA).
- El principal problema identificado en Espacio Aéreo es el desequilibrio de demanda de llegadas a las 2 pistas de aterrizaje.





- Se consiguen máximas horarias de 42 salidas/hora por la pista 36L, debido a la divergencia de las SID's al poco de despegar.
- La posición relativa de los estacionamientos con respecto a las pistas ocasiona un aumento de las demoras en rodadura así como tiempos de rodaje elevados.

### B) Configuración Sur:

- El nivel de tráfico de saturación es de **1775 ops/día**. El pico de operaciones, con distribución de tráfico acorde con el perfil del día tipo, es de **119 ops/h**.
- Con el perfil propio del día tipo, el máximo n° de ops/hora alcanzado en cada pista y los máximos globales de llegadas y salidas son (no en horas coincidentes):

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	18L	18R	15L	15R
Ops/h	35	36	32	37
Máx.	(19:00 h)	(20:00 h)	(15:00 h)	(18:00 h)
Picos de Arr/h y Sal/h	LLEGADAS		SALIDAS	
	70 (20:00 h)		67 (15:00 h)	

- El estado de saturación se presenta con antelación en el Espacio Aéreo debido al desequilibrio de demanda a ambas pistas de llegada 18L y 18R.
- Al igual que en Configuración Norte, la ubicación de las posiciones de estacionamiento con respecto a las 4 pistas ocasiona aumento de las demoras en rodadura y tiempos de rodadura excesivamente prolongados.

### C) Operaciones en Torrejón

- Para esos niveles de Tráfico en Barajas, las operaciones de depegue por la pista 23 de Torrejón resultan inviables debido a las demoras acumuladas, consecuencia directa de la prioridad natural de operación de Barajas.

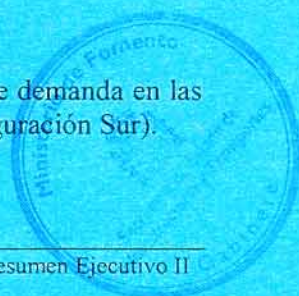
A partir de las conclusiones obtenidas se proponen las siguientes recomendaciones:

#### Recomendaciones referentes al área de maniobras:

- Aumentar el número de posiciones de estacionamiento en el Satélite situado entre pistas, ó bien habilitar más edificios Satélites próximos a las cabeceras de las pistas 36L, 36R y 15L, 15R.
- Mejorar el acceso del tráfico a las futuras pistas de despegue (36R en Conf. Norte y 15L en Conf. Sur) haciendo uso de las calles de salida previstas para ellas.

#### Recomendaciones referentes al espacio aéreo:

- Compensar en futuros refinamientos del diseño del TMA los desequilibrios de demanda en las rutas a ambas pistas de aterrizaje (especialmente crítico en el caso de la Configuración Sur).







## ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ANTE VARIACIONES DEL PERFIL DEL DÍA TIPO EN LA HORA PUNTA.

En todos los estudios de capacidad es norma habitual efectuar análisis de sensibilidad ante posibles variaciones del perfil del día tipo, en concreto, ante incrementos en el nº de ops/h en la hora punta. De esta forma, es posible determinar hasta que valores es posible aumentar el nº de ops/h máximas sin que ello suponga una penalización excesiva en el estado global de saturación del sistema. En el caso de que ese análisis de sensibilidad demuestre que es posible aumentar de manera sustancial las operaciones en hora punta, se emite el correspondiente informe adicional.

### Modificación del Perfil del día Tipo.

Para la Configuración Norte con 1850 ops/día y perfil del día tipo, la hora punta resulta ser las 17:00h , con 119 ops. Ambas pistas de llegada están cerca de su capacidad máxima, mientras que las de salida se encuentran infrautilizadas. Con objeto de aumentar las operaciones en hora punta se modifica el perfil de demanda sólo de las operaciones de salida, desviando algunas operaciones hacia la hora punta y añadiendo algunas nuevas, manteniéndose un total en torno a 1850 ops /día. El estudio se realiza para C. Norte, siendo extrapolable a C. Sur.

### Resultados del análisis de sensibilidad.

Los resultados obtenidos al incrementar las operaciones en hora punta son:

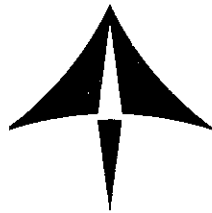
Configuración Norte. 1850 ops/día		
Perfil de Tráfico (Demanda)	DEMORA MEDIA (Límite: 4-4.5 minutos)	Nº de Ops/h en Hora Punta (Flujo)
Perfil Original del Día Tipo	4.03	119
Perfil A (+8 salidas/h punta)	4.08	129
Perfil B (+19 salidas/h punta)	4.24	136
Perfil C (+23 salidas/h punta)	4.65	138

### Conclusiones.

- Es posible conseguir a partir del perfil de tráfico original, y mediante cambios que afectan principalmente a un número reducido de salidas, puntas de tráfico en una hora superiores a las 130 ops/h. Sin embargo, el coste desde el punto de vista de las demoras es muy elevado y perjudicaría a la operatividad y calidad de servicio del aeropuerto durante todo el día.
- Una Modificación de la demanda mediante una adecuada programación de salidas, podría **permitir alcanzar en hora punta entre 119 y 129 ops/h** máximas, sin penalizar en exceso la operatividad del aeropuerto. No obstante, queda entendido que estos cambios afectarían a una sola hora, considerada como hora punta no sostenida, siendo la situación bastante **peor si se pretendiera conseguir ese nivel de operación durante varias horas consecutivas** de manera sostenida.







## ÍNDICE

1.- OBJETO .....	1
2.- ALCANCE.....	1
3.- BASES DEL ESTUDIO .....	3
3.1.- Herramienta de simulación.....	3
3.2.- Datos de partida .....	3
4.- METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	4
4.1.- Planteamiento global de los estudios de simulación FSAM.....	4
4.2.- Metodología de análisis del estudio actual.....	7
4.2.1.- Refinamiento del estudio de capacidad de saturación de pistas con rodadura detallada .....	7
4.2.1.1.- Planteamiento y características particulares .....	7
4.2.1.2.- Parámetros objeto de análisis.....	7
4.2.1.3.- Nivel de detalle en la modelización .....	8
4.2.1.4.- Descripción de los modelos .....	9
4.2.1.5.- Carga de tráfico .....	11
4.2.2.- Estudio de capacidad/demora del conjunto Aeropuerto-TMA .....	13
4.2.2.1.- Planteamiento y características particulares .....	13
4.2.2.2.- Parámetros objeto de análisis.....	14
4.2.2.3.- Límites de admisibilidad de los parámetros principales .....	15
4.2.2.4.- Nivel de detalle en la modelización .....	17
4.2.2.5.- Descripción de los modelos.....	17
4.2.2.6.- Cargas de tráfico.....	20
5.- RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES .....	24
5.1.- Fase 1ª: Refinamiento del estudio de capacidad de saturación de pistas con rodadura detallada.....	24
5.1.1.-Resultados .....	24
5.1.2.- Análisis de resultados .....	25
5.2.- Fase 2ª: Estudio de capacidad/demora del conjunto Aeropuerto-TMA .....	29
5.2.1.-Parámetros principales.....	30
5.2.1.1.-Resultados de los parámetros principales .....	30
5.2.1.2.- Análisis de resultados .....	47
5.2.1.2.1.- Configuración Norte .....	47
5.2.1.2.2.- Configuración Sur.....	48
5.2.2.- Parámetros secundarios .....	49
5.2.2.1.- Configuración Norte .....	49
5.2.2.2.- Configuración Sur.....	53
5.2.3.- Resultados referidos a la Base de Torrejón .....	57
6.- CONCLUSIONES DEL ESTUDIO .....	57
6.1.- Conclusiones del estudio de capacidad de saturación de pistas con rodadura detallada .....	57
6.2.- Conclusiones del estudio de capacidad/demora con aeropuerto y TMA detallados.....	58
7.- RECOMENDACIONES.....	61

ANEXO I: ANÁLISIS DE TRÁFICO PARA EL ESTUDIO DEL FUTURO SISTEMA AEROPORTUARIO DE MADRID-BARAJAS

ANEXO II: DISEÑO DEL FUTURO ÁREA DE MANIOBRAS Y TMA

ANEXO III: CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE BLOQUEO PARA EL CASO C+B





## ANÁLISIS CAPACIDAD/DEMORA DEL SISTEMA AEROPUERTO-TMA.

### FSAM CASO C+B

#### 1.- OBJETO

El objeto del estudio es determinar el nivel de saturación de las operaciones en el futuro aeropuerto-TMA de Madrid-Barajas (caso denominado C+B del proyecto FSAM), atendiendo al número de ops/h máximas y a los niveles de demora y calidad de servicio aceptables en la operación, tanto para los modelos de Configuración Norte como Sur.

Este informe complementa anteriores estudios de simulación de AENA para el grupo FSAM:

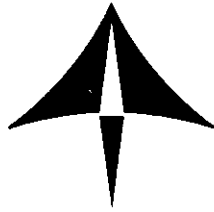
- *“Simulación del Desarrollo del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas”* Marzo 1998 [1].
- *“Estudio de Capacidad del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas. Caso C+B”*. Julio 1998 [2].
- *“Estudio del Impacto de la Operación IFR en el Aeropuerto de Torrejón sobre el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas”*. Octubre 1998 [3].

Este estudio responde a la demanda del grupo FSAM de analizar el completo desarrollo del modelo C+B, tanto en su lado tierra, rodadura y plataforma, como en su lado aire, procedimientos y operación en TMA, determinando la “Capacidad Práctica” del mismo.

#### 2.- ALCANCE

El estudio parte de una información detallada del diseño del área de maniobras del futuro aeropuerto, así como de un diseño de la estructura, rutas y procedimientos operativos del TMA asociado. Ello permitirá ofrecer resultados realistas que contemplen el conjunto de la operación aeroportuaria y de su entorno y la totalidad de las restricciones que puedan afectarle.

El estudio se estructura en 2 partes consecutivas que persiguen objetivos complementarios y que facilitan una aproximación sucesiva al análisis de la capacidad de Madrid-Barajas. En una 1ª fase de estudio se incorpora el diseño detallado del área de maniobras del aeropuerto y en una 2ª fase el diseño detallado del TMA así como el perfil de comportamiento del tráfico de Madrid-Barajas. Esto permite evaluar de forma independiente los efectos de ambas contribuciones.



### **1ª Fase. Refinamiento del estudio de capacidad de saturación de pistas.**

El objetivo de la 1ª Fase es analizar el impacto de la operación en rodadura sobre las cifras de capacidad de saturación de pistas, identificando la mejor política de operación en plataforma y anticipando reducciones o limitaciones operativas en el área de maniobras. Para ello, en esta 1ª Fase:

- Se mantiene la estructura simplificada de espacio aéreo, incluyendo el diseño detallado del área de maniobras.
- Se emplean cargas de tráfico de saturación, que proporcionan la capacidad máxima horaria y se comparan los valores con los de anteriores estudios.

Se determina de esta forma el impacto de la gestión de la rodadura en la capacidad horaria máxima.

### **2ª Fase. Análisis de capacidad/demora del conjunto Aeropuerto-TMA.**

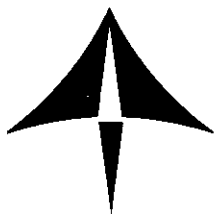
El objetivo de la 2ª Fase es determinar el comportamiento previsible de la operación en el aeropuerto, y en particular, el punto de saturación de la operación del conjunto Aeropuerto-TMA en función de la demora admisible (Capacidad Práctica) al considerar el escenario completo, con las siguientes premisas de operación:

- Distribución de tráfico de acuerdo al perfil del día tipo.
- Distribución de tráfico en pistas según origen, destino y rutas de llegada y salida del aeropuerto.
- Diseño detallado del área de maniobras.
- Políticas concretas de asignación de estacionamientos.
- Diseño detallado de las rutas y procedimientos operativos del TMA.
- Prioridad de las operaciones en Barajas frente a las de Torrejón.

En esta 2ª Fase el tráfico, que corresponde a un día tipo real con el adecuado reparto según rutas, se incrementará progresivamente hasta los niveles de saturación. Se analizan un mayor número de parámetros: ops/h, demoras en tierra y en aire, etc., para determinar el nivel de saturación del sistema Aeropuerto-TMA.

La utilización de cargas de tráfico específicas de cada estudio y la selección de los parámetros característicos de cada fase, permitirán diferenciar el impacto ejercido sobre la operación por parte del lado tierra y del lado aire.





### 3.- BASES DEL ESTUDIO

Los modelos objeto de estudio han sido analizados mediante procesos de simulación en tiempo acelerado, teniendo en cuenta el diseño detallado del área de maniobras, la estructura de un diseño previo de TMA y las cargas de tráfico representativas. Se describen a continuación las principales bases del estudio.

#### 3.1.- Herramienta de simulación

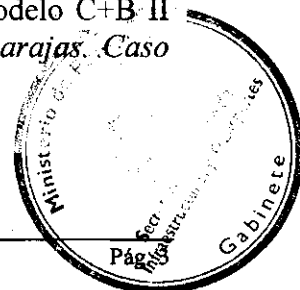
La herramienta de simulación empleada es el Simulador de Espacio Aéreo y Aeropuertos SIMMOD v. 2.0.3. de la FAA.

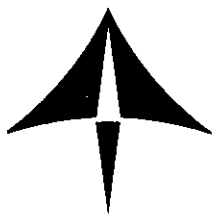
Esta herramienta permite modelar y simular los diversos escenarios, obteniendo resultados referentes a número de operaciones (en zonas del aeropuerto, pistas, rutas y sectores del espacio aéreo), relación demanda/flujo, demoras experimentadas, etc.

#### 3.2.- Datos de partida

La información geométrica y operativa empleada como dato de entrada para generar los modelos, se ha obtenido de las siguientes fuentes:

1. *"Aeropuerto de Madrid/Barajas. Definición de Campo de Vuelo (Alternativa B+C). Borrador"*. Octubre 1998 [4]. Dirección de Planificación Aeroportuaria.
2. *"Estudio de Procedimientos. Caso C+B"*. Abril 1998. División de Organización y Reglamentación DCCA/Aena SSCCNA para el grupo FSAM. [5].
3. *"Procedimientos Operativos Actuales y Previstos en el TMA de Madrid"*. Carta de Acuerdo Madrid-APP-Barajas TWR. Septiembre 1998. División ATS Región Centro. [6].
4. Modelos básicos y parámetros generales validados y utilizados en el estudio *"Simulación del Área de Maniobras en el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas"* (DDSNA, junio 1997). [7].
5. Perfiles y distribución de tráfico en Barajas y Torrejón obtenidos de la base de datos Picasso.
6. Carga de Tráfico que proporciona la máxima capacidad horaria en el modelo C+B II del FSAM *"Estudio de Capacidad del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas. Caso C+B II"* (DDSNA, julio 1998).[2].





#### 4.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

En los siguientes apartados se expone el proceso seguido en los trabajos de simulación para aportar información al grupo FSAM para la selección de la alternativa óptima de desarrollo del Aeropuerto de Madrid-Barajas. Se detalla el método analítico empleado en el estudio actual para el análisis Capacidad/Demora del completo desarrollo del conjunto Aeropuerto-TMA y para la determinación de la capacidad práctica real ó esperada del caso C+B objeto de estudio.

##### 4.1.- Planteamiento global de los estudios de simulación FSAM

La metodología global de trabajo adoptada por del grupo FSAM para los estudios de simulación, ilustrada en la figura 1, se resume en los siguientes puntos:

- **Identificación y evaluación comparativa de posibles alternativas de desarrollo:**

En esta primera fase, se determina la Capacidad de Saturación de Pistas de todas las propuestas del proyecto FSAM para el aeropuerto de Madrid-Barajas, tanto las de referencia, como las intermedias (A, B y C) y las finales (A+B y B+C). Informe correspondiente: "*Simulación del Desarrollo del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas*", marzo 1998.

- **Selección de alternativas para su posterior estudio y desarrollo detallados:**

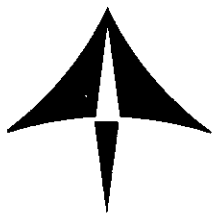
Se establece una 1ª selección de aquellos escenarios que de acuerdo a la anterior fase ofrecen los mejores resultados en cuanto a Capacidad de Saturación de Pistas.

- **Refinamiento de los estudios de capacidad de saturación de pistas y estudios complementarios:**

En esta fase se profundiza, para la opción de desarrollo de Barajas seleccionada por el Grupo FSAM, en ciertos aspectos concretos de interés mediante estudios particulares. En particular, se efectúan estudios sobre:

- Optimización de la Capacidad Máxima mediante diferentes distribuciones de flota por pista. Informe correspondiente: "*Estudio de Capacidad del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas. Caso C+B*" julio 1998.
- Influencia de las operaciones IFR de Torrejón sobre la Capacidad de Barajas (FSAM). Informe correspondiente: "*Estudio del Impacto de la*





*Operación IFR en el Aeropuerto de Torrejón sobre el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas”, octubre 1998.*

- Evaluación del impacto sobre la Capacidad Máxima de la segregación de tráfico por pistas según las rutas de entrada o salida y el origen o destino de los vuelos. Informe correspondiente: Anexo I del documento “*Estudio del Impacto de la Operación IFR en el Aeropuerto de Torrejón sobre el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas*”, octubre 1998.

• **Análisis del impacto del diseño del área de maniobras sobre la capacidad de saturación de pistas:**

Se simula con grado de detalle máximo el área de maniobras de los modelos finales FSAM con objeto de evaluar el impacto de la rodadura sobre la Capacidad de Saturación de Pistas. Objeto del presente estudio para la opción C+B. Pendiente de desarrollo para la A+B.

• **Análisis capacidad/demora para el conjunto Aeropuerto-TMA:**

Además de incluir el área de maniobras en su grado máximo de detalle, se incluye la estructura correspondiente al TMA, con el objeto de:

- Determinar los límites de admisibilidad en demora y operatividad a partir del escenario de referencia.
- Determinar la capacidad real esperada del conjunto Aeropuerto-TMA.

El análisis correspondiente a la opción C+B es uno de los objetivos del presente estudio. Queda por efectuar el estudio correspondiente a la opción A+B.

• **Análisis comparativo de las propuestas y selección de la alternativa óptima:**

Una vez efectuados los estudios completos de los 2 modelos finales (A+B y C+B), se procederá a seleccionar aquel que ofrece mejores resultados. Estudio pendiente de realización

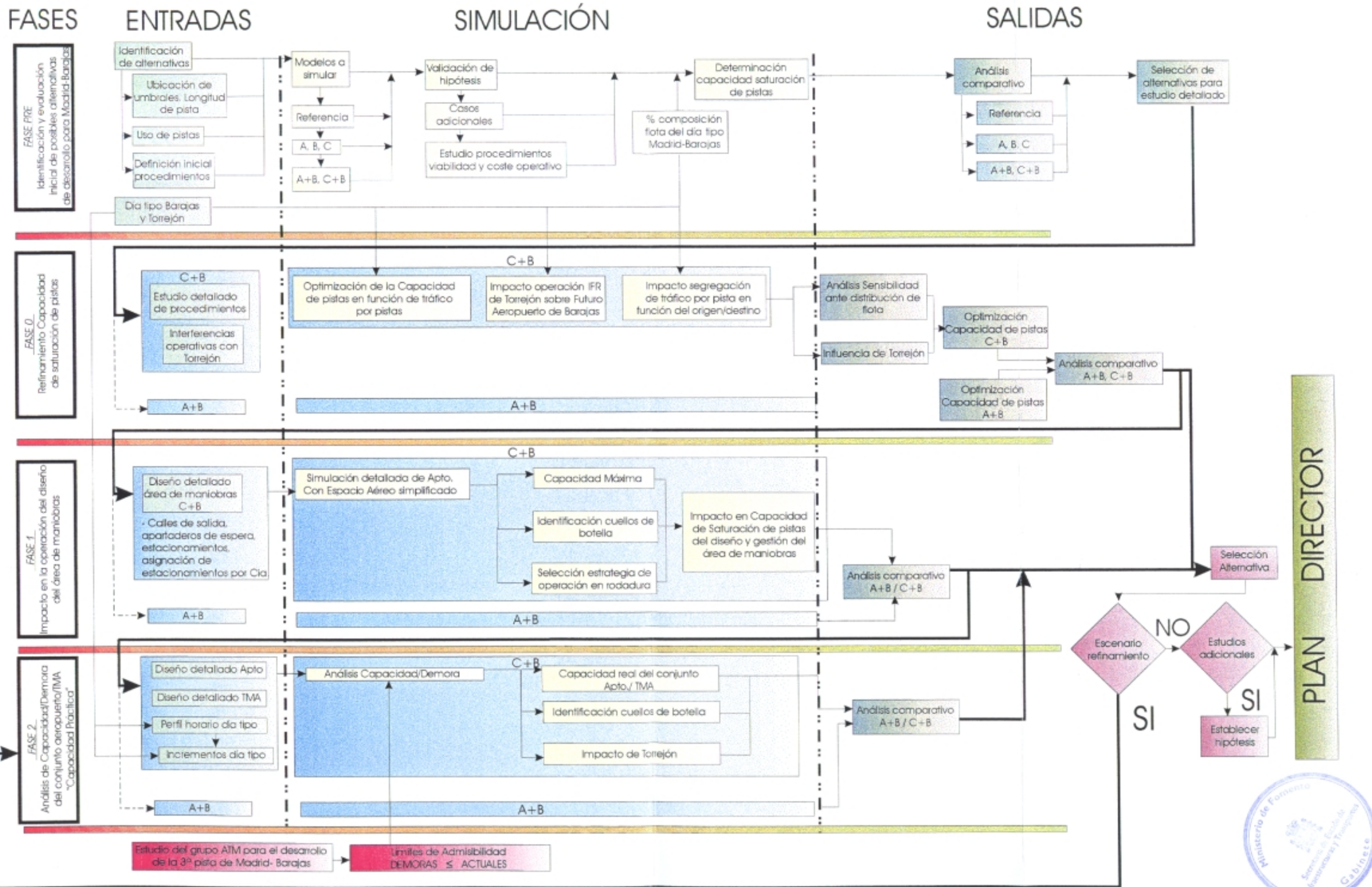
• **Desarrollo y optimización operativa del Plan Director:**

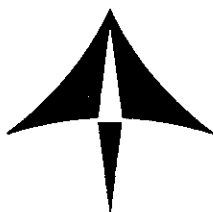
Si procede, se llevarán a cabo estudios particulares del modelo seleccionado con objeto de servir de instrumento para el desarrollo del correspondiente Plan Director. Pendiente de realización.





# PLANTEAMIENTO GLOBAL DE LOS ESTUDIOS DE SIMULACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL FUTURO SISTEMA AEROPORTUARIO MADRID-BARAJAS





## 4.2.- Metodología de análisis del estudio actual

El estudio corresponde con las Fases 1 y 2 de la Figura 1 (Impacto del Área de Maniobras y Análisis Aeropuerto-TMA) para la opción C+B de Barajas. El estudio se ha estructurado en 2 etapas sucesivas, cuyos métodos de trabajo se describen a continuación.

### ***4.2.1.- Refinamiento del estudio de capacidad de saturación de pistas con rodadura detallada***

#### ***4.2.1.1.- Planteamiento y características particulares***

El objetivo es determinar el impacto sobre la capacidad máxima de ops/h que tendrá un área de maniobras como la desarrollada para el caso C+B FSAM.

Factores propios exclusivamente del diseño de la rodadura, pueden tener una repercusión importante en la capacidad de ops/h en el aeropuerto, particularmente en las operaciones de salida. Un parámetro a priori decisivo a la hora de fijar esa influencia es el número de salidas que sean autorizadas, de manera simultánea, a dirigirse a sus colas de despegue.

Disminuir el número de salidas autorizadas a rodar de manera simultánea aliviará los problemas de congestión y resolución de conflictos en superficie, a costa de reducir el número de salidas/hora máximo, ya que, debido a las grandes distancias en juego, no se puede garantizar que siempre exista una aeronave en cabecera de pista lista para despegar.

En los análisis de Capacidad Máxima o de Saturación (Capacidad Teórica) no se consideran realistas los valores de demoras, no obstante el parámetro “Demora en Rodadura” se utilizará en este caso como indicador indirecto de la complejidad y conflictividad de la operación en rodadura.

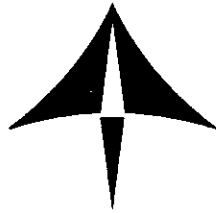
#### ***4.2.1.2.- Parámetros objeto de análisis***

Los parámetros analizados son los siguientes:

- Número de ops/h por pista. Es función del número de salidas autorizadas a rodar a cabecera de manera simultánea.
- Nivel de demora en rodadura acumulada por todas las salidas y todas las llegadas. Es también función del número de salidas autorizadas a rodar a cabecera.

El nivel de demora en rodadura constituye una medición indirecta del número de conflictos y de la complejidad de la operación en rodadura. De la observación de la tendencia de evolución de esas demoras puede establecerse el punto de inflexión de las mismas, que marca el momento donde se produce la saturación de la operación en el área de maniobras.





Trasladando ese valor a la curva de N° de ops/h se tiene la reducción de capacidad máxima asociada.

#### 4.2.1.3.- Nivel de detalle en la modelización

El grado de detalle implementado en la simulación se describe a continuación:

##### **A) Entorno aeroportuario:**

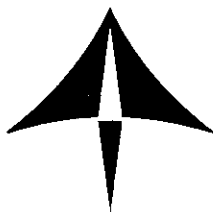
- Emplazamiento y distribución de las diferentes posiciones de estacionamiento, agrupándolas según el modelo de aeronave que pueden atender, consiguiendo una representación exacta de las plataformas de estacionamiento.
- Calles de rodadura detalladas en su ubicación, trazado y geometría, con los sentidos de circulación que se supone serán operativos en el futuro.
- Apartaderos de espera con capacidades definidas.
- Calles de salida previstas para cada pista, con representación exacta de su emplazamiento respecto de los umbrales correspondientes y el tipo de calle (recta o salida rápida).
- Se consideran operaciones IFR.
- Capacidad para operar todo tipo de aeronaves (ligeras, medias y pesadas).

En el anexo II se detallan las configuraciones de calles de salida, apartaderos de espera, calles de rodaje y sus dimensiones y la distribución de estacionamientos.

##### **B) Espacio aéreo:**

En esta fase se pretende acotar el impacto que tendría en la capacidad horaria máxima el sistema de calles de rodaje de un aeropuerto con la complejidad del caso C+B. Por ello, para poder contrastar los resultados con los de anteriores trabajos, se mantiene la modelización del espacio aéreo al mismo nivel de detalle:

- Se simplifica el diseño del entorno de espacio aéreo considerando un área próxima al entorno aeroportuario y estableciendo los adecuados puntos alimentadores y sumideros de tráfico.
- Se supone que el entorno de espacio aéreo a modelizar absorbe la carga de tráfico aplicada.
- Los modelos a desarrollar presuponen un soporte acorde a procedimientos existentes o viables por diseñar.



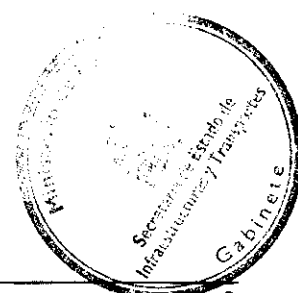
- Velocidad media en la aproximación final 140 Kts.
- Tiempo de reacción del piloto 10 seg.

#### 4.2.1.4.- Descripción de los modelos

Se describen a continuación las características más sobresalientes de los modelos C+B de Configuración Norte y Sur empleados en la 1ª fase del estudio. Estos modelos mantienen estructura simplificada de espacio aéreo y operan con segregación de tráfico a cada pista en función del tipo de aeronave (Ligera, Media o Pesada) que permite los valores máximos de ops/h (según anteriores estudios).

#### **Modelo C+B. Configuración Norte**

- **Operaciones de LEMD:**
  - Aproximaciones por las pistas 33L y 33R independientes.
  - Salidas por las pistas 36L y 36R independientes
  - Las aproximaciones por la pista 33R bloquean por su procedimiento de frustrada a las salidas por las pistas 36L y 36R.



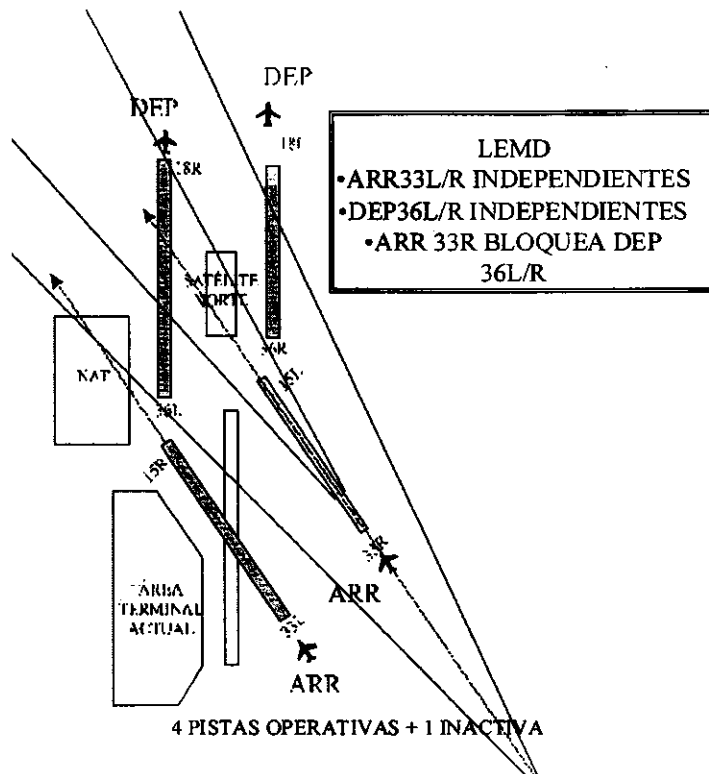
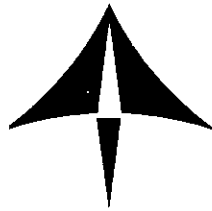


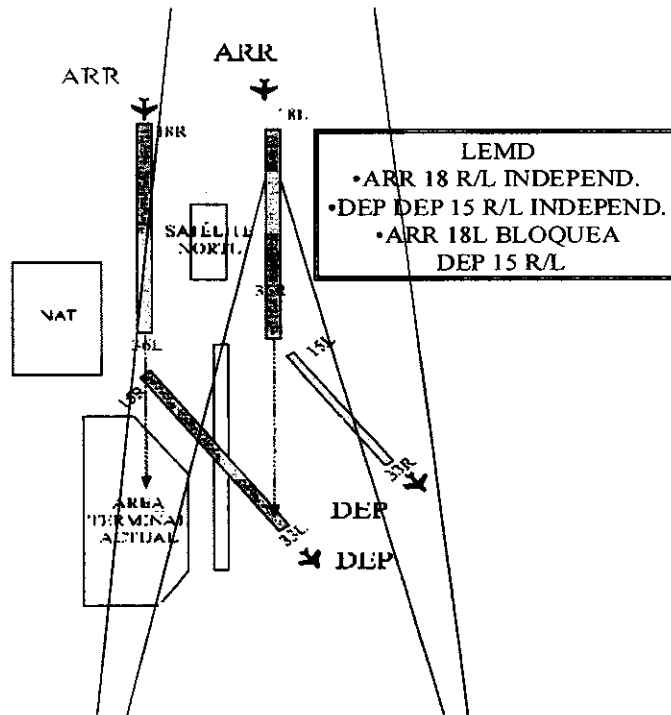
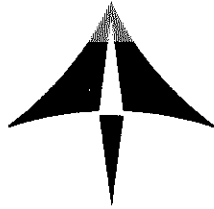
Figura 2.- Configuración Norte. Modelo C+B II. Estudio capacidad teórica.

### Modelo C+B. Configuración Sur

- **Operaciones de LEMD:**

- Aproximaciones por las pistas 18R y 18L independientes
- Salidas por las pistas 15R y 15L independientes.
- Las aproximaciones a la pista 18L bloquean por su frustrada a las salidas por las pistas 15R y 15L.





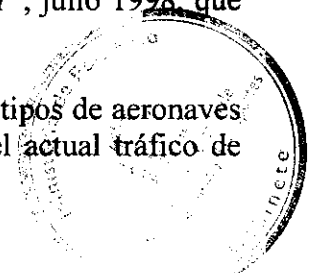
**Figura 3. Configuración Sur. Modelo C+B II. Estudio capacidad teórica.**

En el Anexo II se detallan las configuraciones de calles de salida, apartaderos de espera, estacionamientos y asignación de los mismos.

#### 4.2.1.5.- Carga de tráfico

En esta primera fase interesa determinar el impacto sobre la capacidad horaria máxima del diseño del área de maniobras de un aeropuerto de tal complejidad. Éste se mide con respecto a condiciones de saturación máxima, las cuales se obtienen con:

- Una carga de tráfico que sature el conjunto aeroportuario en un período de 5 horas, analizándose las 4 últimas para descartar efectos transitorios.
- La composición de flota y estrategia de uso de pistas derivada del “*Estudio de Capacidad del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas. Caso C+B II*”, julio 1998, que proporcionaba el máximo número de ops/h.
- **Flota básica introducida en el modelo:** composición según tipos de aeronaves (ligeras, medias y pesadas) de acuerdo a la composición del actual tráfico de Barajas en horas punta.





Tipo de Operación	Aeronaves Ligeras	Aeronaves Medias	Aeronaves Pesadas
Llegadas (50% del total)	5%	75%	20%
Despegues (50% del total)	5%	75%	20%

Tabla 1.- Flota Básica.

- **Estrategia de uso de pistas:**
  - **Configuración Norte:** Llegadas de aeronaves pesadas, medias y ligeras por ambas pistas de aterrizaje 33L y 33R. Desequilibrio de aeronaves pesadas hacia la pista 36L, con objeto de evitar largos recorridos de rodadura para este tipo de aeronaves.
  - **Configuración Sur:** Llegadas de aeronaves pesadas, medias y ligeras por ambas pistas de aterrizaje 18L y 18R. Desequilibrio de aeronaves pesadas hacia la pista 15R, con objeto de evitar largos recorridos de rodadura para este tipo de aeronaves.

C+B II Norte	SALIDAS								LLEGADAS							
	36R				36L				33R				33L			
Carga de Tráfico	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T
73% Medias por 36R	25	275	0	300	0	100	100	200	12	187	50	249	12	187	50	249
C+B II Sur	SALIDAS								LLEGADAS							
	15R				15L				18R				18L			
Carga de Tráfico	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T
70% Medias por 15L	0	150	100	250	25	225	0	250	12	187	50	249	12	187	50	249

Tabla 2.- Cargas de Tráfico.

La figura 4 indica de forma gráfica el tráfico empleado para los análisis de capacidad en esta fase.







TRÁFICO DE SATURACIÓN: 1000 OPERACIONES / DÍA  
ANÁLISIS: CAPACIDAD SATURACIÓN DE PISTAS

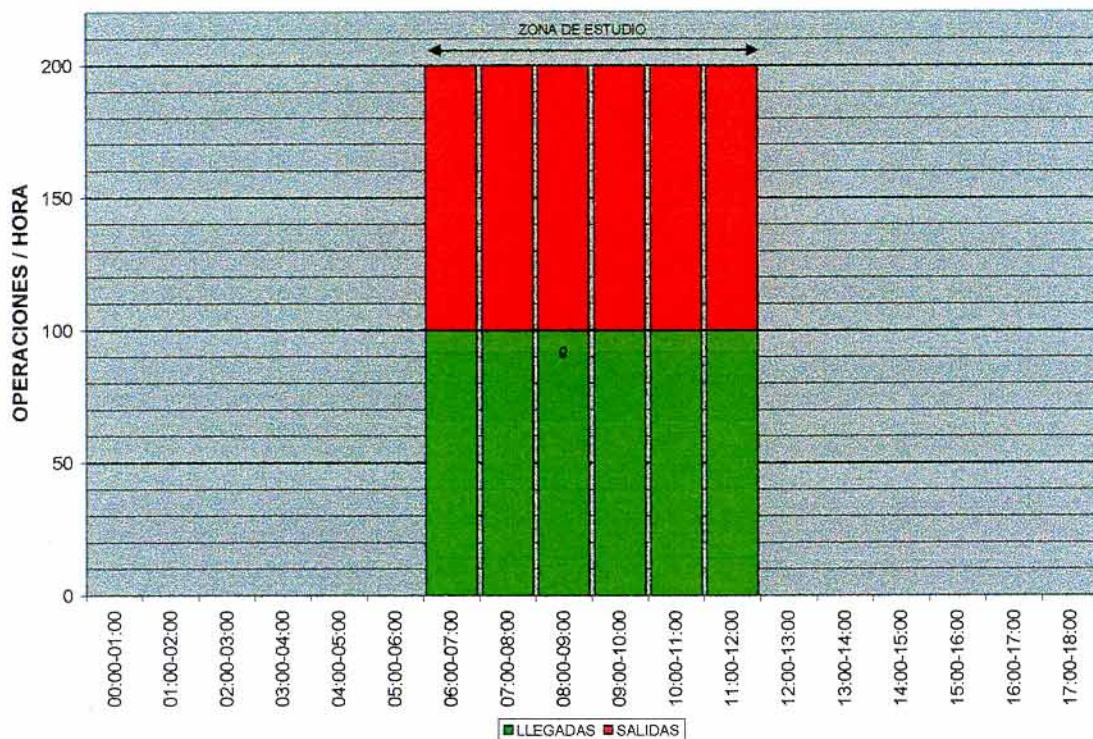


Figura 4.- Demanda de Tráfico utilizada para el análisis de Capacidad de Saturación.

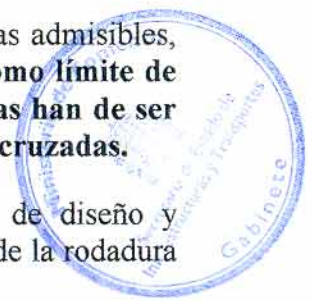
#### 4.2.2.- Estudio de capacidad/demora del conjunto Aeropuerto-TMA

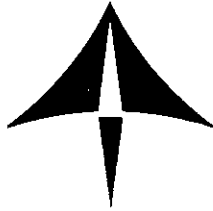
##### 4.2.2.1.- Planteamiento y características particulares

El objetivo buscado con este estudio es determinar el nivel de operación del conjunto Aeropuerto-TMA dentro de unos márgenes de calidad de servicio aceptables. A fin de que los resultados sean realistas, ha de tomarse una aproximación global que considere todos los efectos, tanto los debidos a la rodadura y estacionamientos como los propios de espacio aéreo con el consiguiente reparto de tráfico.

Los márgenes de calidad de servicio se establecen en función de las demoras admisibles, tanto en el lado tierra como en el lado aire de la operación. **Se establece como límite de admisibilidad que las demoras en el futuro desarrollo de Madrid-Barajas han de ser inferiores a las experimentadas en el escenario de referencia con 2 pistas cruzadas.**

Este criterio ha sido empleado con carácter general en las actividades de diseño y simulación de la 3ª pista de Madrid-Barajas, y en el asociado rediseño tanto de la rodadura





y área de maniobras como del TMA; y como tal, validado por los diferentes grupos de trabajo del Plan ATM.

Existen 2 aspectos fundamentales que obligan, para determinar la saturación del aeropuerto, a considerar el conjunto Aeropuerto-TMA:

- Las interrelaciones de las operaciones de Barajas con los otros aeródromos de Madrid, en especial Torrejón.
- Los desequilibrios de demanda en llegadas para ambas pistas en las dos configuraciones Norte y Sur (33L-33R y 18L-18R, respectivamente).

Este desequilibrio provoca, ante incrementos del nivel de tráfico, la saturación anticipada de una de las dos pistas de llegada, originando demoras y saturación en el espacio aéreo. Igualmente se tendrá una situación de desequilibrio en las 2 pistas de salida en el lado tierra, si bien los desequilibrios en este caso serán menores.

Por tanto, el objeto de este estudio se materializa en la determinación del nivel de operaciones/día para el que el sistema Aeropuerto-TMA comienza a experimentar problemas de gestión de movimientos y niveles no admisibles de demoras.

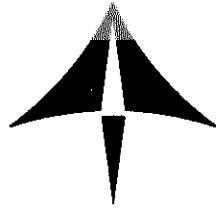
#### 4.2.2.2.- Parámetros objeto de análisis

Los parámetros analizados son los siguientes:

##### **A) Conjunto Aeropuerto de Barajas-TMA:**

- **Parámetros principales:** con ellos se determina el nivel de tráfico para el que se produce saturación del conjunto Aeropuerto-TMA.
  - Valores de demora media en lado tierra, a lo largo del día, para las salidas. (Se tiene en cuenta la demora en cola de despegue, en rodadura y en estacionamiento por saturación de cola de despegue).
  - Número y porcentaje sobre el total de salidas demoradas en tierra. Se consideran como tales aquellas con demora superior a 1 minuto.
  - Demora media en Espacio Aéreo de las llegadas. Se especifican los valores correspondientes a las llegadas a cada pista por separado y para el total de llegadas.
  - Perfiles, a lo largo del día, de la relación Demanda/Flujo de llegadas y salidas a Barajas. (Es decir, la relación entre las aeronaves que tienen previsto el uso de





la pista y las aeronaves que realmente pudieron hacer uso de ella en el intervalo horario previsto).

- **Parámetros secundarios:** pretenden aportar información adicional acerca del funcionamiento del sistema.
  - Demoras medias, en rodadura, de las llegadas y salidas en el área de maniobras.
  - Tiempos nominales de rodadura en Madrid-Barajas para llegadas y salidas.
  - Distribución de conflictos en el área de maniobras del aeropuerto.
  - Demoras máximas en lado tierra de las salidas.

#### **B) Operaciones IFR en Torrejón:**

Sólo se consideran parámetros de carácter secundario, al objeto de determinar el impacto que tienen niveles de tráfico crecientes en Barajas.

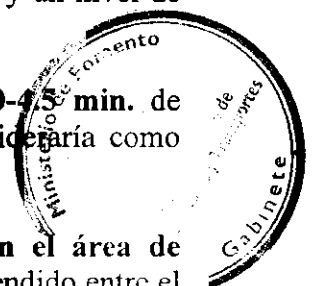
- Demoras medias de las salidas en el área de maniobras.
- Demoras máximas experimentadas por alguna de las salidas en el área de maniobras.

#### 4.2.2.3.- Límites de admisibilidad de los parámetros principales

El nivel de tráfico aceptable desde el punto de vista operativo (dado en nº de ops/día, en perfil horario y en hora punta) se determina a partir de los parámetros denominados principales al imponerles unos límites de admisibilidad. Los criterios de admisibilidad son fijados en los estudios para la construcción de la 3ª pista, cuantificados por la DDSNA en el documento “*Simulación del Área de Maniobras en el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas*” junio 1997, y validados por el “Grupo de Movimientos de Aeronaves en Superficie” del Plan ATM.

En este informe se establece como límite para futuros desarrollos del Aeropuerto los niveles de demora experimentados por el Aeropuerto con 2 pistas cruzadas y un nivel de tráfico de 783 ops/día y perfil horario de día tipo. Estos son:

- **Demora media de las salidas en el área de maniobras: 4.0-4.5 min.** de demora media por aeronave y día. De forma adicional se consideraría como límite el punto de inflexión de la curva de demora media.
- **Proporción (%) de salidas demoradas más de 1 minuto en el área de maniobras (salidas demoradas):** se considera un margen comprendido entre el







60-70% de todas las salidas, es decir, 2/3 o más de las salidas experimentan demoras apreciables en el área de maniobras.

- **Demora media, en espacio aéreo, de las llegadas:** debido al desequilibrio existente entre los flujos absorbidos por las 2 pistas de aterrizaje de cada configuración, se fija como límite el **punto de inflexión para el que se dispara el ritmo de crecimiento** de esta demora al incrementarse el tráfico.
- **Perfiles de Demanda/Flujo para las operaciones en cada pista:** se buscan los niveles de tráfico para los que aparezca una **demanda punta sostenida de varias horas que no pueda ser atendida** por la pista en situación más crítica.

De acuerdo a los límites impuestos a estos 4 parámetros fundamentales se determinará el nivel de operación del conjunto TMA-Aeropuerto en ambas Configuraciones (Norte y Sur). Estos límites deben entenderse como un conjunto, es decir, que para considerar que el sistema se encuentra saturado no basta con que uno de ellos, de manera aislada, supere su límite, sino que será necesario el que varios de ellos sobrepasen los valores fijados. El orden en el que esos parámetros fundamentales excedan las limitaciones impuestas dará una idea precisa de cuales son los “cuellos de botella” del sistema y el orden cronológico con el que irán apareciendo.

En las tablas 3 y 4 se resumen los parámetros principales y secundarios del análisis de Capacidad Práctica.

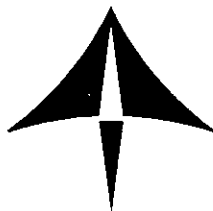
PARÁMETROS PRINCIPALES	LÍMITES DE ADMISIBILIDAD
Demora media de las salidas en el área de maniobras	4.0-4.5 minutos/aeronave
Proporción de salidas demoradas más de 1 min. en área maniobras	60-70%
Demora media de las llegadas en espacio aéreo	Aumento del ritmo de crecimiento de la demora al aumentar el tráfico
Perfil Demanda/Flujo para todo el día	Demanda punta sostenida no atendida en pista más crítica

**Tabla 3.- Parámetros Principales y Límites Admisibilidad. Barajas-TMA.**

PARÁMETROS SECUNDARIOS	ÁREA DE APLICACIÓN
Demoras en rodadura de las llegadas y salidas	Área de maniobras de Barajas
Tiempos nominales de rodadura de las llegadas y salidas	Área de maniobras de Barajas
Distribución de conflictos de rodadura en área de maniobras	Área de maniobras de Barajas
Demoras medias de las salidas en área de maniobras	Área de maniobras de la Base de Torrejón
Demora máxima de las salidas en el área de maniobras	Área de maniobras de la Base de Torrejón

**Tabla 4.- Parámetros Secundarios. Barajas y Torrejón.**





#### 4.2.2.4.- Nivel de detalle en la modelización

El grado de detalle implementado en la simulación se describe a continuación:

##### **A) Entorno aeroportuario:**

Implementación de la estructura detallada del aeropuerto, añadiendo estrategias detalladas de asignación de estacionamientos por compañías, pistas, origen y destino.

##### **B) Espacio aéreo:**

En este estudio se incorpora a la estructura detallada del aeropuerto el diseño en detalle del futuro TMA. Los aspectos más sobresalientes se detallan en los siguientes puntos:

- Estructura de rutas de salida (SID's): con sus correspondientes tramos, longitudes, derrotas, puntos de divergencia, y rangos de velocidades.
- Estructura de rutas de llegada (STAR's): tramos, longitudes, derrotas, puntos de entrada al TMA, puntos alimentadores, IAF's, tramos de aproximación inicial, intermedia y final, rangos de velocidades.
- Procedimientos operativos de control, con las correspondientes transiciones en los requisitos de separación a medida que las aeronaves se aproximan al aeropuerto desde la fase en ruta.
- Se incluye la Base de Torrejón, tanto su área de maniobras como las rutas de llegada y salida respetándose la prioridad de las operaciones de Barajas frente a las de Torrejón.

#### 4.2.2.5.- Descripción de los modelos.

Estos modelos incorporan al diseño del área de maniobras la estructura completa del diseño de TMA, con sus rutas de salida, llegada, puntos de divergencia en las salidas, alimentadores en las llegadas, rangos de velocidades, procedimientos de control y reglas de separación. Como un elemento más del TMA, se ha incluido la operación IFR en la Base Aérea de Torrejón, respetando la prioridad a las operaciones de Barajas sobre las de Torrejón para reproducir las condiciones de operación.







Configuración LEMD	Modelos	Nº Pistas LEMD operat.+inact.	Configuración de Pistas LEMD	Configuración Pistas LETO
NORTE	C+B II	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 36 L Dep</li> <li>• 36 R Dep</li> <li>• 33 L Arr</li> <li>• 33 R Arr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 23 Dep</li> <li>• 05 Dep</li> <li>• 23 Arr</li> </ul>
SUR	C+B II	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 L Dep</li> <li>• 15 R Dep</li> <li>• 18 L Arr</li> <li>• 18 R Arr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 23 Dep</li> <li>• 05 Dep</li> <li>• 23 Arr</li> </ul>

**Tabla 5.- Descripción de los Modelos del Estudio de Capacidad Práctica.**

#### **Modelo C+B. Configuración Norte**

- **Operaciones de LEMD:**

- Aproximaciones por las pistas 33L y 33R independientes.
- Salidas por las pistas 36L y 36R independientes.
- Las aproximaciones por la pista 33R bloquean por su procedimiento de frustrada a las salidas por las pistas 36L y 36R.

- **Operaciones de LETO:**

- Aproximaciones por la pista 23.
- Salidas por las pistas 23 y 05.

- **Dependencia entre operaciones LEMD-LETO:**

- Las llegadas a las pistas 33L y 33R de Barajas interfieren con las operaciones de salida por la pista 23 de Torrejón.



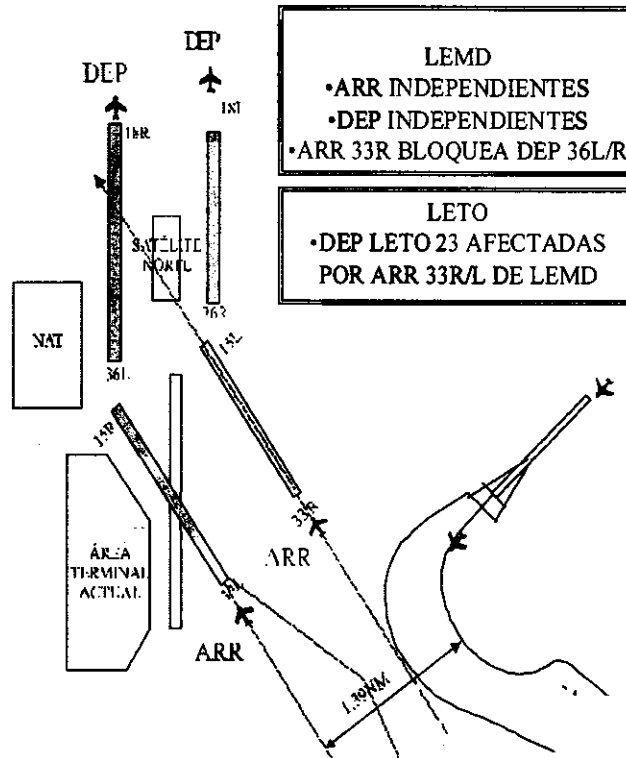
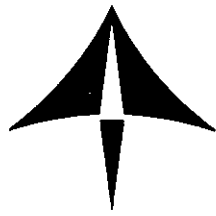
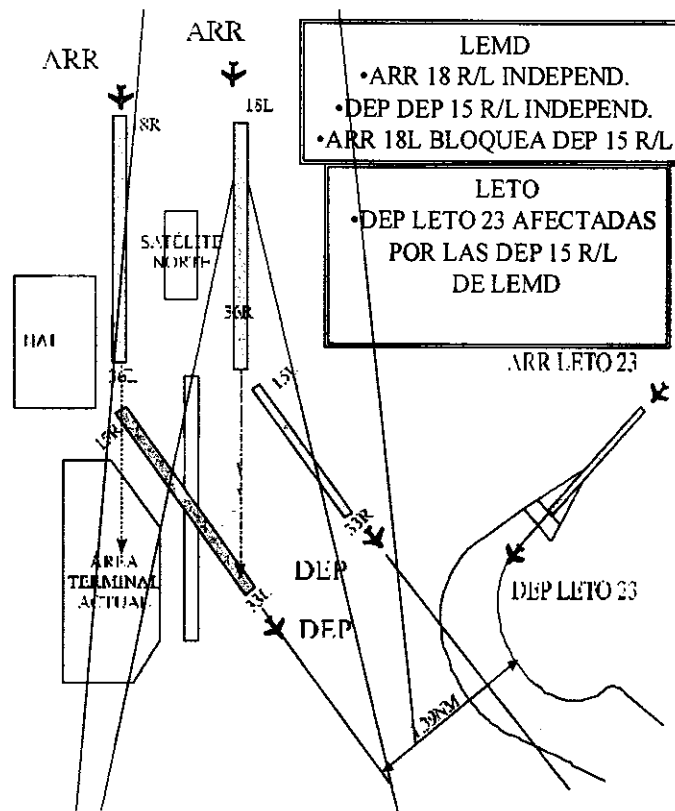


Figura 5.- Configuración Norte. Modelo C+B II. Estudio Capacidad Práctica.

#### Modelo C+B. Configuración Sur

- **Operaciones de LEMD:**
  - Aproximaciones por las pistas 18L y 18R independientes.
  - Salidas por las pistas 15L y 15R independientes.
  - Las aproximaciones por la pista 18L bloquean por su procedimiento de frustrada a las salidas por las pistas 15L y 15R.
- **Operaciones de LETO:**
  - Aproximaciones por la pista 23.
  - Salidas por las pistas 23 y 05.
- **Dependencia entre operaciones LEMD-LETO:**
  - Las salidas de las pistas 15L y 15R de Barajas interfieren con las operaciones de salida por la pista 23 de Torrejón.





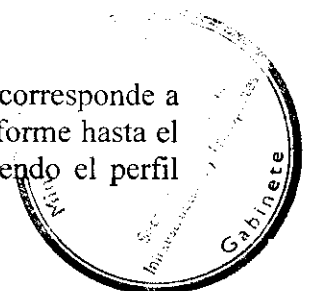
**Figura 6.- Configuración Sur. Modelo C+B II. Estudio Capacidad Práctica**

La estructura de rutas, detallada en el Anexo III, corresponde al diseño del futuro TMA realizado para el caso C+B FSAM. Los procedimientos operativos aplicados, detallados igualmente en el Anexo III, se caracterizan por:

- Separación en ruta: 10 MN
- Separación antes de llegar a los IAF's: 5 MN.
- Separación posterior a los IAF's: la correspondiente a separación por criterios de estela turbulenta.

#### 4.2.2.6.- Cargas de tráfico

La carga de tráfico empleada en el análisis del nivel de demora y conflictos corresponde a un día tipo actual, adaptado a las nuevas pistas e incrementado de forma uniforme hasta el número de operaciones totales necesario para saturar la operación manteniendo el perfil horario.





Las cargas de tráfico utilizadas son las siguientes:

- **Día tipo de referencia.** 1 Abril de 1998 con 800 movimientos en Madrid-Barajas y 42 operaciones IFR en Torrejón. La figura 7 representa el perfil horario de salidas/llegadas y totales del día tipo.
- **Día tipo adaptado a configuración de 4 pistas.** Las 800 operaciones del día tipo se redistribuyen en las 4 pistas del caso C+B teniendo en cuenta las rutas de llegada y salida a cada pista y el origen/destino de los vuelos. La tabla 6 indica la distribución de tráfico por pista en Configuración Norte y en Configuración Sur. Las figuras 8 y 9 representan de manera esquemática las rutas de llegada y salida de cada pista del caso C+B así como los porcentajes de tráfico absorbidos en Configuración Norte y Configuración Sur.
- **Tráfico incrementado.** Se incrementa el número de las operaciones en Madrid-Barajas del día tipo adaptado manteniendo constantes las de Torrejón. La tabla 7 recoge los valores nominales de tráfico en M-B resultantes de tales incrementos.

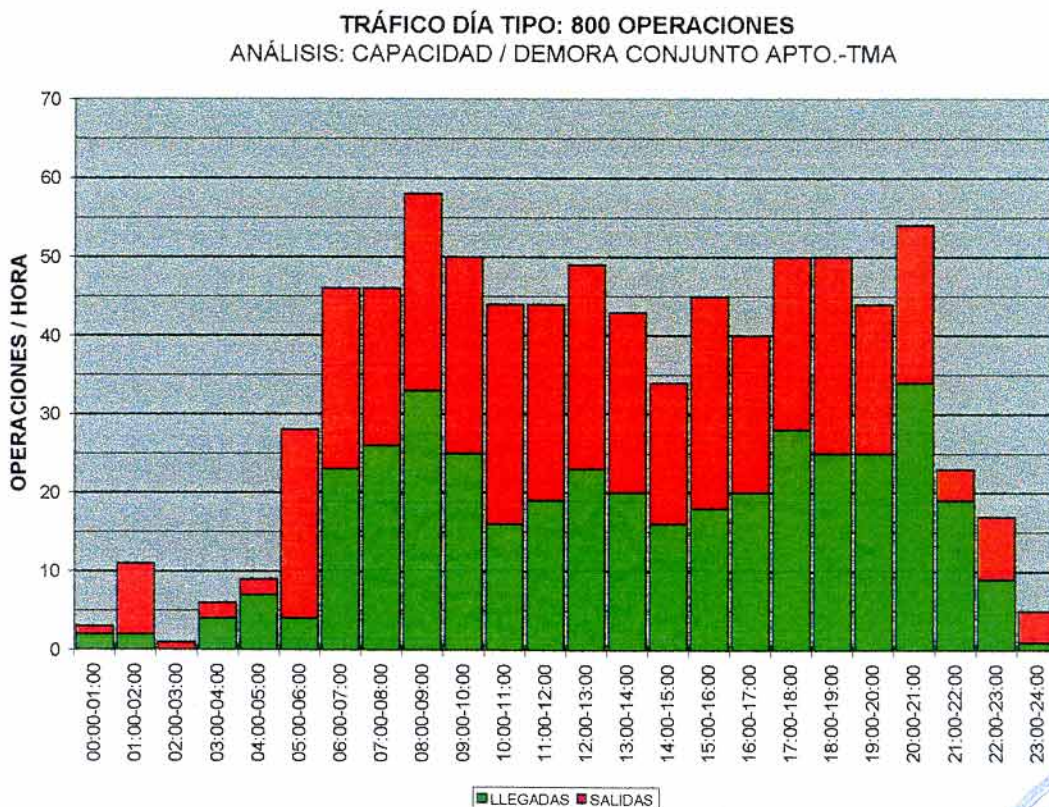


Figura 7.- Tráfico correspondiente al Día Tipo.





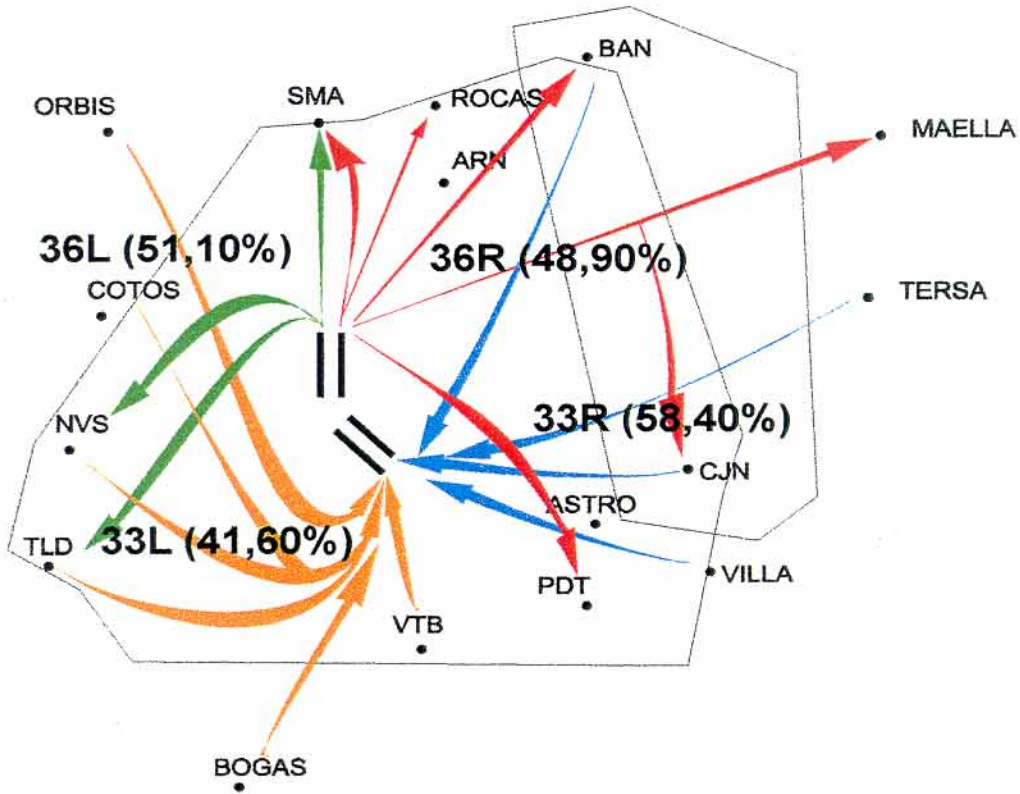


Figura 8.- Rutas de Llegada y Salida de cada Pista en Barajas C+B. Conf. Norte

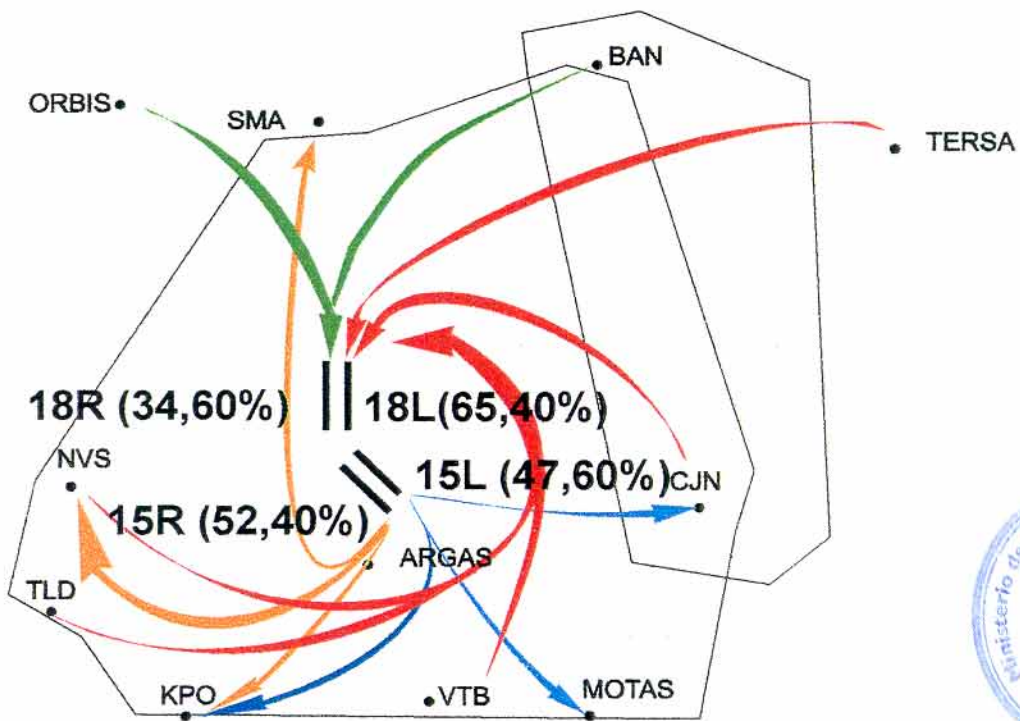


Figura 9.- Rutas de Llegada y Salida de cada Pista en Barajas C+B. Conf. Sur







CONFIGURACIÓN NORTE																		
Carga Tráfico	LLEGADAS									SALIDAS								
	800 Op/día	33L(42%)				33R (58%)					36L (51%)				36R (49%)			
	L	M	H	Tot	L	M	H	Tot	Tot	L	M	H	Tot	L	M	H	Tot	Tot
	10	138	18	166	25	178	30	233	399	18	146	41	205	27	160	9	196	401
CONFIGURACIÓN SUR																		
Carga Tráfico	LLEGADAS									SALIDAS								
	800 Op/día	18L (65%)				18R (35%)					15L (48%)				15R (52%)			
	L	M	H	Tot	L	M	H	Tot	Tot	L	M	H	Tot	L	M	H	Tot	Tot
	24	204	33	261	14	109	15	138	399	22	155	14	191	23	151	36	210	401

**Tabla 6.- Distribución de las Operaciones del Día Tipo original en Barajas.**

NIVELES NOMINALES DE TRÁFICO.					
Nº de Ops/día en Barajas					
800	1100	1775	1850	1900	2050

**Tabla 7.- Incrementos Nominales de Tráfico.**

Los vuelos considerados para Torrejón son, exclusivamente, las operaciones IFR. El nivel de tráfico de Torrejón se mantiene constante sin incrementar. La distribución de vuelos es la que figura en la tabla 8.

	LLEGADAS LETO23				SALIDAS LETO 05				SALIDAS LETO 23				TOTAL
	L	M	H	TOTAL	L	M	H	TOT	L	M	H	TOT	
TOTAL OPS./DÍA	17	4	0	21	14	2	0	16	4	1	0	5	21

**Tabla 8.- Carga de Tráfico aplicada a la Base Aérea de Torrejón (Operaciones IFR)**





## 5.- RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

En los siguientes apartados se muestran los resultados obtenidos en ambas fases del estudio en forma de tablas y gráficas, comentando y valorando los aspectos más significativos.

### 5.1.- Fase 1ª: Refinamiento del estudio de capacidad de saturación de pistas con rodadura detallada

#### 5.1.1.-Resultados

En las tablas 9 y 10 se resumen :

- Los valores de ops/h en cada pista en función de las salidas autorizadas a rodar de manera simultánea.
- Los valores obtenidos en estudios previos sin la rodadura detallada al objeto de establecer las comparaciones oportunas.
- Los valores totales de demora acumulada en rodadura por todas las llegadas y salidas en función del número de aeronaves autorizadas a rodar de manera simultánea.

Configuración Norte						
Nº de salidas autoriz. a rodar hacia cada pista	Número Máx. de Llegadas/hora			Número Máx. de Salidas/hora		
	33L	33R	Total	36L	36R	Total
6	37	37	74	30	26	56
8	37	37	74	34	33	67
10	37	37	74	36	34	70
11	37	37	74	36	34	70
12	37	37	74	36	34	70
<b>Estudio rodadura simplificada</b>	37	37	74	36	35	71
Configuración Sur						
Nº de salidas autoriz. a rodar hacia cada pista	Número Máx. de Llegadas/hora			Número Máx. de Salidas/hora		
	18L	18R	Total	15L	15R	Total
6	37	37	74	28	34	62
8	37	37	74	32	37	69
10	37	37	74	33	37	70
11	37	37	74	33	37	70
12	37	37	74	33	37	70
<b>Estudio rodadura simplificada</b>	37	37	74	35	37	72

**Tabla 9.- Número Máximo de Ops/h en función del Número de Salidas Autorizadas a rodar simultáneamente.**







Configuración Norte						
Nº de salidas autoriz. a rodar hacia cada pista	Demoras en rodadura acumuladas por todas las llegadas (minutos)			Demoras en rodadura acumuladas por todas las salidas (minutos)		
	33L	33R	Total Llegadas	36L	36R	Total Salidas
6	27	27	54	12	27	39
8	30	27	57	12	36	48
10	35	27	60	16	36	52
11	37	27	64	16	39	53
12	37	32	69	18	42	60

Configuración Sur						
Nº de salidas autoriz. a rodar hacia cada pista	Demoras en rodadura acumuladas por todas las llegadas (minutos)			Demoras en rodadura acumuladas por todas las salidas (minutos)		
	18L	18R	Total Llegadas	15L	15R	Total Salidas
6	19	20	39	20	13	33
8	20	21	41	30	15	45
10	20	22	42	60	20	80
11	25	27	52	105	20	125
12	30	32	62	265	33	298

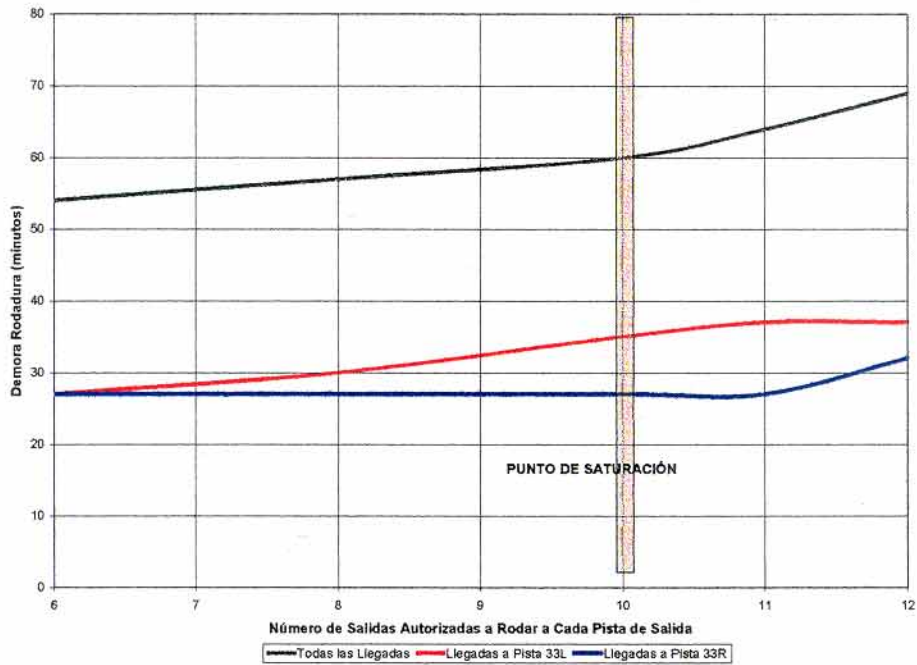
**Tabla 10.- Demoras en Rodadura función del Número de Salidas Autorizadas a rodar simultáneamente a cada Cabecera.**

### 5.1.2.- Análisis de resultados

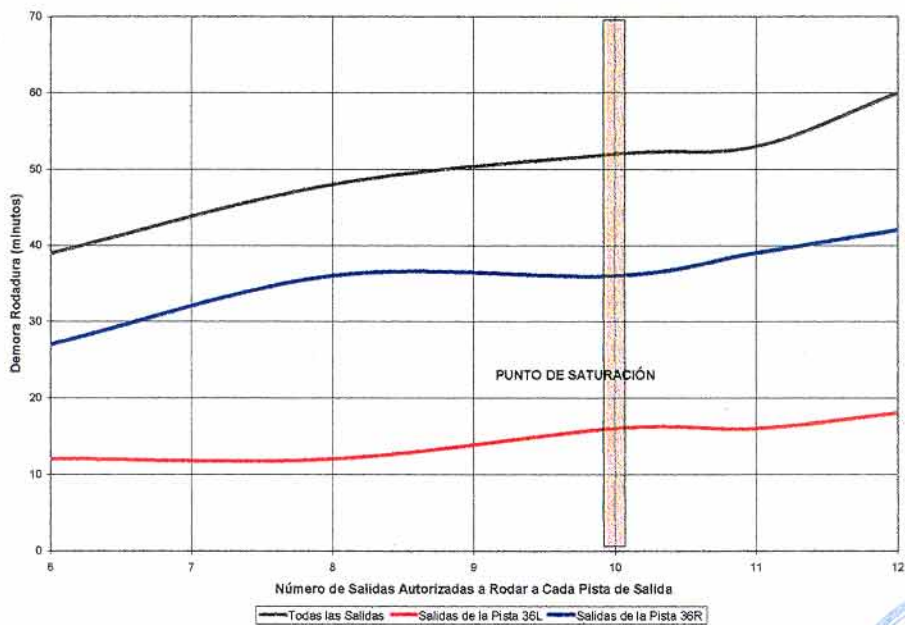
En las figuras 10, 11, 12 y 13 se representan los valores de demora en rodadura para las llegadas y salidas en función del número de salidas autorizadas a rodar a cabecera y se obtiene el punto de saturación que indica el punto crítico de complejidad y conflictividad en rodadura, en función del número de aeronaves autorizadas a rodar. En ellas se observa que los valores de demora aumentan a medida que se autoriza un mayor número de salidas a rodar a cabecera de despegue, ya que más aeronaves rodando a la vez suponen más conflictos y complejidad y por tanto más demora.

Las figuras 14 y 15 muestran la relación entre número de aeronaves autorizadas a rodar simultáneamente y la capacidad de saturación.





**Figura 10.- Demora en Rodadura de las Llegadas. Conf. Norte.**



**Figura 11. Demora en Rodadura de las Salidas. Conf. Norte.**



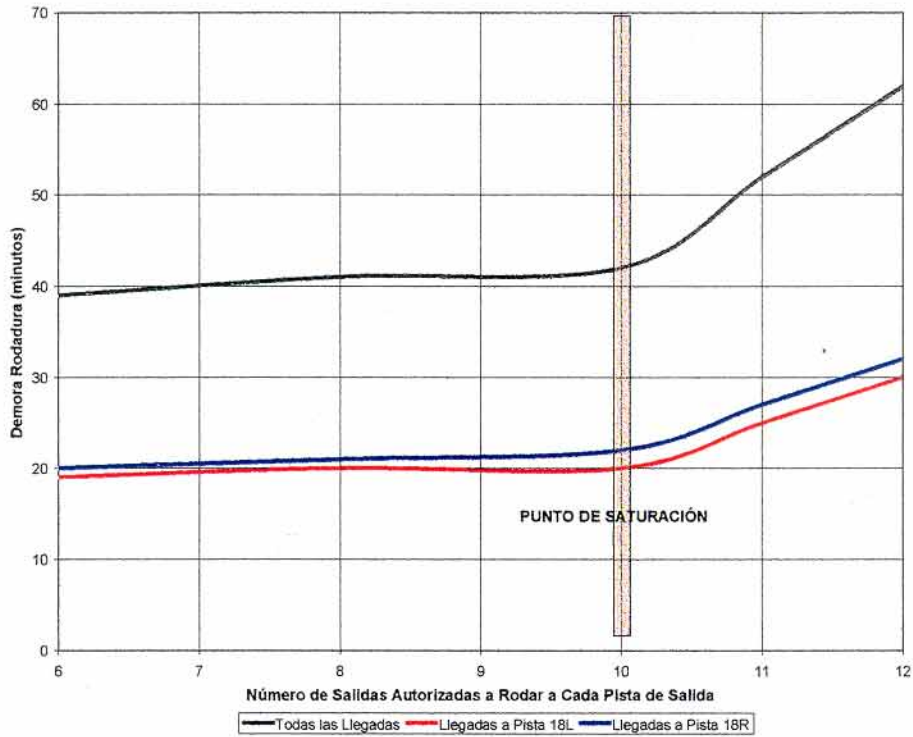


Figura 12.- Demora en Rodadura de las Llegadas. Conf. Sur.

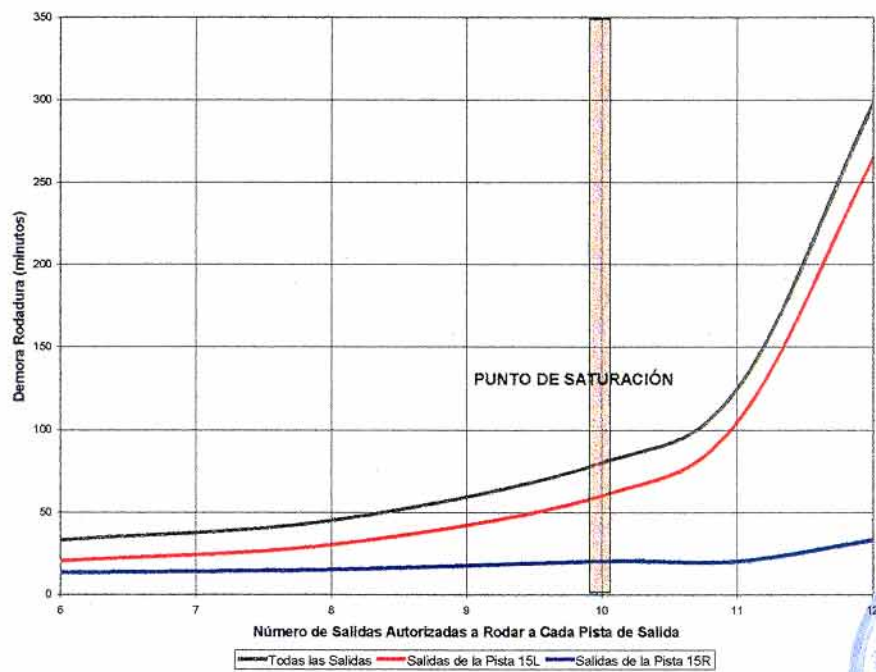


Figura 13.- Demora en Rodadura de las Salidas. Conf. Sur.





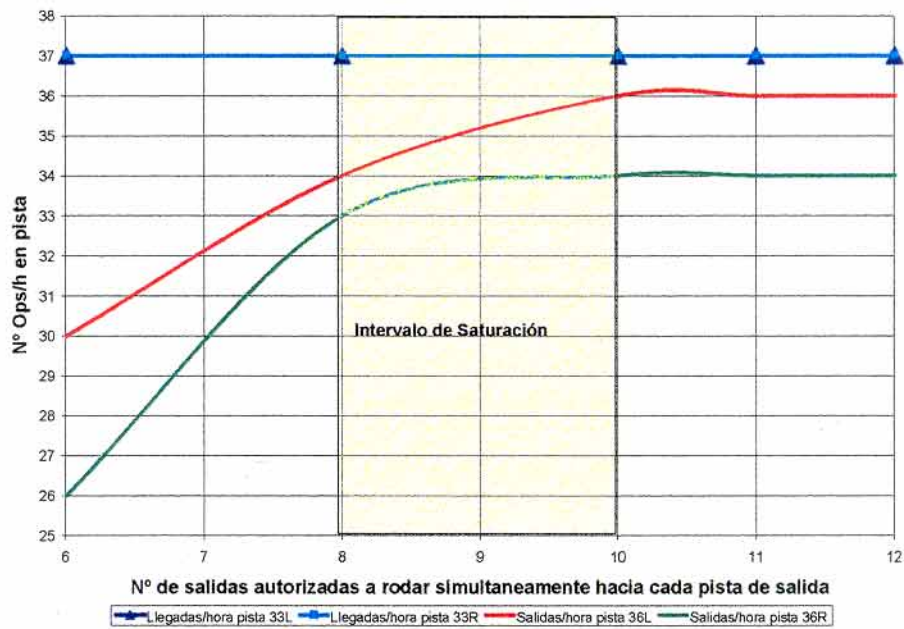


Figura 14.- N° Ops/h Máximas por Pista. Conf. Norte.

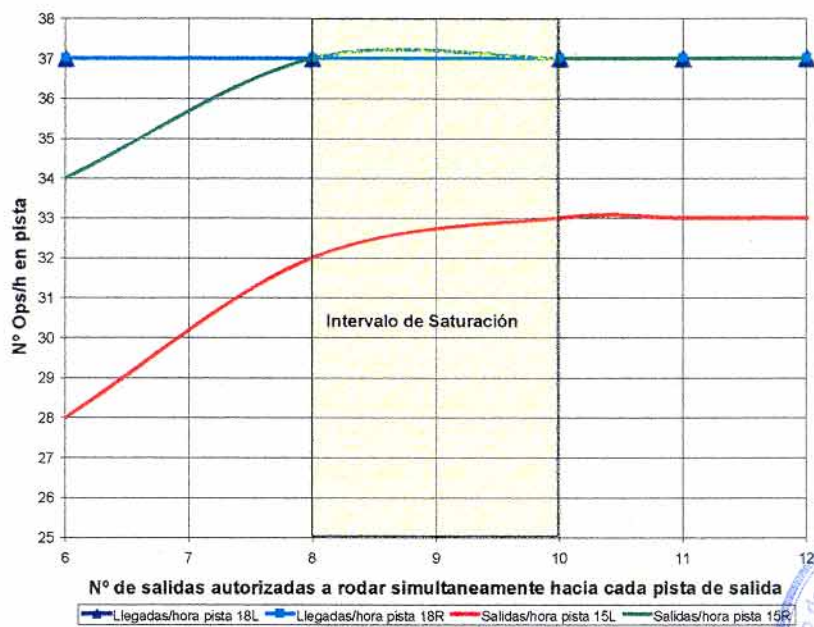


Figura 15. N° Ops/h Máximas por Pista. Conf. Sur.





Del análisis de las tablas de valores y de las gráficas se deduce que:

- Tanto para Configuración Norte como para Sur las operaciones de llegada por ambas pistas no se ven afectadas por la rodadura. Sus valores no varían al autorizar el rodaje de más o menos salidas y además permanecen iguales a los que se obtuvieron en anteriores simulaciones con rodadura más simplificada.
- Las operaciones de salida desde ambas pistas se ven afectadas.
  - En Configuración Norte la pista 36R es la más afectada (el acceso a su cabecera es más difícil e involucra distancias mayores desde los estacionamientos). Si se compara con los valores de anteriores simulaciones, se observa que en el intervalo de saturación:

Pista 36R: pierde entre 1 y 2 salidas/h

Pista 36L: pierde entre 0 y 2 salidas/h

- En Configuración Sur la pista 15L es la más afectada (el acceso a su cabecera es más difícil e involucra distancias mayores desde los estacionamientos). Comparados con los valores de anteriores simulaciones, se observa que en el intervalo de saturación:

Pista 15R: no pierde operaciones en el intervalo de saturación

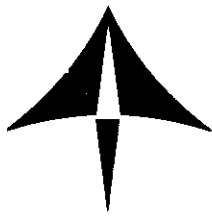
Pista 15L: pierde entre 2 y 3 salidas/h

## 5.2.- Fase 2ª: Estudio de capacidad/demora del conjunto Aeropuerto-TMA

En los siguientes subapartados se presentan y analizan mediante tablas y figuras los siguientes resultados obtenidos:

- Resultados generales correspondientes a la distribución según tipo de operaciones (aterrizajes y despegues).
- Parámetros principales.
- Parámetros secundarios.
- Resultados referidos a Torrejón.





### *5.2.1.-Parámetros principales*

#### 5.2.1.1.-Resultados de los parámetros principales

##### **A) Distribución de operaciones para los diferentes niveles de tráfico**

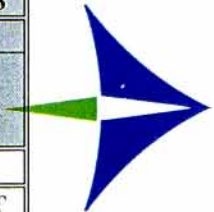
Para los diferentes niveles nominales de tráfico con los que se realizaron las simulaciones, se obtuvieron las correspondientes distribuciones según operaciones en cada pista, número de despegues y aterrizajes y reparto en función del tipo de aeronave. En la tabla 11 se presentan todos estos resultados de carácter general referentes a ambas configuraciones.



CONFIGURACIÓN NORTE																			
CARGA DE TRÁFICO NOMINAL	CARGA DE TRÁFICO RESULTANTE	LLEGADAS								SALIDAS									
		33L				33R				36L				36R					
		L	M	P	TOT	L	M	P	TOT	TOT	L	M	P	TOT	L	M	P	TOT	TOT
800 ops./día	800 ops./día	10	138	18	166	25	178	30	233	399	18	146	41	205	27	160	9	196	401
1100 ops./día	1088 ops./día	13	188	24	225	32	242	40	314	539	26	198	56	280	36	221	11	269	549
1775 ops./día	1770 ops./día	22	308	38	368	57	394	65	519	887	40	326	89	455	60	349	19	428	883
1850 ops./día	1847 ops./día	23	320	40	383	59	414	68	541	924	41	339	95	475	62	368	19	449	924
1900 ops./día	1913 ops./día	24	329	42	395	61	432	70	563	958	43	350	99	492	65	378	20	463	955
2050 ops./día	2037 ops./día	26	352	44	422	64	458	75	597	1019	47	375	105	527	68	402	21	491	1018

CONFIGURACIÓN SUR																			
CARGA DE TRÁFICO NOMINAL	CARGA DE TRÁFICO RESULTANTE	LLEGADAS								SALIDAS									
		18L				18R				15L				15R					
		L	M	H	TOT	L	M	H	TOT	TOT	L	M	H	TOT	L	M	H	TOT	TOT
800 ops./día	800 ops./día	24	204	33	261	14	109	15	138	399	22	155	14	191	23	151	36	210	401
1100 ops./día	1086 ops./día	33	280	43	356	21	147	21	189	545	30	211	20	261	30	204	46	280	541
1775 ops./día	1773 ops./día	53	459	71	583	30	244	32	306	889	50	341	31	422	52	333	77	462	884
1850 ops./día	1846 ops./día	55	479	72	606	33	254	34	321	927	51	356	31	438	53	348	80	481	919
1900 ops./día	1909 ops./día	58	497	74	629	34	262	34	330	959	53	367	32	452	55	360	83	498	950
2050 ops./día	2034 ops./día	62	530	78	670	36	279	37	352	1022	56	391	33	480	58	384	89	531	1011



**Tabla 11.- Distribución de Operaciones/día obtenidas para las Cargas de Tráfico  
(L, M, P, aeronaves Ligeras, Medias y Pesadas respectivamente)**







## B) Resultados de los parámetros principales

- Demoras en área de maniobras de las salidas y proporción demoradas

En la tabla 12 se recogen los valores correspondientes a los diversos niveles de tráfico nominales empleados.

Configuración Norte			
CARGA TRÁFICO NOMINAL	SALIDAS		
	DEMORA MEDIA (minutos) Límite: 4-4.5 min	Nº SALIDAS DEMORADAS Límite: 60%-70%	DEMORA MEDIA DEMORADOS
	(rodadura+cola despegue+estacionamiento)	Nº OPS. / (% sobre el total)	(minutos)
800 Ops./día	0.31	49 (12.2%)	3.25
1100 Ops./día	1.59	242 (44.1%)	3.61
1775 Ops./día	3.28	490 (55.49%)	5.91
<b>1850 Ops./día</b>	<b>4.03</b>	<b>544 (58.87%)</b>	6.84
1900 Ops./día	4.74	575 (60.21%)	7.87
2050 Ops./día	6.62	657 (64.54%)	10.25
Configuración Sur			
CARGA TRÁFICO NOMINAL	SALIDAS		
	DEMORA MEDIA (minutos) Límite: 4-4.5 min	Nº SALIDAS DEMORADAS Límite: 60%-70%	DEMORA MEDIA DEMORADOS
	(rodadura+cola despegue+estacionamiento)	Nº OPS. / (% sobre el total)	(minutos)
800 Ops./día	0.50	68 (16.95%)	2.97
1100 Ops./día	0.98	171 (31.60%)	3.09
1775 Ops./día	3.29	<b>589 (66.63%)</b>	4.93
<b>1850 Ops./día</b>	<b>3.87</b>	643 (69.97%)	5.54
1900 Ops./día	4.55	704 (74.11%)	6.14
2050 Ops./día	6.26	795 (78.64%)	7.96

Tabla 12.- Valores de Demora en Área de Maniobras de las Salidas.

Se puede comprobar que los límites de admisibilidad fijados para estos parámetros principales se alcanzan de la siguiente forma:

- El límite de admisibilidad de la demora media se alcanza con un nivel de 1850 ops/día en ambas Configuraciones, Norte y Sur.
- El límite de proporción de salidas demoradas más de 1 minuto, se alcanza en Configuración Sur para 1775 ops/día, mientras en Configuración Norte se alcanza para 1850 ops/día.







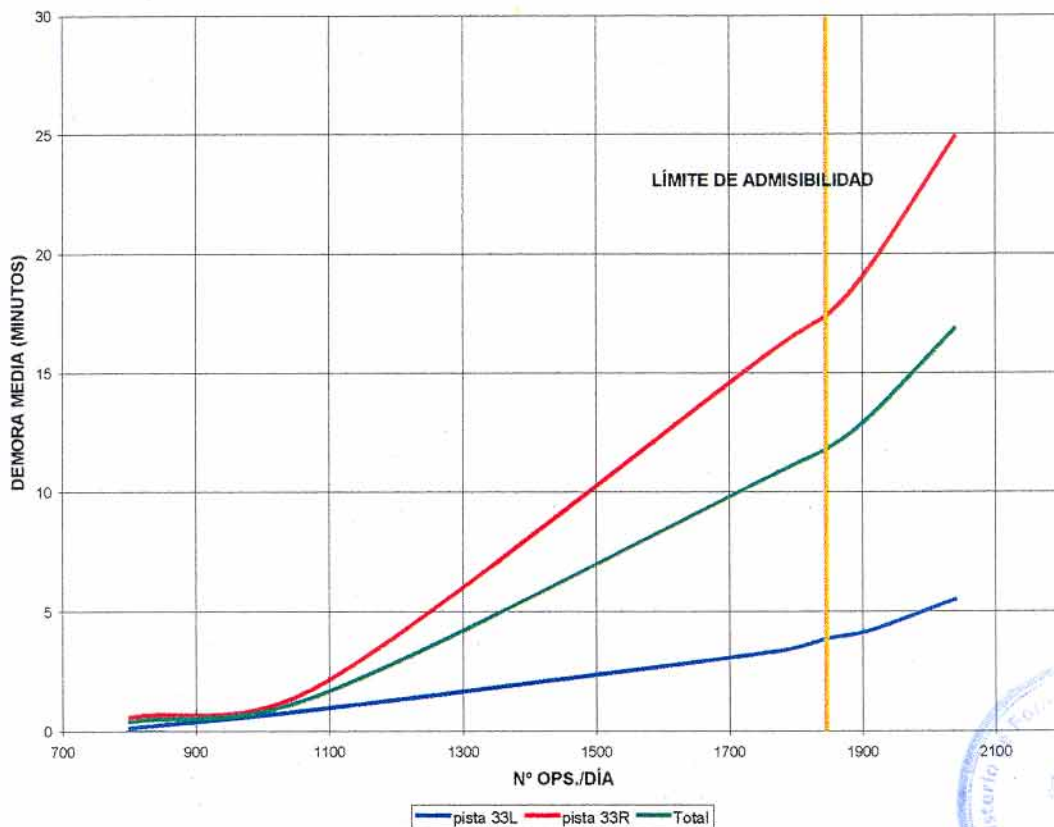
- Demora media en espacio aéreo de las llegadas:

La tabla 13 recoge los correspondientes valores de este parámetro principal.

Configuración Norte						
DEMORA MEDIA EN AIRE PARA LAS LLEGADAS(minutos)						
Nº Vuelos	800	1100	1775	1850	1900	2050
33L	0.10	0.91	3.30	3.85	4.20	5.46
33R	0.56	1.96	15.99	17.43	19.55	24.85
TOTAL	0.37	1.52	10.73	11.80	13.21	16.81
Configuración Sur						
DEMORA MEDIA EN AIRE PARA LAS LLEGADAS(minutos)						
Nº Vuelos	800	1100	1775	1850	1900	2050
18L	0.70	2.02	18.71	23.07	28.48	41.25
18R	0.22	0.56	1.83	2.01	2.20	2.73
TOTAL	0.53	1.51	12.89	15.79	19.43	27.96

**Tabla 13.- Demora Media de las Llegadas en Espacio Aéreo.**

En la figura 16 se representa de manera gráfica esta información para Configuración Norte, siendo el límite de admisibilidad el punto de inflexión en la demora.



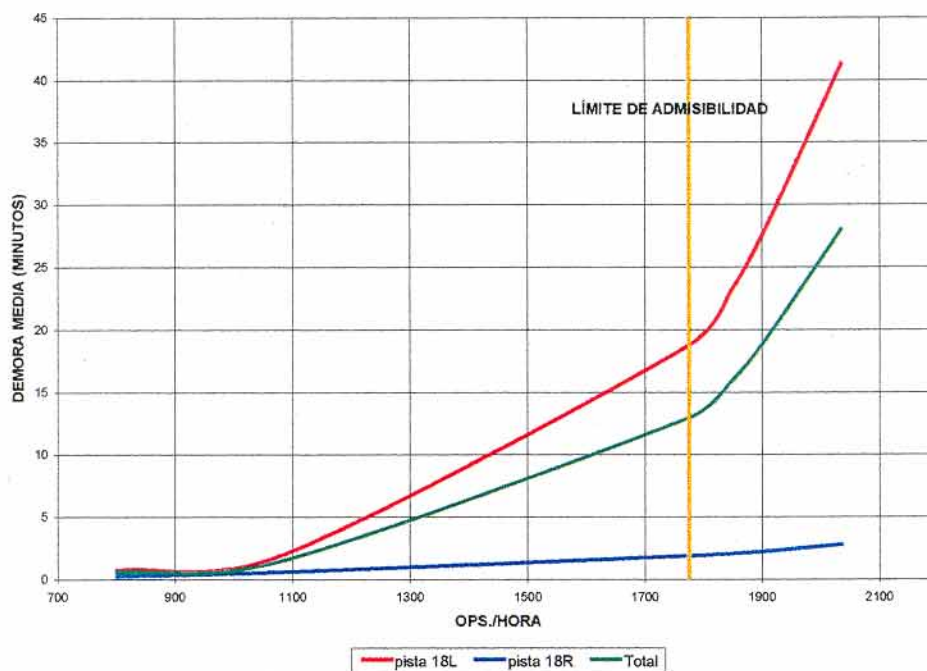
**Figura 16.- Demora Media en Espacio Aéreo de las Llegadas. Conf. Norte.**





El límite de admisibilidad marca las 1850 ops/día, que es el mismo nivel señalado por las demoras medias en área de maniobras de las salidas.

En la figura 17 se representa de manera gráfica esta información para Configuración Sur, siendo el límite de admisibilidad el punto de inflexión en demora.



**Figura 17. Demora Media en Espacio Aéreo de las Llegadas. Conf. Sur.**

El valor de saturación para este parámetro viene marcado por las 1775 ops/día, que coincide con uno de los límites señalados por las demoras de las salidas en el área de maniobras. (% de salidas demoradas más de 1 minuto).

- **Perfiles de demanda/flujo de las llegadas y salidas**

Se representan en las tablas 14 y 15 la relación demanda/flujo en Configuración Norte correspondiente a 1850 ops/día, por ser este el nivel de tráfico indicado por el resto de parámetros principales. Para este nivel de tráfico en Configuración Norte la pista de llegadas 33R experimenta problemas importantes de absorción completa de demanda en varias horas consecutivas, mientras que las otras pistas sólo presentan problemas localizados en horas aisladas. En las Figuras 18, 19, 20 y 21 aparece en forma gráfica la misma información.







DEMANDA/FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE. 1850 OPS/DÍA								
HORA	Demam 33L	Flujo 33L	Demam 33R	Flujo 33R	Demam 36L	Flujo 36L	Demam 36R	Flujo 36R
0.00.00	3	3	3	3	0	0	3	1
1.00.00	0	0	5	5	5	5	16	18
2.00.00	0	0	0	0	2	2	0	0
3.00.00	3	3	7	7	0	0	5	5
4.00.00	7	7	9	8	0	0	5	4
5.00.00	4	4	4	6	12	12	33	33
6.00.00	29	29	19	15	15	15	38	39
7.00.00	21	20	34	35	17	17	30	29
8.00.00	33	29	35	30	21	21	30	31
9.00.00	21	27	32	36	15	14	34	34
10.00.00	15	12	19	21	35	35	22	20
11.00.00	14	17	25	23	36	35	11	12
12.00.00	17	17	37	28	35	36	30	28
13.00.00	19	19	30	33	33	31	21	23
14.00.00	16	15	22	29	25	28	23	20
15.00.00	24	25	19	18	45	42	21	24
16.00.00	23	21	28	28	33	34	20	20
17.00.00	35	32	35	33	26	28	26	26
18.00.00	20	24	40	32	42	42	19	19
19.00.00	20	18	41	36	30	30	20	21
20.00.00	29	30	55	34	27	26	21	21
21.00.00	18	19	29	35	2	3	8	8
22.00.00	10	10	13	35	10	10	11	11
23.00.00	2	2	0	11	8	8	2	2
TOTAL	383	383	541	541	474	474	449	449

**Tabla 14.- Relación Demanda/Flujo en Configuración Norte para un nivel de Tráfico de 1850 Ops/día**





El número de ops/hora realmente absorbidas (flujo) se representa en la tabla 15 agrupando las operaciones también según el total de salidas, llegadas y global de operaciones.

FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE							
HORA	LLEGADAS		SALIDAS		TOTAL LLEGAD.	TOTAL SALIDAS	TOTAL MOVIMIENT.
	FLUJO 33L	FLUJO 33R	FLUJO 36L	FLUJO 36R			
0.00.00	3	3	0	1	6	1	7
1.00.00	0	5	5	18	5	23	28
2.00.00	0	0	2	0	0	2	2
3.00.00	3	7	0	5	10	5	15
4.00.00	7	8	0	4	15	4	19
5.00.00	4	6	12	33	10	45	55
6.00.00	29	15	15	39	44	54	98
7.00.00	20	35	17	29	55	46	101
8.00.00	29	30	21	31	59	52	111
9.00.00	27	36	14	34	63	48	111
10.00.00	12	21	35	20	33	55	88
11.00.00	17	23	35	12	40	47	87
12.00.00	17	28	36	28	45	64	109
13.00.00	19	33	31	23	52	54	106
14.00.00	15	29	28	20	44	48	92
15.00.00	25	18	42	24	43	66	109
16.00.00	21	28	34	20	49	54	103
17.00.00	32	33	28	26	65	54	119
18.00.00	24	32	42	19	56	61	117
19.00.00	18	36	30	21	54	51	105
20.00.00	30	34	26	21	64	47	111
21.00.00	19	35	3	8	54	11	65
22.00.00	10	35	10	11	45	21	66
23.00.00	2	11	8	2	13	10	23
TOTAL	383	541	474	449	924	923	1847

**Tabla 15.- Valores de Flujo resultante en Configuración Norte para el Modelo de Saturación (1850 operaciones/día)**

El máximo de ops/hora se consigue con 119 movimientos a las 17:00 h, si bien a esa hora sólo ambas pistas de llegada están al límite de su capacidad.

El máximo de operaciones de llegada es de 65 aterrizajes/hora a las 17:00h, mientras que para las salidas, el valor punta es de 66 despegues/hora a las 15:00 h.



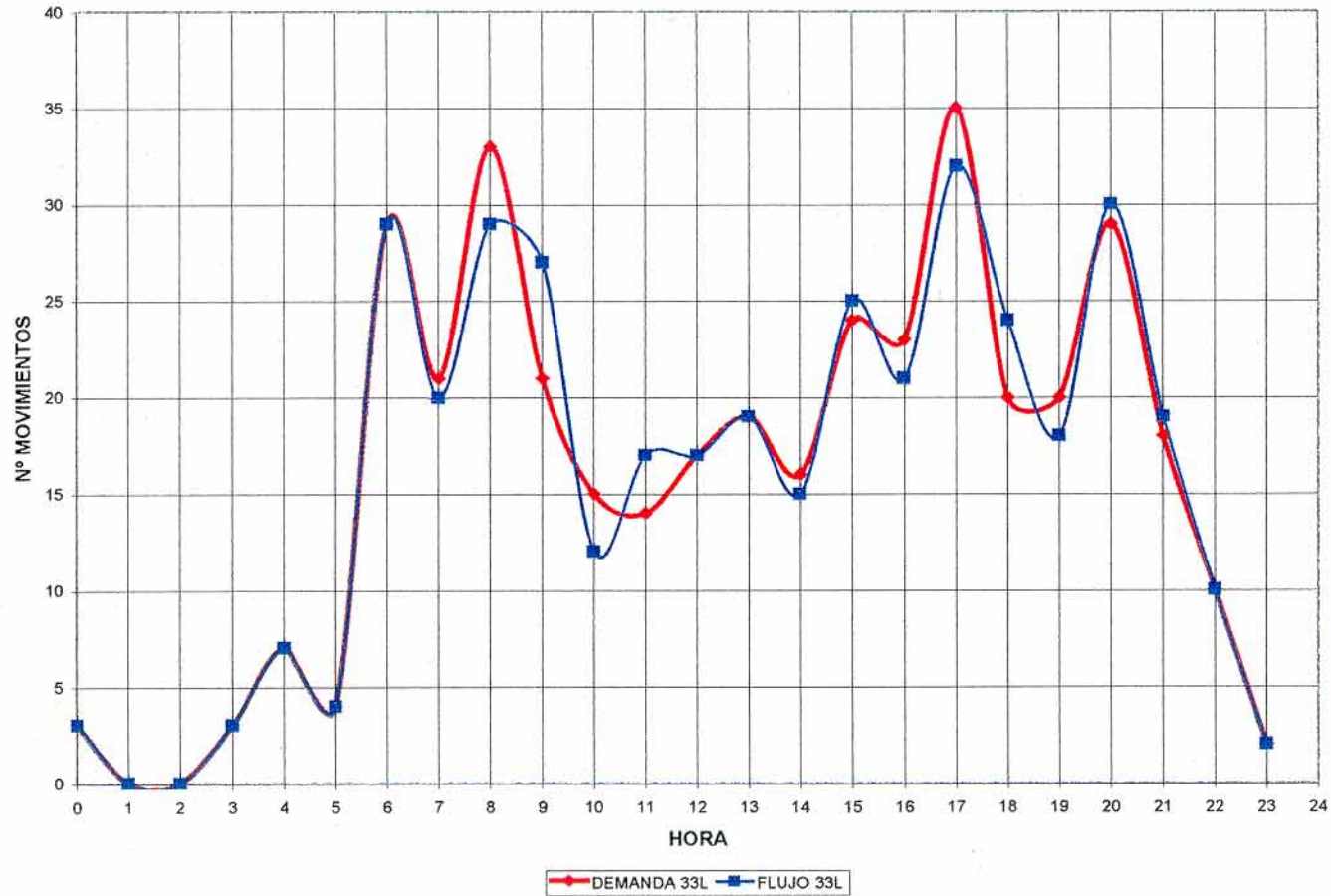
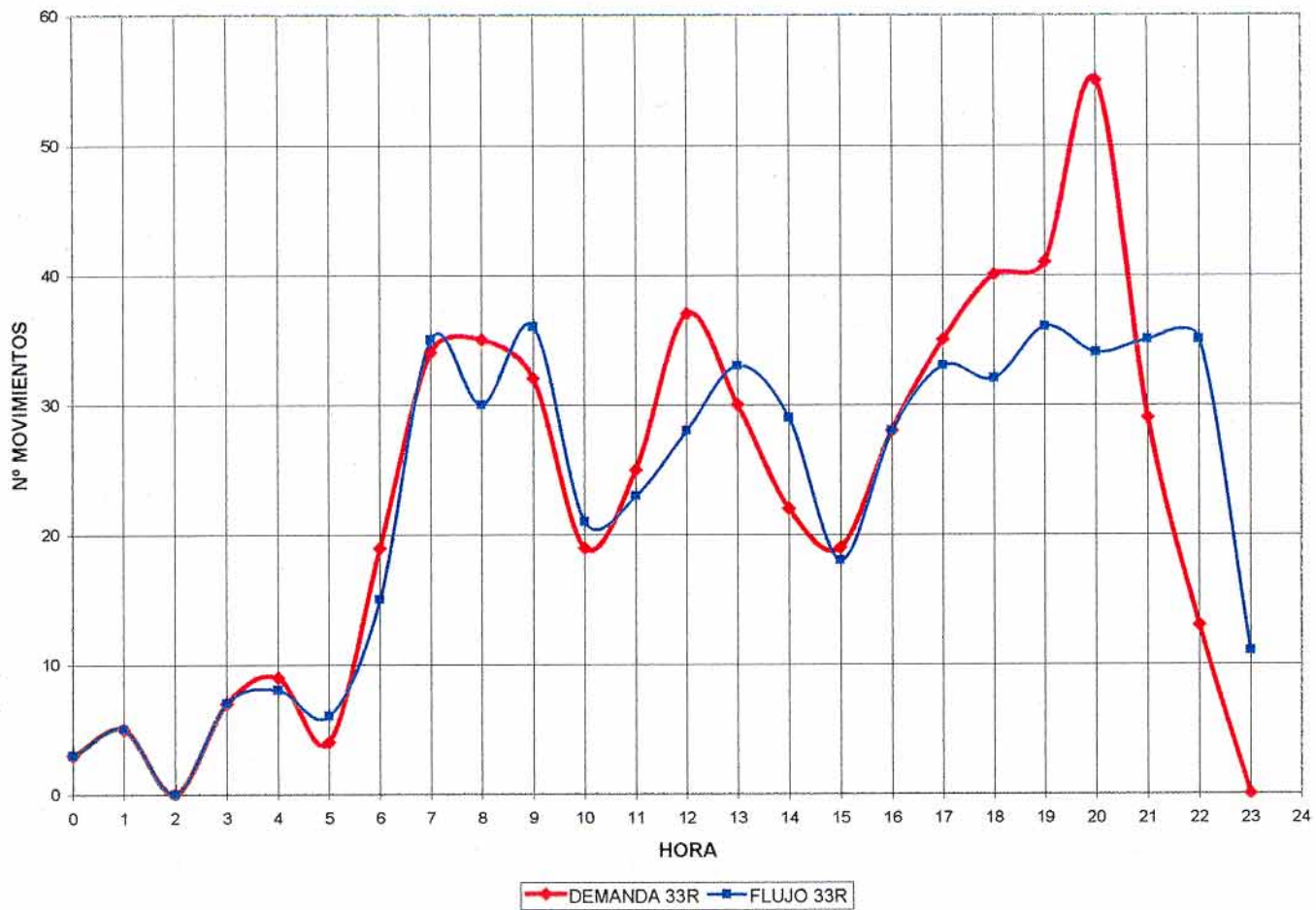


Figura 18.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Llegadas a la Pista 33L. Configuración Norte. 1850 ops/día







**Figura 19.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Llegadas a la Pista 33R. Configuración Norte. 1850 ops/día**



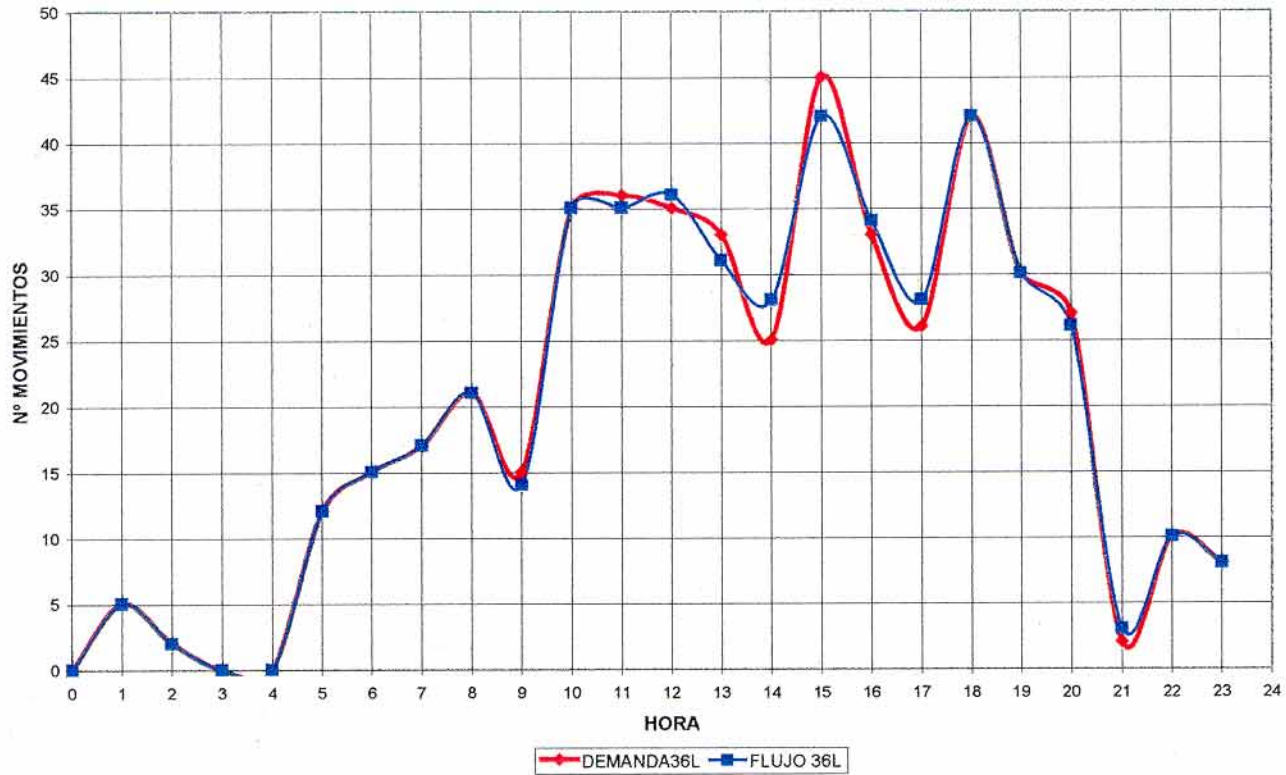
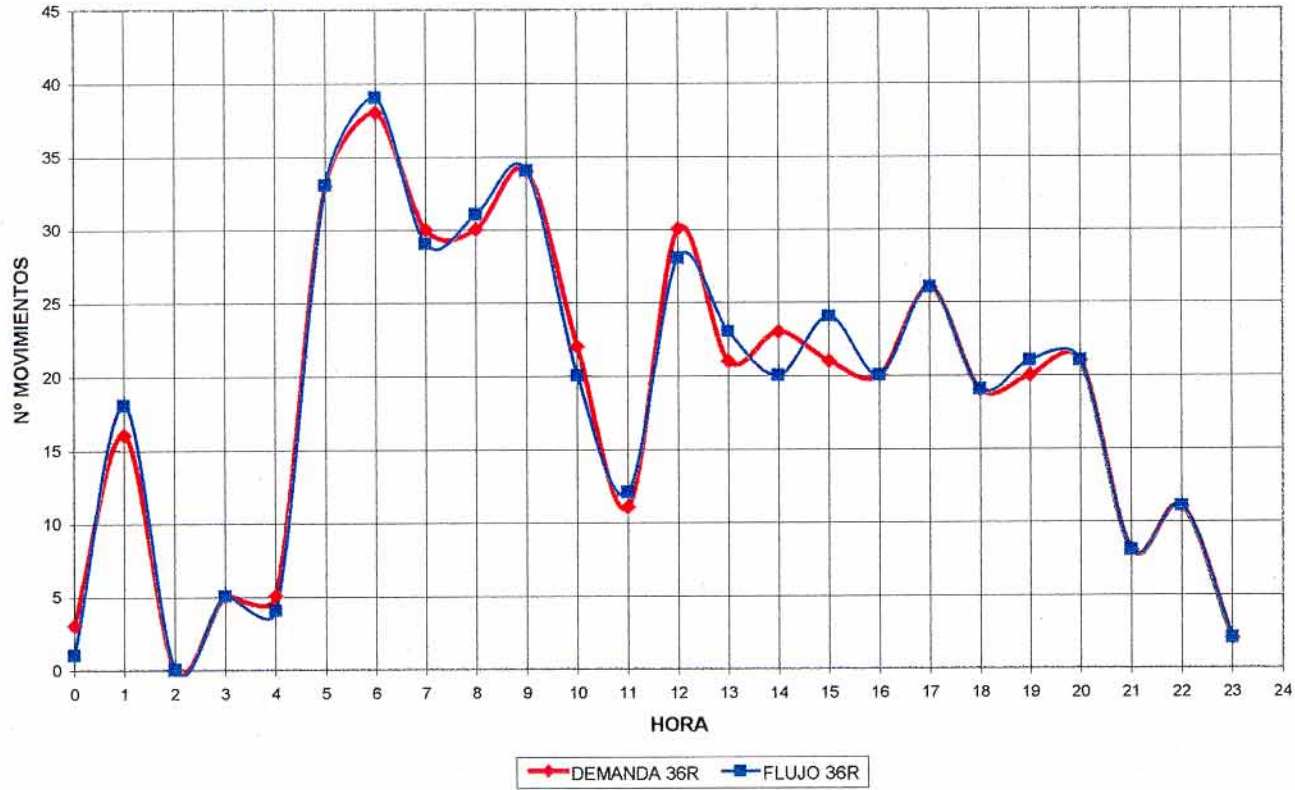


Figura 20.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Salidas de la Pista 36L. Configuración Norte. 1850 ops/día





**Figura 21.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Salidas de la Pista 36R. Configuración Norte. 1850 ops/día**







Se representan en las tabla 16 y 17 la relación demanda/flujo en Configuración Sur correspondiente a 1775 ops/día, por ser éste el nivel de tráfico indicado por los parámetros principales ya analizados. Para este nivel de tráfico la pista de llegadas 18L experimenta problemas importantes de absorción completa de la demora en varias horas consecutivas. En las figuras 22, 23, 24 y 25 se representa de manera gráfica los perfiles de Demanda/Flujo para cada pista.

DEMANDA/FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN SUR								
HORA	Deman 18L	Flujo 18L	Deman 18R	Flujo 18R	Deman 15L	Flujo 15L	Deman 15R	Flujo 15R
0.00.00	3	3	5	5	0	0	2	2
1.00.00	0	0	3	3	17	17	4	5
2.00.00	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00.00	5	5	5	5	2	2	3	3
4.00.00	2	2	10	10	3	2	5	5
5.00.00	10	11	2	2	15	15	30	28
6.00.00	22	21	23	22	26	26	19	20
7.00.00	31	32	21	23	16	16	25	23
8.00.00	34	30	28	25	28	29	28	30
9.00.00	33	34	20	22	17	17	26	22
10.00.00	13	15	17	19	30	26	29	29
11.00.00	20	20	21	20	20	25	31	32
12.00.00	26	24	17	17	18	17	28	32
13.00.00	33	32	21	21	27	25	30	25
14.00.00	23	26	14	14	25	25	27	32
15.00.00	26	25	17	17	32	32	35	35
16.00.00	30	30	17	15	14	17	20	19
17.00.00	36	34	30	30	28	28	27	25
18.00.00	37	34	24	25	24	23	37	37
19.00.00	31	35	25	20	28	28	26	27
20.00.00	41	34	39	36	13	13	13	13
21.00.00	30	33	17	25	15	15	6	7
22.00.00	17	23	7	7	21	21	8	8
23.00.00	3	3	0	0	4	4	2	2
TOTAL	383	383	541	541	474	474	449	449

**Tabla 16.- Relación Demanda/Flujo en Conf. Sur para un Nivel de Tráfico de 1775 Movimientos/Día**

El número de ops/hora realmente absorbidas (flujo) aparece en la tabla 17, agrupando las operaciones según llegadas, salidas por cada pista y global de operaciones.





FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN SUR							
HORA	LLEGADAS		SALIDAS		TOTAL LLEGAD	TOTAL SALIDAS	TOTAL MOVIMIEN.
	FLUJO 18L	FLUJO 18R	FLUJO 15L	FLUJO 15R			
0.00.00	3	5	0	2	8	2	10
1.00.00	0	3	17	5	3	22	25
2.00.00	0	0	0	0	0	0	0
3.00.00	5	5	2	3	10	5	15
4.00.00	2	10	2	5	12	7	19
5.00.00	11	2	15	28	13	43	56
6.00.00	21	22	26	20	43	46	89
7.00.00	32	23	16	23	55	39	94
8.00.00	30	25	29	30	55	59	114
9.00.00	34	22	17	22	56	39	95
10.00.00	15	19	26	29	34	55	89
11.00.00	20	20	25	32	40	57	97
12.00.00	24	17	17	32	41	49	90
13.00.00	32	21	25	25	53	50	103
14.00.00	26	14	25	32	40	57	97
15.00.00	25	17	32	35	42	67	109
16.00.00	30	15	17	19	45	36	81
17.00.00	34	30	28	25	64	53	117
18.00.00	34	25	23	37	59	60	119
19.00.00	35	20	28	27	55	55	110
20.00.00	34	36	13	13	70	26	96
21.00.00	33	25	15	7	58	22	80
22.00.00	23	7	21	8	30	29	59
23.00.00	3	0	4	2	3	6	9
TOTAL	506	383	423	461	889	884	1773

**Tabla 17.- Valores de Flujo Resultante en Configuración Sur para el Modelo de Saturación (1775 Operaciones/Día)**

El máximo de ops/hora se consigue con 119 movimientos a las 18:00 h, aunque las pistas 18R y 15L no se encuentran al límite de su capacidad.

El máximo de operaciones de llegada es de 70 aterrizajes/hora a las 20:00h, mientras que para las salidas, el valor punta es de 67 despegues/hora a las 15:00 h.





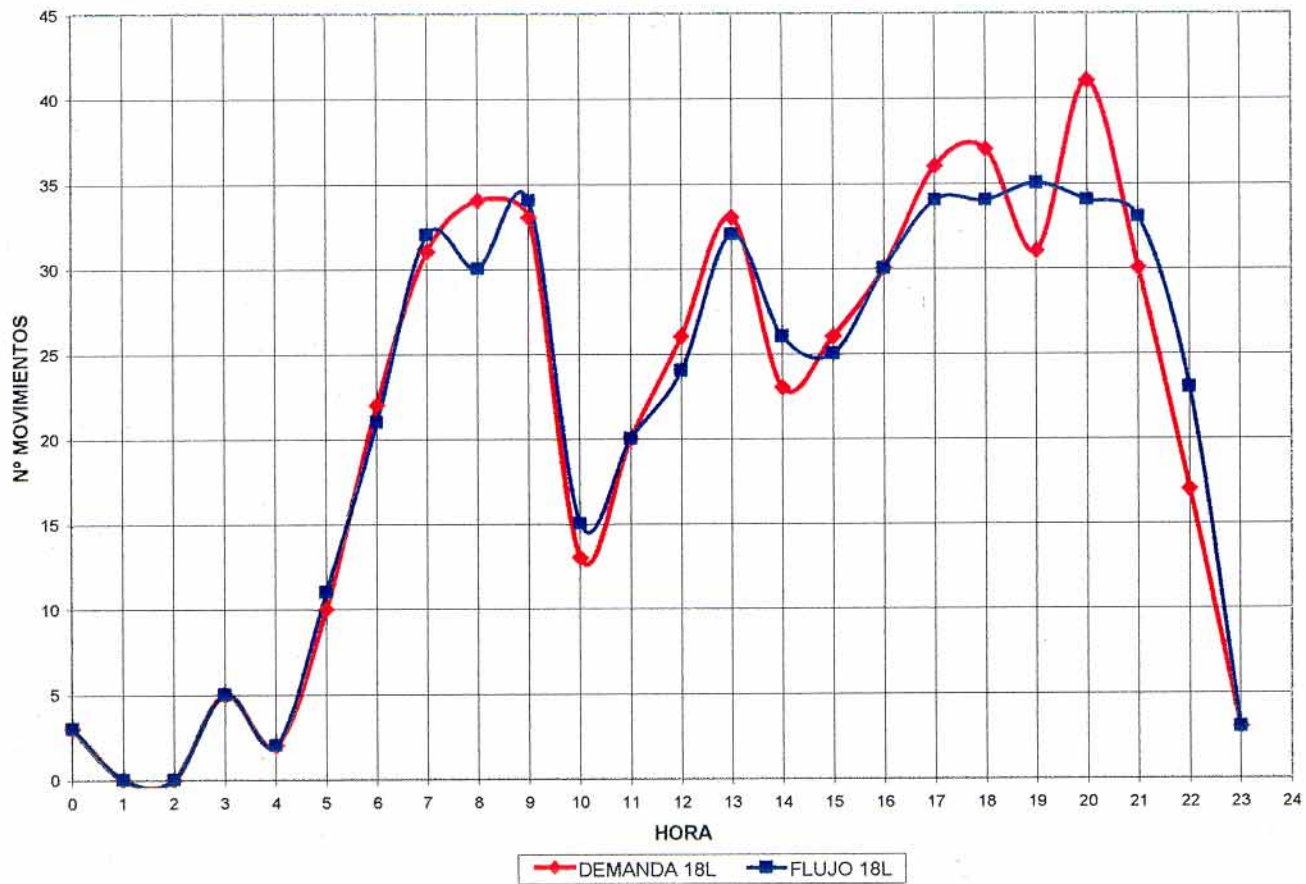


Figura 22.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Llegadas a la Pista 18L. Configuración Sur. 1775 Movimientos/Día.



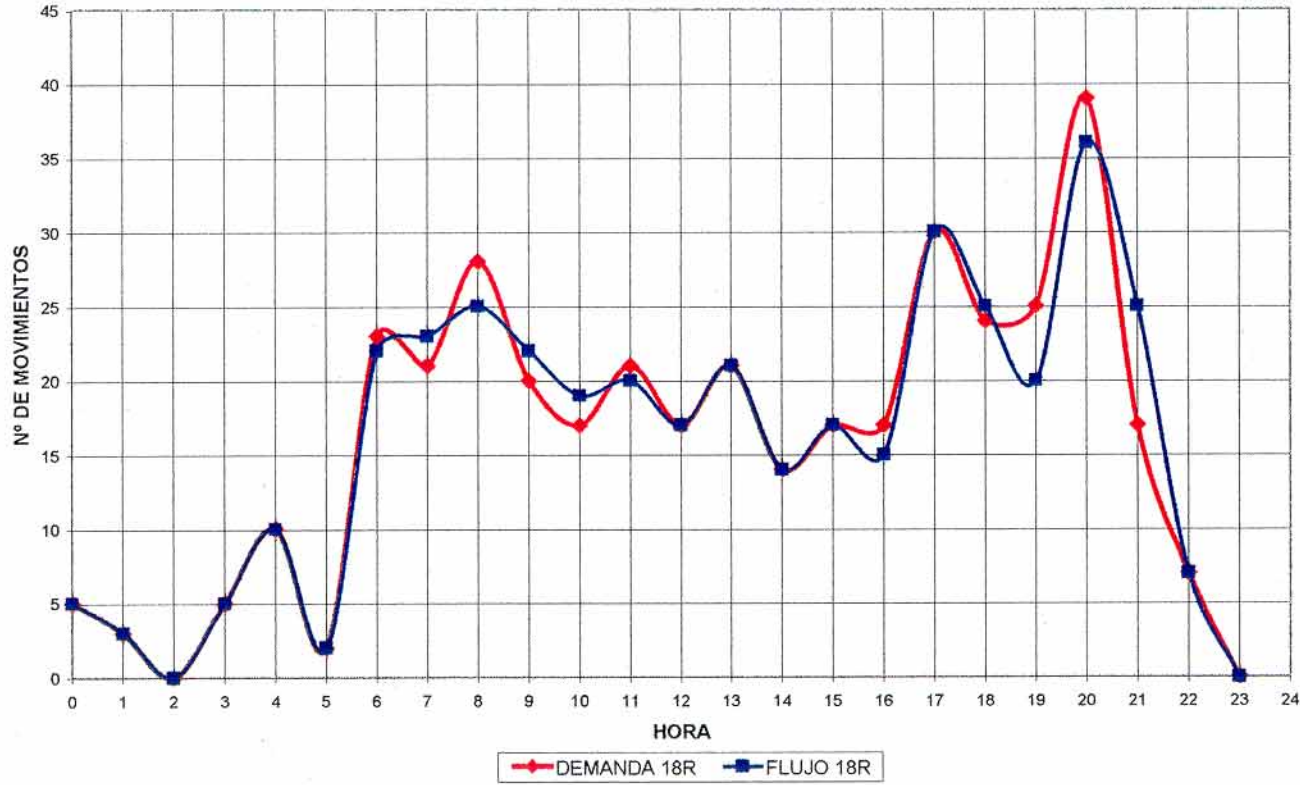
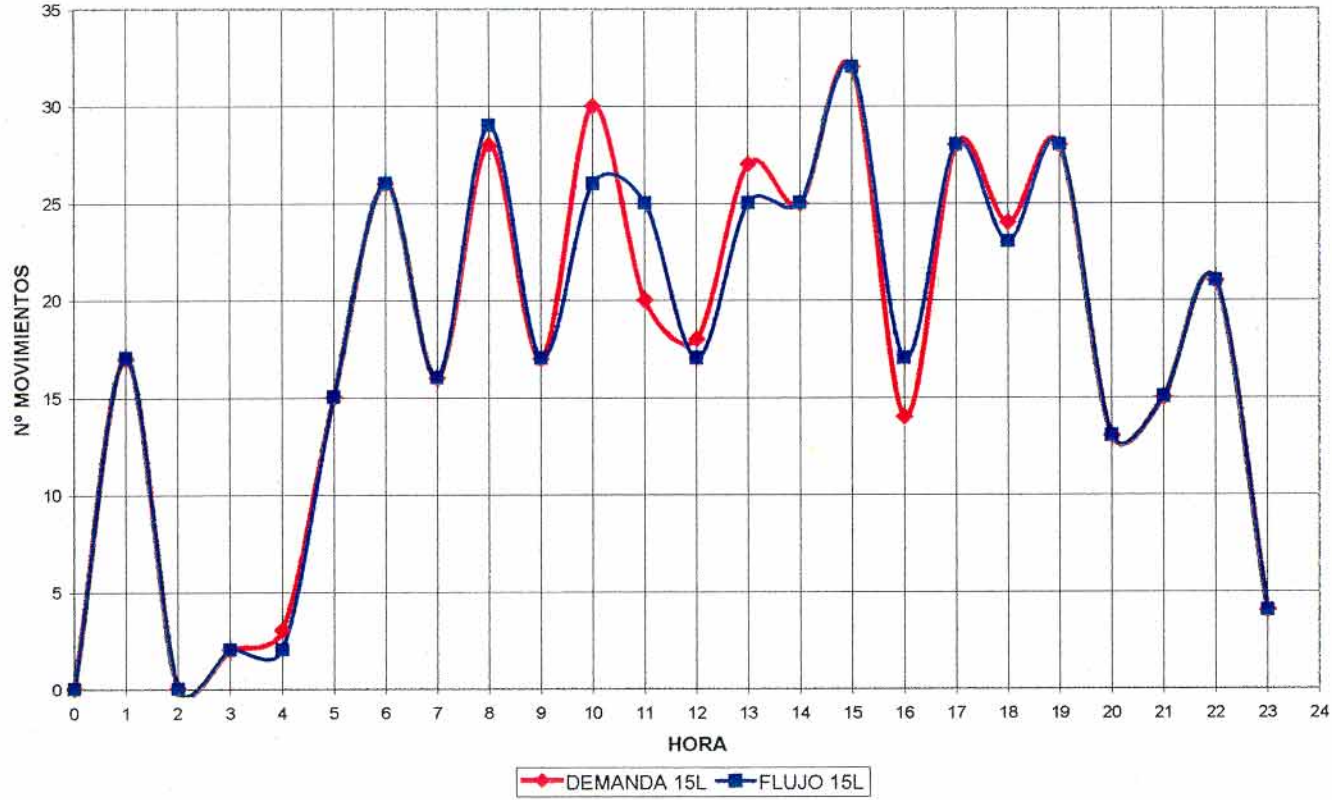


Figura 23.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Llegadas a la Pista 18R. Configuración Sur. 1775 Movimientos/Día.





**Figura 24.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Salidas de la Pista 15L. Configuración Sur. 1775 Movimientos/Día.**



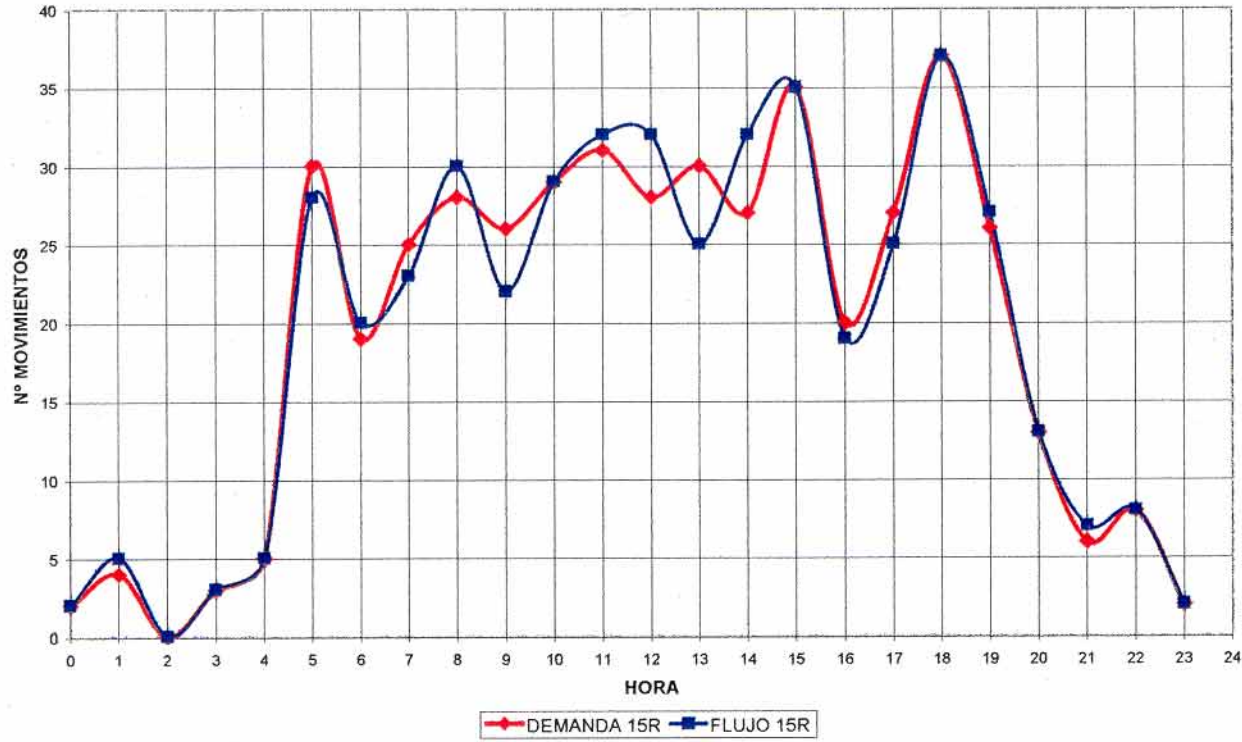


Figura 25.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Salidas de la Pista 15R. Configuración Sur. 1775 Movimientos/Día.





### 5.2.1.2.- Análisis de resultados

#### 5.2.1.2.1.- Configuración Norte

De los resultados correspondientes a los parámetros principales del modelo de Configuración Norte se observa que los límites de admisibilidad marcados se alcanzan para todos ellos con el mismo nivel de tráfico, el correspondiente a 1850 ops/día.

Analizando la manera con la que cada parámetro alcanza su límite se determina que la situación más crítica se produce en las llegadas en espacio aéreo, en particular, para las que aterrizan en la pista 33R. Esta pista está sobrecargada, ya que absorbe más de la mitad de todos los aterrizajes, en concreto el 58.40% de ellos. Ese desequilibrio conduce a que para el nivel de tráfico de saturación (1850 ops/día) se alcancen demoras medias, para las llegadas a la 33R, del orden de 4 veces superiores a las demoras habidas para las llegadas a la 33L (17.43 minutos de media frente a 3.85 minutos).

Contemplando las gráficas de demanda/flujo para ambas pistas 33L y 33R, se observa que la pista 33R se satura completamente en la franja horaria comprendida entre las 17:00 h y 21:00 h GMT. En esa misma franja, la pista paralela 33L está ligeramente saturada solamente en 2 horas aisladas.

Como resultado final para la Configuración Norte se obtiene para un perfil correspondiente al del día tipo:

**Nivel de Saturación Configuración Norte: 1850 ops/día**

**Capacidad hora punta: 119 ops.**

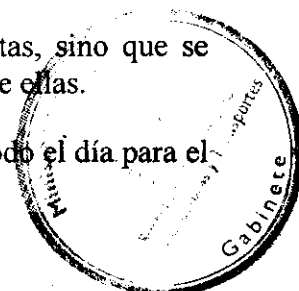
El máximo nº de ops/hora alcanzado en cada pista, si bien no de forma simultanea, es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	33L	33R	36L	36R
Ops/h	32	36	42	39
Máx.	(17:00)	(19:00)	(15:00)	(06:00)

**Tabla 18.- Máximo Número de Ops/h por Pista. Configuración Norte. 1850 Ops/día.**

Con respecto a los valores de ops/h máximos por pista conviene hacer varias puntualizaciones:

1. Esas ops/h máximas no se dan a la misma hora en las 4 pistas, sino que se distribuyen de forma diferente a lo largo del día para cada una de ellas.
2. La pista 33L está por debajo de su capacidad máxima durante todo el día para el nivel de 1850 ops/día.







3. La pista de despegue 36L admite puntas de tráfico de 42 ops/h (más que las obtenidas en las simulaciones de Capacidad Teórica Máxima). Ello se debe a la rápida divergencia que presentan algunas de sus rutas.

#### 5.2.1.2.2.- Configuración Sur

De los cuatro parámetros principales analizados uno de ellos (demora media de las salidas en área de maniobras) señala el nivel de 1850 ops/día como el de saturación, mientras que los otros tres (proporción de salidas demoradas, demoras en espacio aéreo de las llegadas y relación demanda/flujo) indican el nivel de 1775 ops/día como el de saturación. Por ello, este último valor de 1775 ops/día es el que se considera como nivel de saturación para la Configuración Sur.

Si se analiza el comportamiento de cada parámetro se observa que en el caso de la Configuración Sur, la saturación en espacio aéreo precede a la del área de maniobras. En Configuración Norte la saturación de ambos elementos se alcanzaba de manera simultánea. Además, se observa que las demoras medias de las llegadas en espacio aéreo son mucho mayores en Conf. Sur, como queda de manifiesto en la tabla 19:

Demora Media en Aire de las Llegadas	1775 Ops/Día	1850 Ops/Día
Conf. Norte	10.73 min.	11.80 min
Conf. Sur	12.89 min.	15.79 min.

**Tabla 19.- Comparativa entre las Demoras en Lado Aire de ambas Configuraciones.**

Son dos los factores determinantes del peor comportamiento de la Configuración Sur en lo referente a la organización de los flujos de llegada en espacio aéreo:

1. El desequilibrio entre la demanda a las dos pistas de llegada es muy elevado (18L absorbe el 65.40% de las llegadas, el 34.60% restante se dirige a la 18R), muy superior al existente en Conf. Norte.
2. Debido a las particularidades de las aproximaciones en Conf. Sur (zonas delta, obstáculos orográficos, aproximaciones RNAV), se imponen separaciones mayores en los IAF's, 5 MN como mínimo, frente a las 3.5 MN de mínima en Conf. Norte.

Se tiene por tanto un peor aprovechamiento de las capacidades del sistema Aeropuerto-TMA debido al fuerte desequilibrio entre las operaciones de llegada.

Como resultado final obtenido para la Configuración Sur, se obtiene para un perfil de tráfico correspondiente al del día tipo elegido.





**Nivel de Saturación Configuración Sur: 1775 ops/día**

**Capacidad hora punta: 119 ops.**

El máximo de ops/h alcanzado en cada pista a lo largo del día (1775 mov/día) es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	18L	18R	15L	15R
Ops/h	35	36	32	37
Máx.	(19:00)	(20:00)	(15:00)	(18:00)

**Tabla 20.- Máximo Número de Ops/h por Pista. Configuración Sur. 1775 Ops/día.**

Con respecto a estos valores máximos de ops/h por cada pista, conviene hacer varias puntualizaciones:

1. Ese máximo de ops/h en cada pista no se producen a la misma hora, sino que se distribuyen a lo largo del día de acuerdo al perfil del día tipo.
2. La pista de llegadas 18R está por debajo de su nivel de saturación durante prácticamente todo el día.
3. Al igual que ocurre en Conf. Norte, estos valores máximos por pista no son aditivos en el caso de pretender obtener el máximo posible de ops/h para todo el aeropuerto, ya que existe influencia de las aproximaciones a la 18L por su maniobra de frustrada (33R en Conf. Norte) sobre ambas pistas de despegue.

### **5.2.2.- Parámetros secundarios**

Estos parámetros tienen el objetivo de aportar información adicional acerca del comportamiento del conjunto Aeropuerto-TMA una vez determinado el punto de saturación.

#### **5.2.2.1.- Configuración Norte**

- **Demoras de rodadura en el área de maniobras para llegadas y salidas**

Este tipo de demora proporciona información sobre la interacción en rodadura entre los principales flujos de circulación (salidas hacia las 36L y 36R y llegadas desde las 33L y 33R). En la tabla 21 aparece la correspondiente información:







CARGA TRÁFICO NOMINAL	DEMORA MEDIA EN RODADURA (minutos)					
	LLEGADAS			SALIDAS		
	33L	33R	TOTAL	36L	36R	TOTAL
800 Ops./día	0.02	0.01	0.01	0.01	0.04	0.03
1100 Ops./día	0.03	0.03	0.03	0.05	0.13	0.09
1775 Ops./día	0.07	0.05	0.06	0.08	0.25	0.16
1850 Ops./día	0.07	0.06	0.06	0.08	0.25	0.16
1900 Ops./día	0.07	0.06	0.07	0.11	0.28	0.19
2050 Ops./día	0.10	0.06	0.08	0.11	0.27	0.19

**Tabla 21.- Demoras en Rodadura para las llegadas y las salidas. Configuración Norte.**

Se observan demoras en rodadura más altas en las salidas que se dirigen a la pista 36R que las encaminadas a la 36L. La razón es que las únicas posiciones que tienen un acceso fácil y directo a la cabecera de la pista 36R son las situadas en el futuro satélite previsto entre las pistas 36L y 36R. Este satélite dispone de pocas posiciones de estacionamiento (22) frente a las del resto del aeropuerto (245 incluyendo las del NAT). La mayoría de las salidas deben por tanto recorrer trayectos muy largos para acceder a la cabecera de la pista 36R, existiendo más posibilidades de encontrar conflictos en rodadura que repercuten en un mayor nivel de demoras.

- **Tiempos nominales de recorrido en rodadura**

En la tabla 22 se muestran los tiempos nominales de rodadura (es decir, tiempos de recorridos, descontando las posibles demoras, entre pista de aterrizaje y estacionamiento o entre estacionamiento y pista de despegue).

LLEGADAS			SALIDAS		
PISTA 33L	PISTA 33R	OPERACIONES GLOBALES	PISTA 36L	PISTA 36R	OPERACIONES GLOBALES
6.12 minutos	10.58 minutos	8.73 minutos	8.81 minutos	12.99 minutos	10.84 minutos

**Tabla 22.- Tiempos Nominales de Rodadura de las Operaciones de Llegada y Salida. Configuración Norte.**

Las nuevas pistas (15L-33R y 18L-36R) suponen distancias de rodadura mucho mayores al estar la mayoría de posiciones de estacionamiento (NAT y plataforma actual) muy alejadas de dichas pistas. Las posiciones de estacionamiento más favorables son las del satélite entre pistas, pero el número de estacionamientos previsto es muy pequeño comparado con el global de todo el Aeropuerto.



- **Distribución de conflictos en el área de maniobras del aeropuerto**

En la figura 26 se muestra un croquis simplificado del aeropuerto, con la distribución de zonas conflictivas representadas por medio de un código de colores indicativo de la densidad de conflictos en cada área. El nivel de tráfico representado en el croquis es el correspondiente a 1850 ops/día, para el que se obtiene un total de 344 conflictos al día. Ese valor obedece a una serie de factores (gran extensión del área de maniobras, complejidad de los flujos circulatorios, gran número de cruces, nivel elevado de tráfico) que además propician la aparición de un gran número de zonas con interacción entre distintos flujos de tráfico.

Se observa en la figura que las zonas más problemáticas son las situadas en las calles de acceso al NAT y la zona situada frente al actual terminal internacional.

- **Demoras máximas de las salidas en el área de maniobra**

La evolución de la demora máxima ante crecimientos en el nivel de tráfico se muestra en la tabla 23.

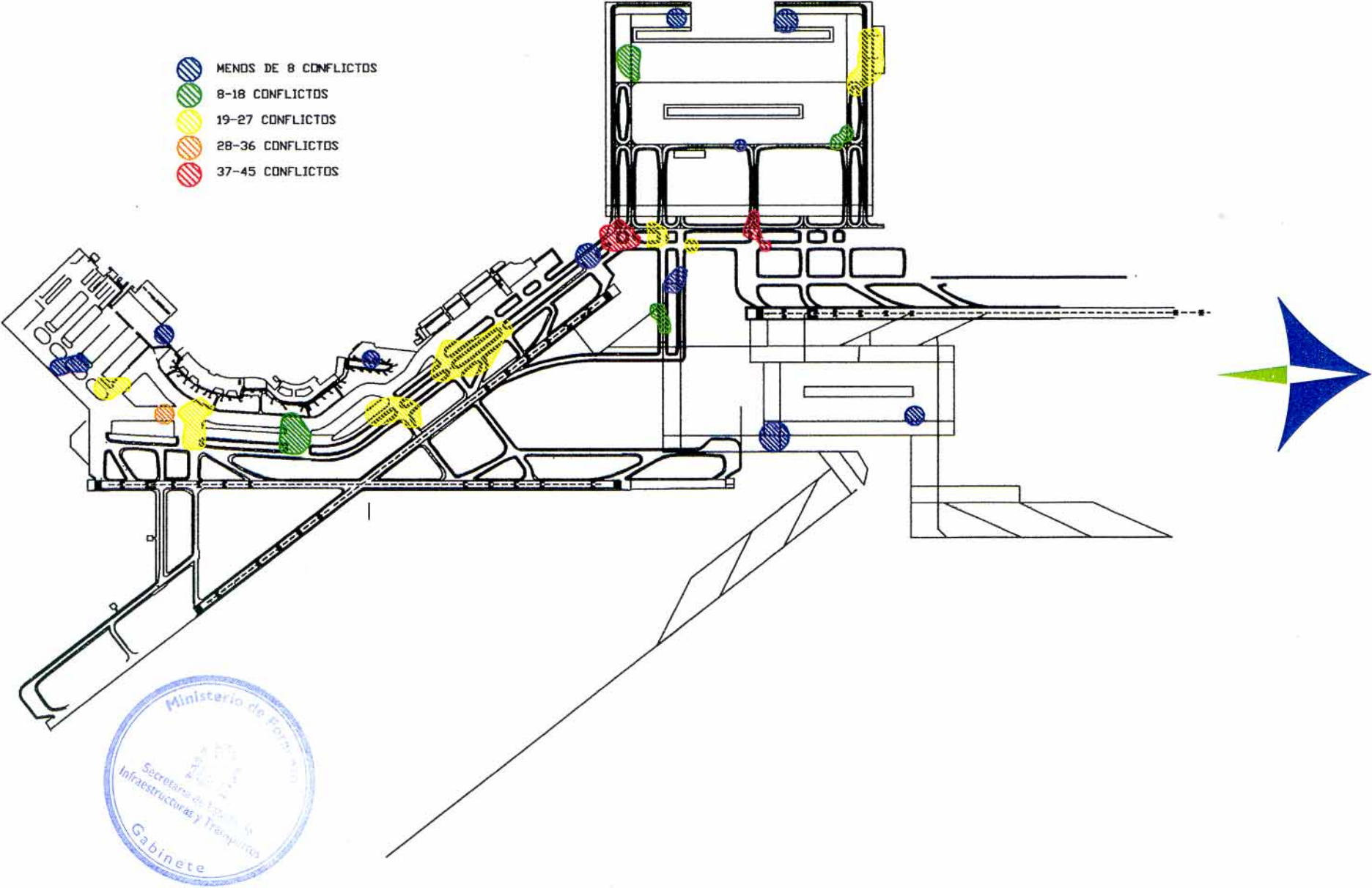
Nivel de Tráfico	800 ops/día	1100 ops/día	1775 ops/día	1850 ops/día	1900 ops/día	2100 ops/día
Demoras Máximas (minutos)	4.45	10.05	13.62	13.62	17.53	36.02

**Tabla 23.- Demoras Máximas de las Salidas en el Área de Maniobras. Configuración Norte.**

Esta demora representa la mayor demora acumulada por un solo despegue en el área de maniobras a lo largo de todo el día. Incluye tanto la demora en estacionamiento y en rodadura como la experimentada en la cola de despegue. Se observa una tendencia creciente a medida que aumenta el tráfico. Aunque llegan a alcanzarse valores altos (más de ½ hora), estas demoras se refieren sólo al despegue que a lo largo del día se ha encontrado la peor situación posible en el área de maniobras.



Figura 26.- DENSIDAD DE CONFLICTOS, CONF. NORTE







### 5.2.2.2.- Configuración Sur

- **Demoras de rodadura en el área de maniobras para llegadas y salidas**

Este tipo de demora proporciona información sobre la interacción en rodadura entre los principales flujos de circulación (salidas hacia las 15L y 15R y llegadas desde las 18L y 18R). En la tabla 24 aparece la correspondiente información.

CARGA TRÁFICO NOMINAL	DEMORA MEDIA EN RODADURA (minutos)					
	LLEGADAS			SALIDAS		
	18L	18R	TOTAL	15L	15R	TOTAL
800 Ops./día	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02
1100 Ops./día	0.03	0.03	0.03	0.06	0.04	0.05
1775 Ops./día	0.04	0.06	0.05	0.15	0.08	0.11
1850 Ops./día	0.05	0.07	0.06	0.13	0.07	0.10
1900 Ops./día	0.06	0.07	0.07	0.16	0.08	0.12
2050 Ops./día	0.08	0.07	0.08	0.21	0.09	0.14

**Tabla 24.- Demoras en Rodadura para las llegadas y las salidas. Configuración Sur.**

De manera análoga a lo sucedido para la Configuración Norte, se observan demoras en rodadura más altas en las salidas que se dirigen a la pista 15L que las encaminadas a la 15R. La razón es que las únicas posiciones que tienen un acceso fácil y directo a la cabecera de la pista 15L son las situadas en el futuro satélite previsto entre las pistas 18R-36L y 18L-36R. Este satélite dispone de pocas posiciones de estacionamiento (22) frente a las del resto del aeropuerto (245 incluyendo las del NAT). La mayoría de las salidas deben por tanto recorrer trayectos muy largos para acceder a dicha cabecera, teniendo más posibilidades de encontrar conflictos con otras aeronaves en rodadura, lo que influye de manera directa en el nivel de demora en rodadura.

- **Tiempos nominales de recorrido en rodadura**

En la tabla 25 se muestran los tiempos nominales de rodadura (es decir, tiempos de recorrido, descontando las posibles demoras, entre pista de aterrizaje y estacionamiento o entre estacionamiento y pista de despegue).

LLEGADAS			SALIDAS		
PISTA 18L	PISTA 18R	OPERACIONES GLOBALES	PISTA 15L	PISTA 15R	OPERACIONES GLOBALES
12.34 minutos	7.66 minutos	10.72 minutos	11.44 minutos	8.09 minutos	9.68 minutos

**Tabla 25.- Tiempos Nominales de Rodadura de las operaciones de llegada y salida. Configuración Sur.**



Las posibles nuevas pistas (15L-33R y 18L-36R) suponen distancias de rodadura mucho mayores al estar la mayoría de posiciones de estacionamiento (NAT y plataforma actual) muy alejadas de dichas pistas. Las posiciones de estacionamiento más favorables son las del satélite entre pistas, pero el número de estacionamientos previsto es muy pequeño comparado con el global de todo el Aeropuerto.

- **Distribución de conflictos en el área de maniobras del aeropuerto**

En la figura 27 se muestra un croquis simplificado del Aeropuerto, con la distribución de zonas conflictivas representadas por medio de un código de colores indicativo de la densidad de conflictos en cada área. El nivel de tráfico representado en el croquis es el correspondiente a 1850 ops/día. La razón de escoger este nivel de tráfico y no el de 1775 ops/día (que es el nivel de saturación de la Configuración Sur) es la de poder establecer una comparación en el número global de conflictos con el modelo de Configuración Norte, al elegir tráficos iguales. Para las 1850 ops/día se obtiene un total de 301 conflictos al día. (344 en Conf. Norte). Ese valor es debido a los mismos motivos ya expuestos para el modelo de Configuración Norte (gran extensión del área de maniobras, complejidad de los flujos circulatorios, gran número de cruces, nivel elevado de tráfico) que además propician la aparición de un gran número de zonas con interacción entre distintos flujos de tráfico.

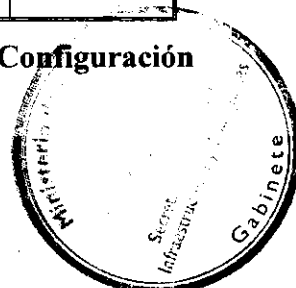
Se observa en la figura que las zonas más problemáticas son las situadas en las calles de acceso y salida del NAT.

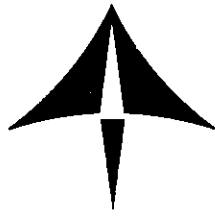
- **Demoras máximas de las salidas en el área de maniobras**

La evolución de la demora máxima ante crecimientos en el nivel de tráfico se muestra en la tabla 26.

Nivel de Tráfico	800 ops/día	1100 ops/día	1775 ops/día	1850 ops/día	1900 ops/día	2100 ops/día
Demoras Máximas (minutos)	6.45	16.92	27.92	34.08	27.00	30.87

**Tabla 26.- Demoras Máximas de las Salidas en el Área de Maniobras. Configuración Sur.**



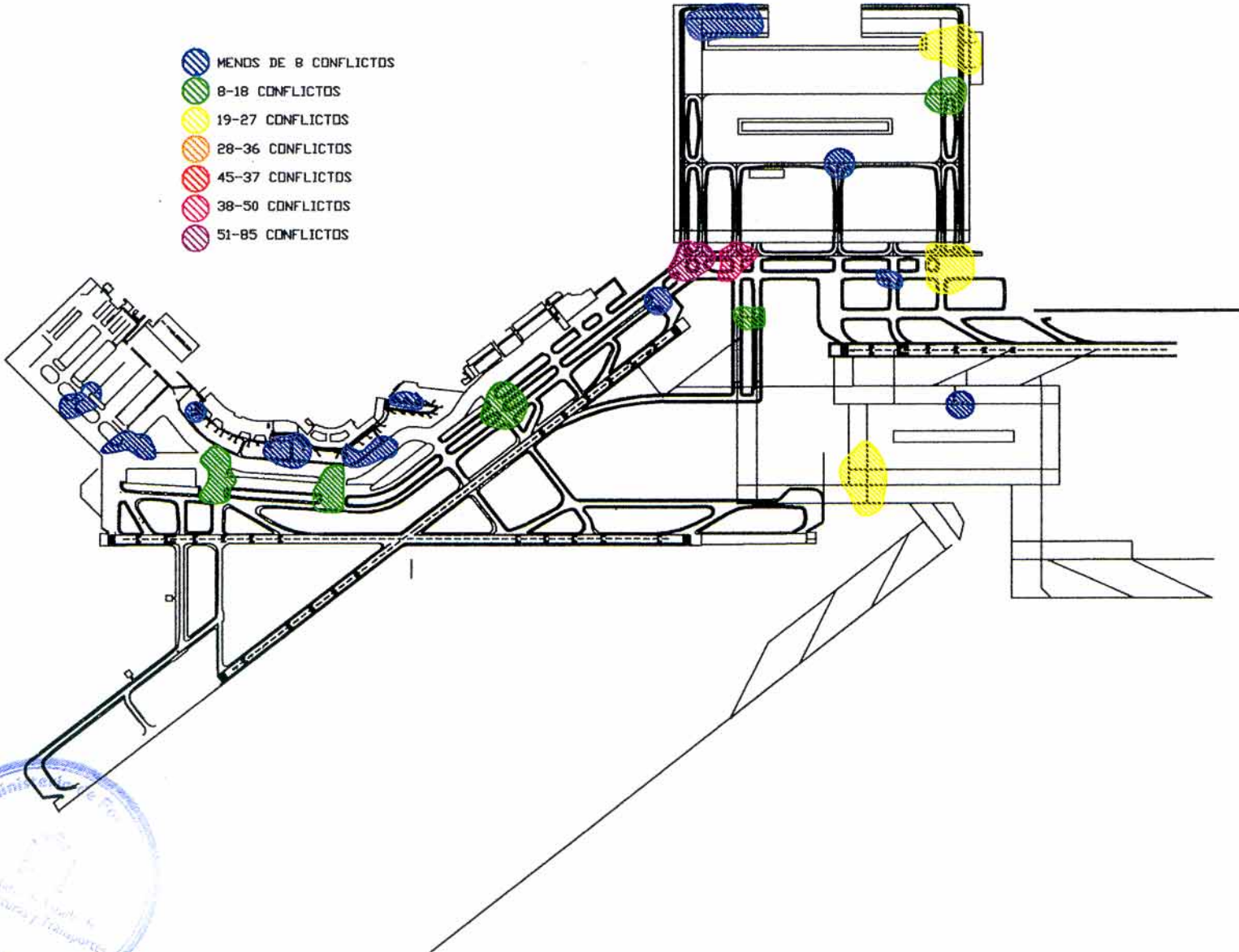


Esta demora representa la mayor demora acumulada por un solo despegue en el área de maniobras a lo largo de todo el día (en estacionamiento, rodadura y cola de despegue). En este caso de Configuración Sur, la evolución de esta demora ante crecimientos de tráfico es más irregular que en Configuración Norte, presentando altibajos. La demora máxima se refiere al despegue que encuentra peores condiciones durante su estancia en el área de maniobras. Al tratarse del caso de una sola aeronave y no una media general existen gran cantidad de factores que afectan enormemente a este parámetro, tales como la posición de estacionamiento desde la que se inicia la rodadura, el trayecto recorrido en el tránsito hacia la cola de despegue, los conflictos con otras aeronaves, etc. Todos esos factores, cuando se refieren a una aeronave en exclusiva, pueden cambiar mucho al pasar de un nivel de tráfico al siguiente.



Figura 27.- DENSIDAD DE CONFLICTOS. CONFIGURACIÓN SUR

-  MENOS DE 8 CONFLICTOS
-  8-18 CONFLICTOS
-  19-27 CONFLICTOS
-  28-36 CONFLICTOS
-  45-37 CONFLICTOS
-  38-50 CONFLICTOS
-  51-85 CONFLICTOS







### 5.2.3.- Resultados referidos a la Base de Torrejón

En la tabla 27 se incluyen los resultados correspondientes a la Base de Torrejón, en Configuración Norte y Sur, en particular los datos de demoras medias y máximas experimentadas por las salidas en el área de maniobras.

Configuración Norte						
Tráfico LETO 42 Ops/día IFR	NIVEL DE TRÁFICO EN BARAJAS					
	800 Ops/día	1100 Ops/día	1775 Ops/día	1850 Ops/día	1900 Ops/día	2050 Ops/día
Demora media	5.34 min	8.36 min	34.01 min	35.22 min	50.23 min	103.81 min
Demora Máxima	44.32 min	71.15 min	449.20 min	454.08 min	470.45 min	487.13 min
Configuración Sur						
Tráfico LETO 42 Ops/día IFR	NIVEL DE TRÁFICO EN BARAJAS					
	800 Ops/día	1100 Ops/día	1775 Ops/día	1850 Ops/día	1900 Ops/día	2050 Ops/día
Demora media	1.71 min	8.66 min	48.42 min	58.53 min	100.20 min	110.59 min
Demora Máxima	41.27 min	165.43 min	645.02 min	646.68 min	649.73 min	690.30 min

**Tabla 27.- Demoras de las Salidas de Torrejón en el Área de Maniobras.**

Los grandes valores medios de demora obtenidos son debidos a las pocas operaciones de despegue por la pista 23 de Torrejón, que sí se ven afectadas por las llegadas a Barajas en Configuración Norte y por las salidas de Barajas en Configuración Sur.

Los valores de demoras máximas corresponden a algunas de estas salidas por la 23 y al ser tan elevados, por sí solas bastan para elevar considerablemente la media del resto de operaciones.

## 6.- CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

A continuación, se enumeran por separado para las dos fases del estudio (capacidad de saturación con rodadura detallada y análisis capacidad/demora con rodadura y TMA detallado) las conclusiones alcanzadas.

### 6.1.- Conclusiones del estudio de capacidad de saturación de pistas con rodadura detallada

El objetivo de este estudio consiste en evaluar el impacto del diseño de la rodadura y ubicación de estacionamientos sobre la capacidad de ops/h del FSAM modelo C+B II. Se puede concluir que:







- Para la Configuración Norte, la complejidad de la gestión de la rodadura supone una pérdida de 1-2 salidas/h en la pista 36R y 0-2 salidas/hora en la 36L, es decir, entre 1 y 4 salidas/hora menos para todo el Aeropuerto.
- En Configuración Sur las pérdidas estimadas de operaciones se limitan a la pista 15L, que pierde entre 2 y 3 salidas/hora.
- Las operaciones de llegada no se ven afectadas, en lo que a número de ops/h respecta, por el número de salidas autorizadas a rodar.
- Las pistas más afectadas son las de salida en ambas configuraciones (36R en Norte y 15L en Sur) debido a:
  1. Están más alejadas de la mayoría de los estacionamientos, lo que supone tiempos de recorrido muy prolongados y más conflictos para las aeronaves que se dirigen a despegar.
  2. Tienen acceso a cabecera de pista por uno sólo de sus laterales, por lo que los flujos de alimentación no admiten tanta dispersión como en las pistas 36L en C. Norte y 15R en C. Sur.

## 6.2.- Conclusiones del estudio de capacidad/demora con aeropuerto y TMA detallados

Se exponen por separado las conclusiones relativas a la Configuración Norte y a la Configuración Sur.

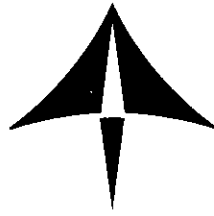
### A) Configuración Norte

#### Aspectos generales:

- El nivel de tráfico de saturación es de 1850 ops/día.
- El pico de operaciones hora es de 119 ops.
- La saturación se presenta de forma casi simultánea en el área de maniobras y en las rutas de llegada (STAR's) del espacio aéreo, por lo que el conjunto Aeropuerto-TMA no presenta grandes desequilibrios.
- El máximo n°de ops/hora alcanzado en cada pista, si bien no de forma simultánea, es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	33L	33R	36L	36R
Ops/h	32	36	42	39
Máx.	(17:00)	(19:00)	(18:00)	(06:00)





### **Espacio aéreo:**

- A pesar de esa simultaneidad en la saturación del área de maniobras y la estructura de rutas de espacio aéreo, la situación es más problemática en espacio aéreo, con tasas de crecimiento de las demoras (y por tanto, la carga de trabajo ATC) más elevadas que las correspondientes al lado tierra.
- El principal problema identificado en espacio aéreo es el desequilibrio entre la demanda de tráfico a ambas pistas de llegada 33L y 33R. Basta un desfase del 20% en el reparto del total de llegadas para que la demora media de las llegadas a la 33R (la más solicitada) sea cuatro veces superior.
- En el caso de las operaciones de salida desde la pista 36L, se consiguen máximas horarias de 42 salidas/hora, debido a que algunas de sus SID's divergen al poco de despegar.

### **Área de movimientos del aeropuerto:**

- Un factor determinante en la gestión del área de movimientos es la posición relativa de las posiciones de estacionamiento con respecto a las pistas de aterrizaje y despegue.
- Esa disposición relativa estacionamientos-pistas es responsable de:
  1. Aumento de las demoras en rodadura, en particular en el caso de los despegues por la 36R.
  2. Tiempos de rodadura excesivamente prolongados, en concreto para las aeronaves operando en las pistas 36R y 33R, del orden de un 70% y un 50% superiores a los de sus homólogas 36L y 33L, respectivamente.
- Las zonas de conflictos en rodadura son numerosas y están extendidas a lo largo de un área muy amplia, lo que constituye un factor que complicará la gestión por parte del personal ATC.

### **B) Configuración Sur**

#### **Aspectos generales:**

- El nivel de tráfico de saturación es de 1775 ops/día.
- El pico de operaciones hora es de 119 ops.
- La saturación se presenta en una fase más temprana en la estructura de espacio aéreo, como consecuencia del desequilibrio de demanda en ambas pistas de llegada.





- El máximo n° de ops/hora alcanzado en cada pista, si bien no de forma simultánea, es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	18L	18R	15L	15R
Ops/h	35	36	32	37
Máx.	(19:00)	(20:00)	(15:00)	(18:00)

### Espacio aéreo:

- En Configuración Sur son dos los factores principales que limitan la capacidad del espacio aéreo:
  1. El desequilibrio entre la demanda de tráfico a ambas pistas de llegada 18L y 18R. Es además mucho mayor que en Configuración Norte, llegando a valores de un 30%. El resultado es que las demoras en aire de las llegadas a la pista 18L (pista más solicitada) son del orden de nueve veces las correspondientes a las llegadas por la 18R.
  2. Las peculiaridades de las aproximaciones en Configuración Sur (que obedecen a una serie de condicionantes), con puntos IAF's muy alejados de sus umbrales y en los que es necesario imponer separación de 5 MN, mayores de lo habitual.

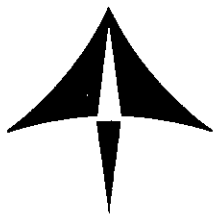
### Área de movimientos del aeropuerto:

- La situación es análoga a la de Configuración Norte. Un factor determinante vuelve a ser la ubicación de las posiciones de estacionamiento con respecto a las 4 pistas.
- Esa disposición relativa estacionamientos-pistas es responsable de:
  1. Aumento de las demoras en rodadura, en particular en el caso de los despegues por la 15L.
  2. Tiempos de rodadura excesivamente prolongados, en especial para las aeronaves operando en las pistas 18L y 15L, siendo para ellas del orden de un 60% y un 40% superiores a los de sus homólogas 18R y 15R, respectivamente.
  3. Las zonas de conflictos también son en este caso un factor a tener en cuenta, tanto por su número como por la dispersión de las mismas a lo largo de un área de maniobras tan extensa.

### C) Operaciones en Torrejón

- Para los niveles de tráfico de saturación de Barajas, los despegues por la pista 23 de Torrejón resultan inviables debido a las demoras alcanzadas.





## 7.- RECOMENDACIONES

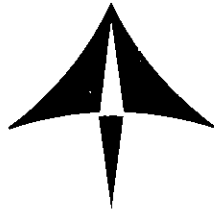
A partir de las conclusiones obtenidas, se pueden extraer las siguientes recomendaciones encaminadas a mejorar la operatividad del sistema Aeropuerto-TMA.

### **Recomendaciones referentes al área de maniobras:**

Las siguientes recomendaciones tienden a minimizar el impacto negativo que tiene la rodadura sobre la capacidad de saturación de pistas.

- Convendría disponer de un mayor número de posiciones de estacionamiento en el Satélite situado entre pistas, o bien habilitar más edificios Satélites próximos, en la zona situada entre las pistas 36L y 36R o entre las 33L y 33R, procurando en todo caso, la mayor proximidad posible a las cabeceras de las 36L, 36R y 15L, 15R.
- Esos satélites y sus correspondientes posiciones de estacionamiento no deberían interferir con el sistema de calles de rodadura que comunica las diferentes pistas con el resto del aeropuerto. Especial cuidado deberá prestarse a evitar que afecten los espacios destinados a los apartaderos de espera y las rodaduras que a ellos conducen.
- A medida que se habiliten posiciones de estacionamiento extra en la zona situada entre las pistas, deberían clausurarse las posiciones que están más alejadas de las pistas, en particular las situadas al extremo Sur de la actual plataforma de estacionamiento.
- El hecho de disponer de más edificios Satélite en la zona situada entre las cuatro pistas operativas complicará la circulación y traslado de pasajeros y equipajes dentro del aeropuerto, problemas que no conviene pasar por alto.
- Otra medida que agilizaría el acceso de las salidas a las futuras pistas de despegue (36R en Conf. Norte y 15L en Conf. Sur) es la posibilidad de emplear las calles de salida de dichas pistas para distribuir de manera adecuada las aeronaves que desean acceder a ellas para iniciar la carrera de despegue. Un factor que limita esta posibilidad es que dada la longitud de dichas pistas, algunas aeronaves podrían no disponer de longitud de pista suficiente para el despegue si acceden a ella en un punto que no sea la cabecera.

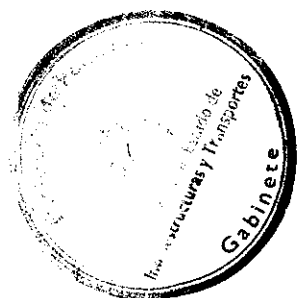




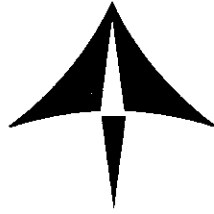
### **Recomendaciones referentes al TMA-espacio aéreo:**

Las siguientes recomendaciones tienen por objeto mejorar la operación en el futuro TMA.

- El problema fundamental del Espacio Aéreo radica en los desequilibrios de demanda entre las rutas de llegada que conducen a ambas pistas de aterrizaje (especialmente crítico en el caso de la Configuración Sur). Una posible solución sería que el nuevo diseño de TMA tuviera en cuenta la posibilidad de disponer de rutas de desvío para que parte de las aeronaves que se dirigen a la pista 33R en Conf. Norte (18L en el caso de Conf. Sur) pudieran dirigirse a la pista 33L (18R en Conf. Sur).
- Ese desvío de parte del flujo de aeronaves sería más eficaz a medida que la segregación se efectuase con mayor antelación respecto de los IAF's.



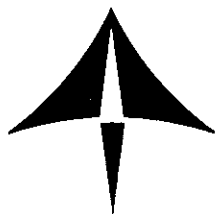




**ANEXO I:**

**ANÁLISIS DE TRÁFICO PARA EL ESTUDIO DEL FUTURO SISTEMA  
AEROPORTUARIO DE MADRID-BARAJAS**

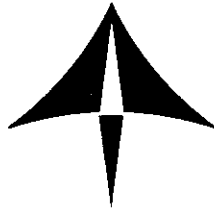




## ÍNDICE

	Pág. n°
A.1.- ANÁLISIS DE TRÁFICO. CASO C+B II .....	1
A.1.1.- Introducción.....	1
A.1.2.- Cálculo del día tipo.....	1
A.1.2.1.- Metodología.....	1
A.2.- ESTUDIO DE RUTAS .....	3
A.2.1.- Metodología.....	3
A.2.2.- Estudio detallado del tráfico.....	4
A.3.- CARGA DE TRÁFICO PARA TORREJÓN .....	12
A.4.- FICHERO DE VUELOS.....	13





## ANEXO I. ANÁLISIS DE TRÁFICO PARA EL ESTUDIO DEL FUTURO SISTEMA AEROPORTUARIO DE MADRID-BARAJAS

### A.1.- ANÁLISIS DE TRÁFICO. CASO C+B II

#### A.1.1.- Introducción

El tráfico empleado para el estudio de Capacidad/Demora del Futuro Sistema Aeroportuario de Madrid-Barajas, en el que se encuentra incluido el análisis del futuro TMA y las rutas detalladas de llegada (STAR) y salida (SID) a dicho aeropuerto, se ha obtenido mediante la elaboración de los datos ofrecidos por diversas fuentes de información y documentación, que han permitido transformar los datos de tráfico actual (con configuración de 2 pistas), en la configuración del aeropuerto para el modelo C+B II (4 pistas).

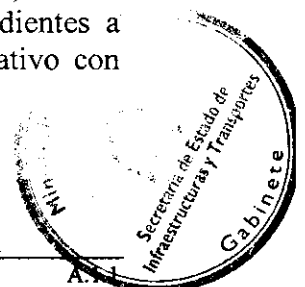
#### A.1.2.- Cálculo del día tipo

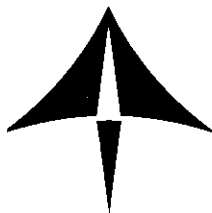
El tráfico utilizado como base para el estudio de simulación correspondiente al caso de Capacidad Práctica de Futuro Aeropuerto de Madrid C+B II, tanto en Configuración Norte como en Sur tiene su origen en un día tipo del año 1998, obtenido gracias a la información extraída de los planes de vuelo presentados por el programa Picasso, cuya metodología de cálculo se detalla a continuación.

##### A.1.2.1.- Metodología

La metodología empleada para el cálculo del día tipo, representativo de este estudio, es la siguiente:

- Registro de planes de vuelo mediante la base de datos PICASSO, de una muestra correspondiente a las doce semanas que constituyen los meses de Marzo y Abril, extrayéndose el número de movimientos totales (llegadas/hora y salidas/hora) para cada uno de los días (exceptuando fines de semana). Se ha evitado en la medida de lo posible considerar los meses correspondientes a períodos vacacionales con el fin de tomar el día tipo más representativo con relación a un día normal de tráfico en el aeropuerto de Barajas.





## A.2.- ESTUDIO DE RUTAS

Para el estudio del modelo de Capacidad/Demora con espacio aéreo detallado se ha utilizado el tráfico correspondiente al día tipo 1/04/98, siendo éste modificado de forma que se adapte a las nuevas necesidades del futuro Aeropuerto de Barajas así como a la nueva estructura de rutas de llegada y salida diseñadas para tal fin.

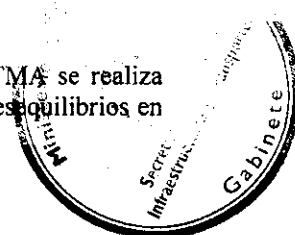
### A.2.1.- Metodología

La metodología empleada para la conversión del tráfico perteneciente a las rutas actuales en flujo de tráfico futuro ha sido la siguiente:

- Obtención de los planes de vuelo del día tipo mediante la herramienta Picasso
- Identificación a partir de los planes de vuelo de las rutas utilizadas por cada una de las aeronaves tanto en llegadas como en salidas. Esto ha sido posible gracias al conocimiento de los puntos de paso (FIJOS) de cada vuelo por el espacio aéreo español.
- Conocidas las rutas empleadas por el tráfico con destino u origen en el aeropuerto de Madrid-Barajas, se procede a compatibilizar o asimilar dichas rutas con el diseño de rutas futuro dado por el documento "*Proyecto FSAM. Estudio de Procedimientos caso C+B*" [1] Abril 1998 elaborado por DORR/DCCA/AENA SSCNA. También se hace necesario para completar esta fase de la conversión de rutas la información ofrecida por el AIP.<sup>1</sup>
- Incremento de tráfico del día tipo: el día tipo (1 de Abril de 1998) tiene un total de 800 movimientos en Madrid-Barajas y 42 operaciones en Torrejón. Se procede, mediante clonación Simmod, a incrementar el tráfico de Madrid-Barajas respetando su perfil horario y manteniendo constante el tráfico de Torrejón, hasta alcanzar la saturación del conjunto.

---

<sup>1</sup> La asignación de vuelos por pista según su ruta de llegada o de salida en el futuro TMA se realiza respetando la estructura de aerovías existente en la actualidad y tratando de corregir los desequilibrios en la demanda a cada pista en la medida de lo posible.





- Cálculo del perfil medio de llegadas y salidas a partir del n° de movimientos/hora, para el espacio muestral considerado (ver *tabla A.1.1*).
- Cálculo del índice de correlación, atendiendo al n° de movimientos/hora, para cada uno de los días de la muestra con respecto al día medio.
- Elección del día tipo con mayor índice de correlación: **1 de Abril de 1998**, con un índice de correlación de 0.959 (ver *tabla A.1.2*).

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Tot
Despegues	2	5	4	2	2	14	23	22	25	25	24	26	25	21	22	22	20	23	24	23	17	10	7	3	393
Llegadas	2	1	1	3	4	8	19	26	27	26	18	17	22	20	18	19	23	23	23	25	30	21	11	5	391

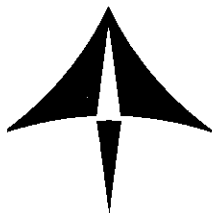
**Tabla A.1.1.- Perfil medio de salidas y llegadas**

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Tot
Despegues	3	7	1	2	2	23	24	20	25	22	28	26	27	22	21	27	19	20	27	19	19	5	8	4	401
Llegadas	3	1	0	4	7	4	23	26	33	25	16	19	23	20	16	18	21	27	25	24	35	19	9	1	399

**Tabla A.1.2.- Número de movimientos/hora del día tipo. 2pistas**







## A.2.- ESTUDIO DE RUTAS

Para el estudio del modelo de Capacidad/Demora con espacio aéreo detallado se ha utilizado el tráfico correspondiente al día tipo 1/04/98, siendo éste modificado de forma que se adapte a las nuevas necesidades del futuro Aeropuerto de Barajas así como a la nueva estructura de rutas de llegada y salida diseñadas para tal fin.

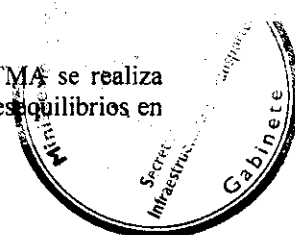
### A.2.1.- Metodología

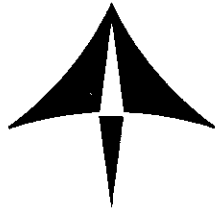
La metodología empleada para la conversión del tráfico perteneciente a las rutas actuales en flujo de tráfico futuro ha sido la siguiente:

- Obtención de los planes de vuelo del día tipo mediante la herramienta Picasso
- Identificación a partir de los planes de vuelo de las rutas utilizadas por cada una de las aeronaves tanto en llegadas como en salidas. Esto ha sido posible gracias al conocimiento de los puntos de paso (FIJOS) de cada vuelo por el espacio aéreo español.
- Conocidas las rutas empleadas por el tráfico con destino u origen en el aeropuerto de Madrid-Barajas, se procede a compatibilizar o asimilar dichas rutas con el diseño de rutas futuro dado por el documento "*Proyecto FSAM. Estudio de Procedimientos caso C+B*" [1] Abril 1998 elaborado por DORR/DCCA/AENA SSCNA. También se hace necesario para completar esta fase de la conversión de rutas la información ofrecida por el AIP.<sup>1</sup>
- Incremento de tráfico del día tipo: el día tipo (1 de Abril de 1998) tiene un total de 800 movimientos en Madrid-Barajas y 42 operaciones en Torrejón. Se procede, mediante clonación Simmod, a incrementar el tráfico de Madrid-Barajas respetando su perfil horario y manteniendo constante el tráfico de Torrejón, hasta alcanzar la saturación del conjunto.

---

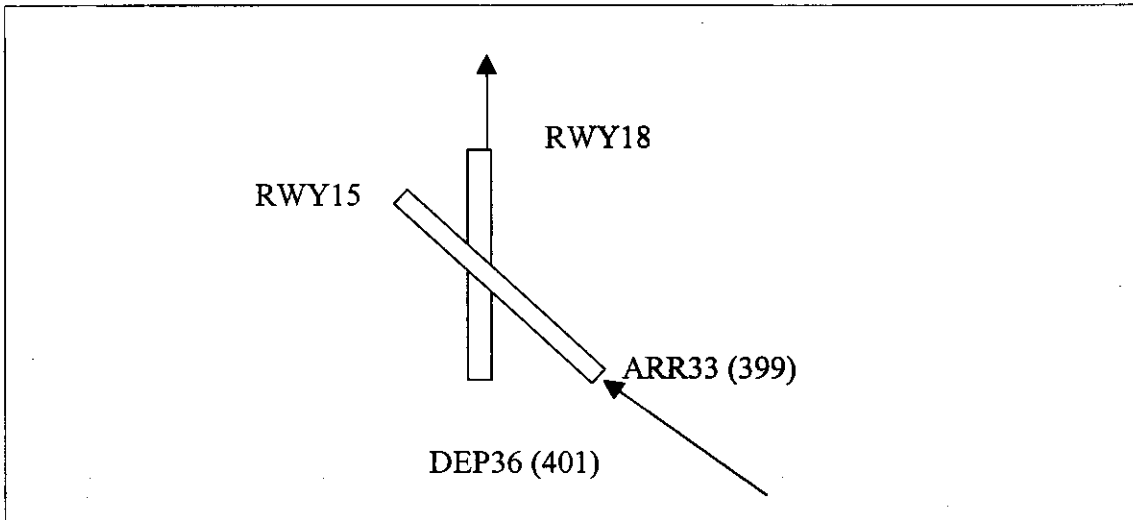
<sup>1</sup> La asignación de vuelos por pista según su ruta de llegada o de salida en el futuro TMA se realiza respetando la estructura de aerovías existente en la actualidad y tratando de corregir los desequilibrios en la demanda a cada pista en la medida de lo posible.



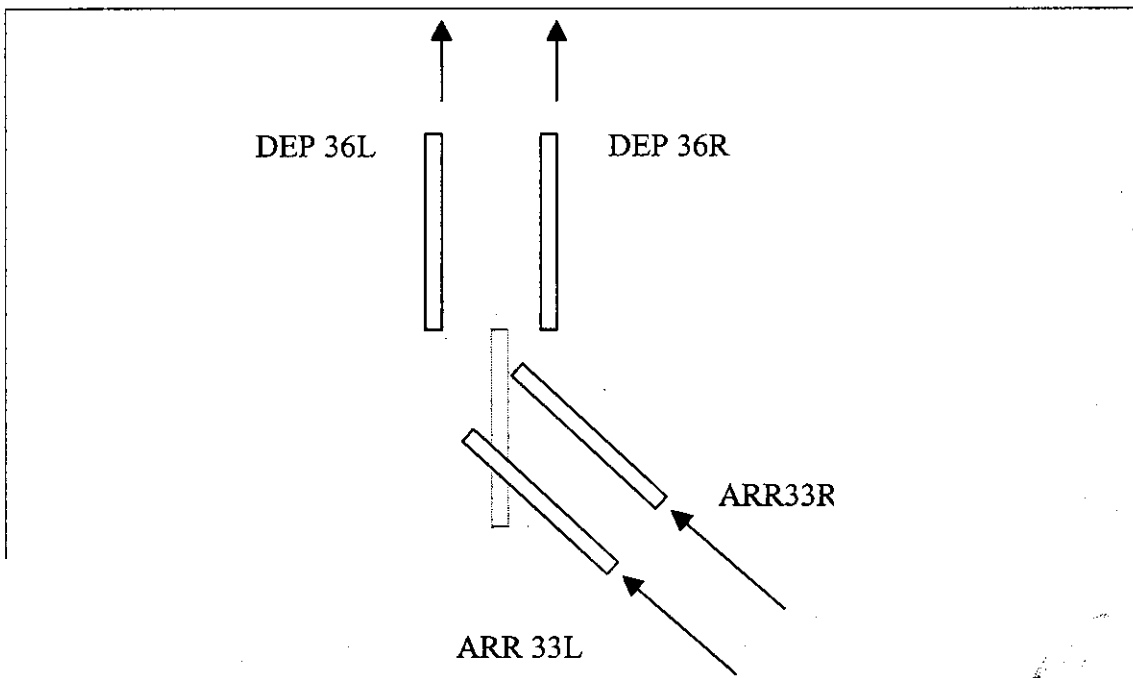


### A.2.2.- Estudio detallado del tráfico

La configuración de pistas utilizada para el día tipo (1/04/98) se muestra en la *figura A.1.1*. Las *Figuras A.1.2 y A.1.3* presentan la configuración de pistas futura.

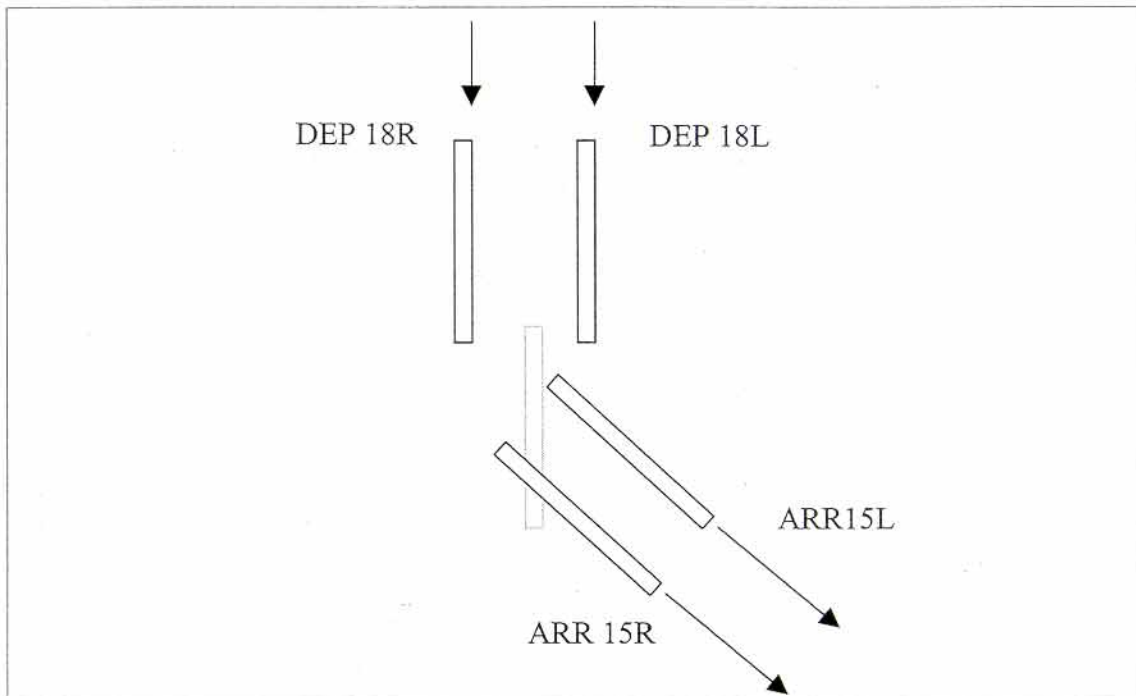


**Figura A1.1.- Configuración de pistas original (1/04/98)**



**Figura A.1.2.- Configuración de pistas futura .Conf. Norte**





**Figura A.1.3.- Configuración de pistas futura .Conf. Sur**

Atendiendo a la información ofrecida por la base de datos Picasso en cuanto al conocimiento del paso por fijos de cada vuelo, al estudio de los procedimientos de llegada y salida [1] y a la información ofrecida por el AIP, ha sido posible la distribución del tráfico por cada una de las rutas del modelo C+B II, de la forma que a continuación se detalla en las *Tablas A.1.3, A.1.4, A.1.5 y A.1.6.*

PISTA ACTUAL	PISTA FUTURA	RUTAS ACTUALES	RUTAS FUTURAS
33	33R	ASTRO-ALVAL-CPL	VILLA1C
33	33R	CENTA-ALVAL-CPL	PRADO1C
33	33R	ADUXO-CJN	TERSA1B
33	33R	ASTRO-CJN	VILLA1C
33	33R	CENTA-CJN	VILLA1C
33	33R	CMA-CJN	TERSA1B
33	33R	GRECO-CJN	BAN2B
33	33R	ZRZ-CJN	TERSA1B
33	33L	ORBIS-CNR	ORBIS2B
33	33L	SILOS-CNR	ORBIS2B
33	33L	ZMR-NVS-GE-CPL	ORBIS2B
33	33L	BARDI-NVS-GE-CPL	ZMR1A
33	33L	CCS-TLD-CPL	TLD2B
33	33L	SOLAX-TLD-CPL	TLD2B
33	33L	CRISA-VTB	BOGAS1A
33	33L	LOGRO-VTB-CPL	VTB2B
33	33L	MORAL-VTB-CPL	VTB2B
33	33L	AVILA-NVS-GE-CPL	ZMR1B

**Tabla A.1.3.- Configuración Norte. Llegadas**





PISTA ACTUAL*	PISTA FUTURA	RUTAS ACTUALES	RUTAS FUTURAS
36	36L	BERMI-KAMPO-MONTO	MONTO
36	36L	BERMI-NVS-BARDI	NAVAS
36	36L	BERMI-NVS-BBI	NAVAS
36	36L	BERMI-NVS-CCS	NAVAS
36	36L	BERMI-ZMR	NAVAS
36	36L	SMA-BGS-SNR	SMA1
36	36L	SMA-DGO	SMA1
36	36L	BJ-ARGAS-CNR	SMA1
36	36L	BJ-ARGAS-NVS	NAVAS
36	36R	TAPET-ARN-BAN	BAN
36	36R	TAPET-ARN-CPL	ALTAR2
36	36R/36L	TAPET-ARN-DGO	SMA/SMA1
36	36R	TAPET-ARN-GRECO-SEGRE-CMA	MAELLA
36	36R	TAPET-ARN-GRECO-ZZA	BAN
36	36R	TAPET-ARN-GRECO-CJN-NASOS	ALTAR2
36	36R	TAPET-CJN-ASTRO	ALTAR2
36	36R	TAPET-CJN-CENTA	ALTAR2
36	36R	TAPET-CJN-MOTAS	ALTAR2
36	36R	TAPET-CMA-FESTA	MAELLA
36	36R	TAPET-CMA-RUBEO	MAELLA

**Tabla A.1.4.- Configuración Norte. Salidas**

PISTA ACTUAL**	PISTA FUTURA	RUTAS ACTUALES	RUTAS FUTURAS
18	18L	ASTRO-ALVAL-CPL	CJN2A
18	18L	CENTA-ALVAL-CPL	PRADO1B
18	18L	ADUXO-CJN-CPL	TERSA1A
18	18L	ASTRO-CJN-CPL	CJN2A
18	18L	CENTA-CJN-CPL	PRADO1B
18	18L	CMA-CJN-CPL	TERSA1A
18	18R	ZRZ-BAN-GRECO-CJN-CPL	BAN1A
18	18R	EPATO-BAN-GRECO-CJN-CPL	BAN1A
18	18R	ALEPO-BAN-GRECO-CJN-CPL	BAN1A
18	18L	ZRZ-CJN	TERSA1A
18	18R	ORBIS-CNR	ORBIS2A
18	18R	SILOS-CNR	ORBIS2A
18	18R	ZMR-NVS-GE-CPL	ORBIS2A
18	18R	BARDI-NVS-GE-CPL	ORBIS2A
18	18L	CCS-TLD-CPL	TLD2A
18	18L	SOLAX-TLD-CPL	TLD2A
18	18L	CRISA-VTB	BOGAS1C
18	18L	LOGRO-VTB-CPL	BOGAS1C
18	18L	MORAL-VTB-CPL	BOGAS1C

**Tabla A.1.5.- Configuración Sur. Llegadas**

\* La denominación PISTA ACTUAL hace referencia a la pista de salida 36 (Conf. Norte) que se encontraba activa a día 1/04/98 (día tipo)

\*\* La denominación PISTA ACTUAL hace referencia a la pista de llegada 18 (Conf. Sur) que se encontraba activa a día 1/04/98 (día tipo)







PISTA ACTUAL	PISTA FUTURA	RUTAS ACTUALES	RUTAS FUTURAS
15	15R	ARGAS-CNR-SMA-PATEL	SMA
15	15R	ARGAS-NVS-BARDI	NAVAS
15	15L	LMD-BERMI-KAMPO-MONTO-CRISA	KAMPO
15	15R	LMD-BERMI-NVS-BARDI	NAVAS
15	15R	LMD-BERMI-NVS-BBI	NAVAS
15	15R	LMD-BERMI-NVS-CCS	NAVAS
15	15R	LMD-BERMI-ZMR	NAVAS
15	15R	LMD-SMA-BGS-SNR	SMA
15	15R	LMD-SMA-DGO	SMA
15	15R	LMD-TAPET-ARN-BAN	SMA
15	15R	LMD-TAPET-ARN-CPL	SMA
15	15R	LMD-TAPET-ARN-DGO	SMA
15	15L	LMD-TAPET-ARN-GRECO-LEBL	CJN
15	15L	LMD-TAPET-ARN-GRECO-CJN-NASOS	CJN
15	15L	LMD-TAPET-ARN-GRECO-SEGRE-ZZA	MOTAS
15	15L	LMD-TAPET-CJN-ASTRO-ALT	MOTAS
15	15L	LMD-TAPET-CJN-ASTRO-ALTT	MOTAS
15	15L	LMD-TAPET-CJN-ASTRO-NARGO	MOTAS
15	15L	LMD-TAPET-CJN-ASTRO-SERRA-CATAL	MOTAS
15	15L	LMD-TAPET-CJN-ASTRO-VLNA	MOTAS
15	15L	LMD-TAPET-CJN-CENTA	MOTAS
15	15L	LMD-TAPET-CJN-MOTAS	MOTAS
15	15L	LMD-TAPET-CMA-FESTA	CJN
15	15L	LMD-TAPET-CMA-RUBEO	CJN

**Tabla A.1.6.- Configuración Sur. Salidas**

Como consecuencia de la redistribución del tráfico, las pistas poseen los siguientes porcentajes de ocupación.

CONFIGURACIÓN NORTE			
LLEGADAS		SALIDAS	
PISTA 33R	PISTA 33L	PISTA36R	PISTA36L
58.4%	41.6%	49.13%	50.87%
CONFIGURACIÓN SUR			
LLEGADAS		SALIDAS	
PISTA 18R	PISTA 18L	PISTA15R	PISTA15L
34.58%	65.42%	52.36%	47.64%

**Tabla A.1.7.- Distribución porcentual de tráfico según pistas**







Las Figuras A.1.4 y A.1.5 representan los porcentajes de la demanda correspondiente a cada pista en Configuración Norte y Sur, respectivamente.

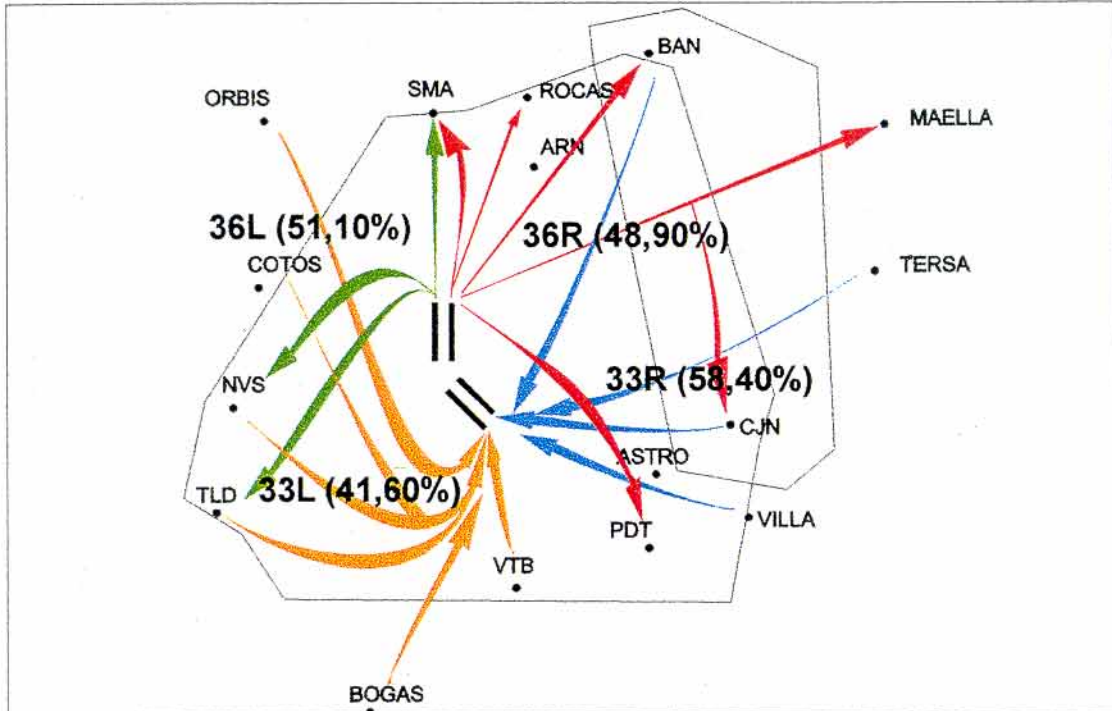


Figura A.1.4.- Porcentajes de utilización de pistas según rutas. Configuración Norte

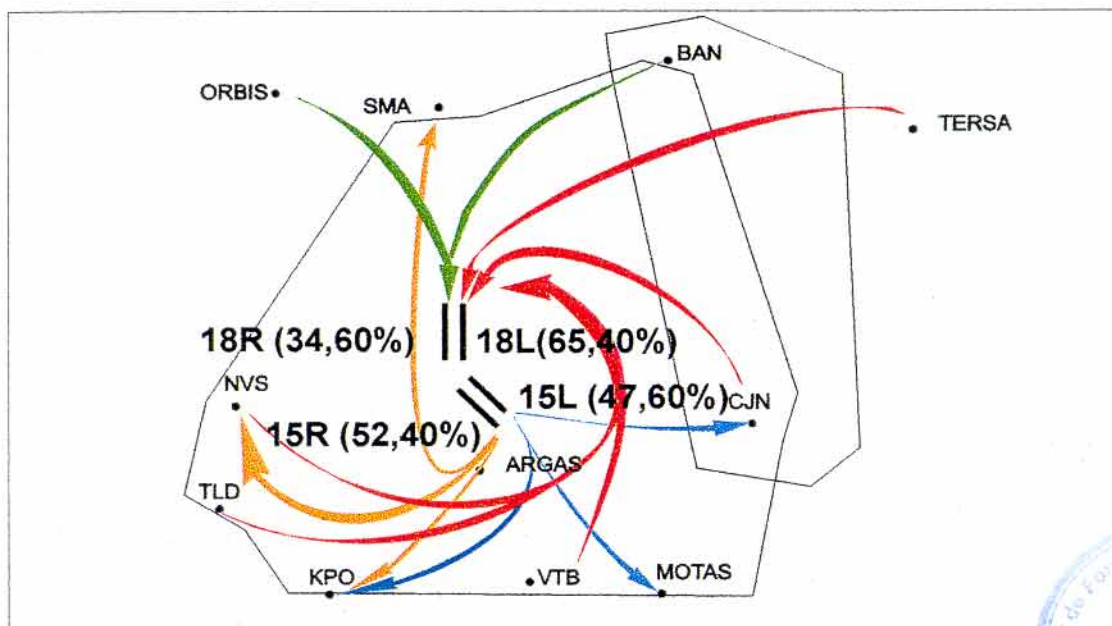
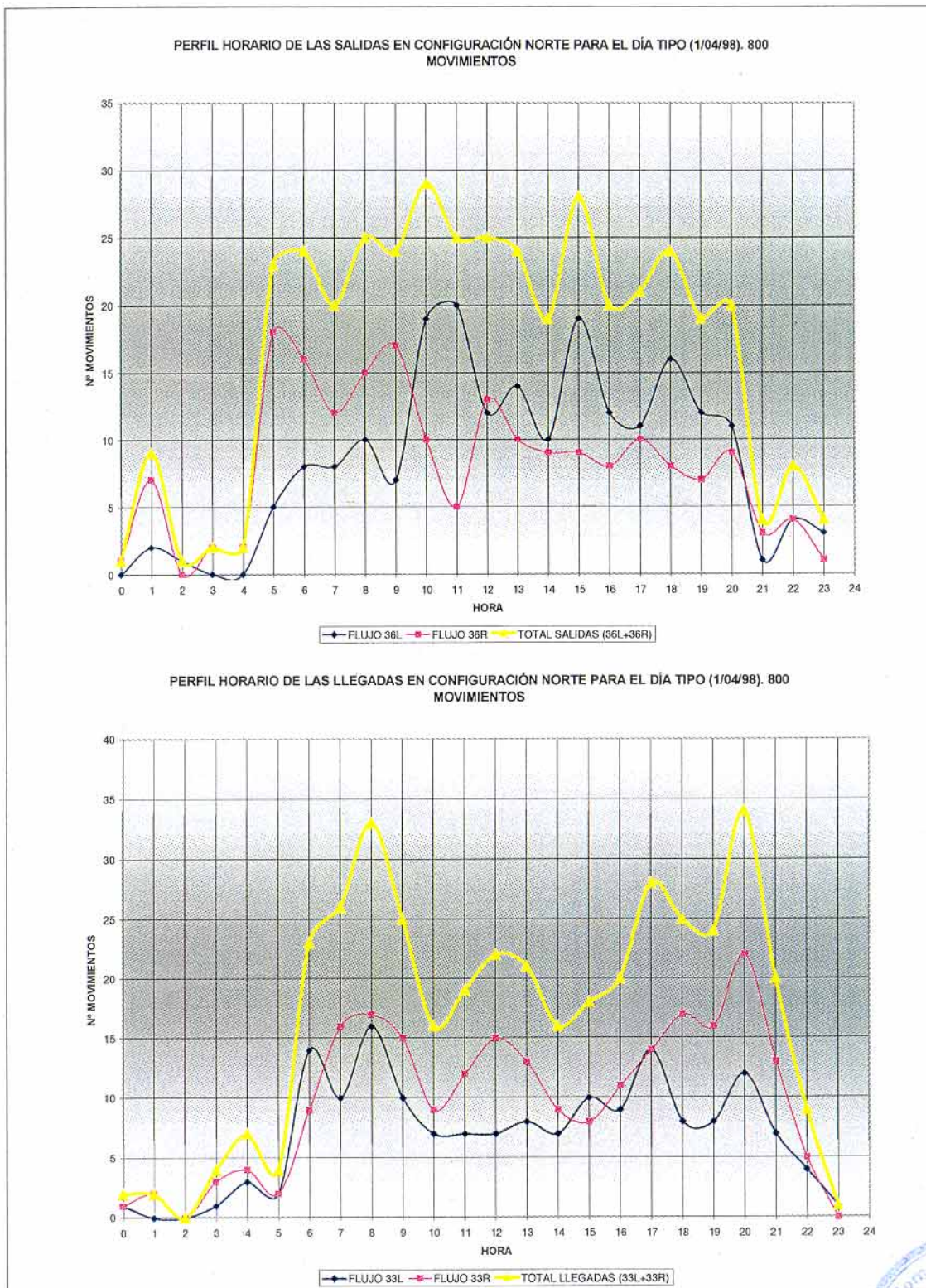


Figura A.1.5.- Porcentajes de utilización de pistas según rutas. Configuración Sur

Como resultado de la distribución de tráfico por pistas se han obtenido los perfiles horarios para llegadas y salidas para cada una de las configuraciones consideradas.

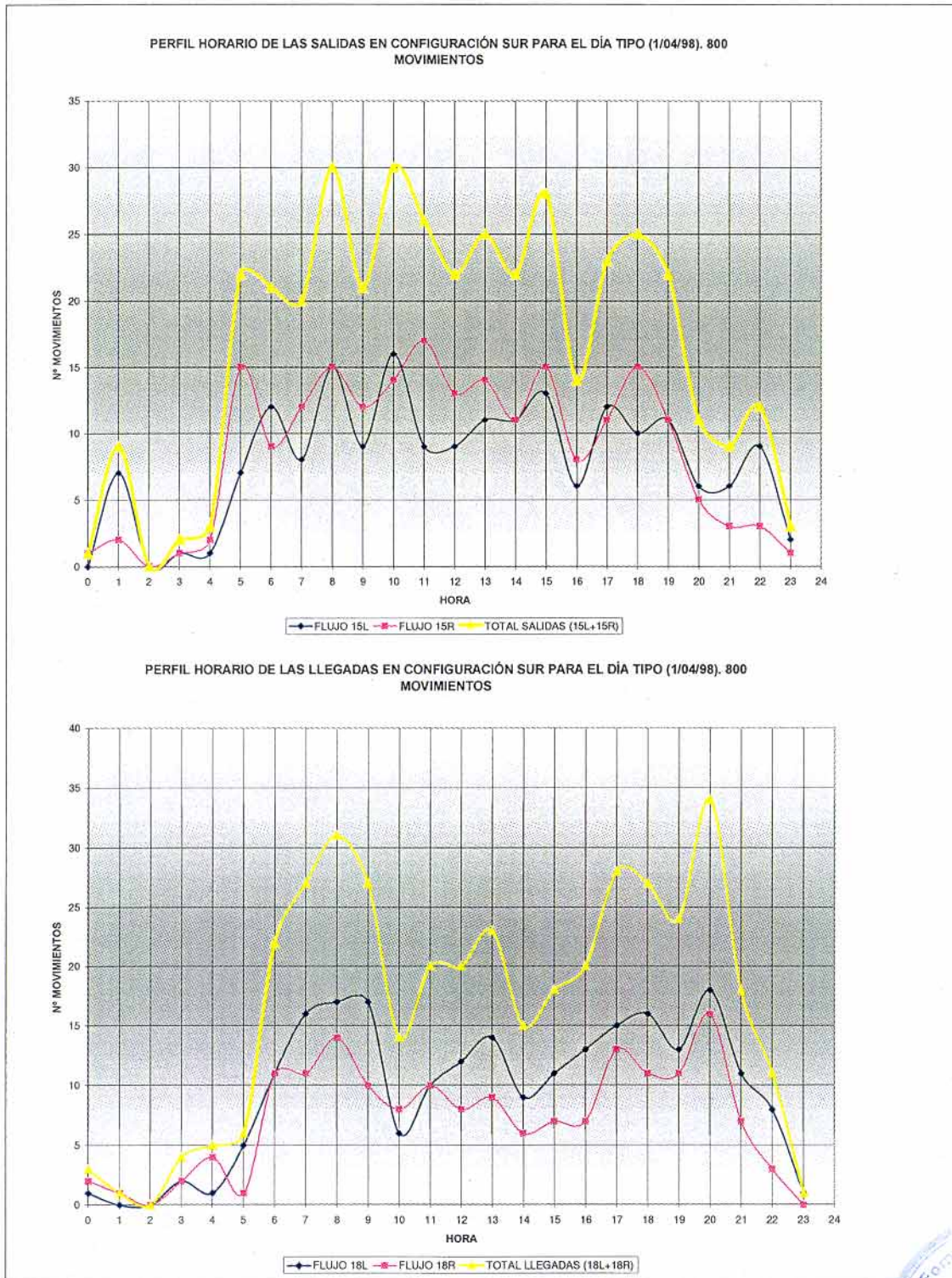




**Figura A.1.6.- Perfiles horarios de las llegadas y salidas por pista. Conf. Norte**



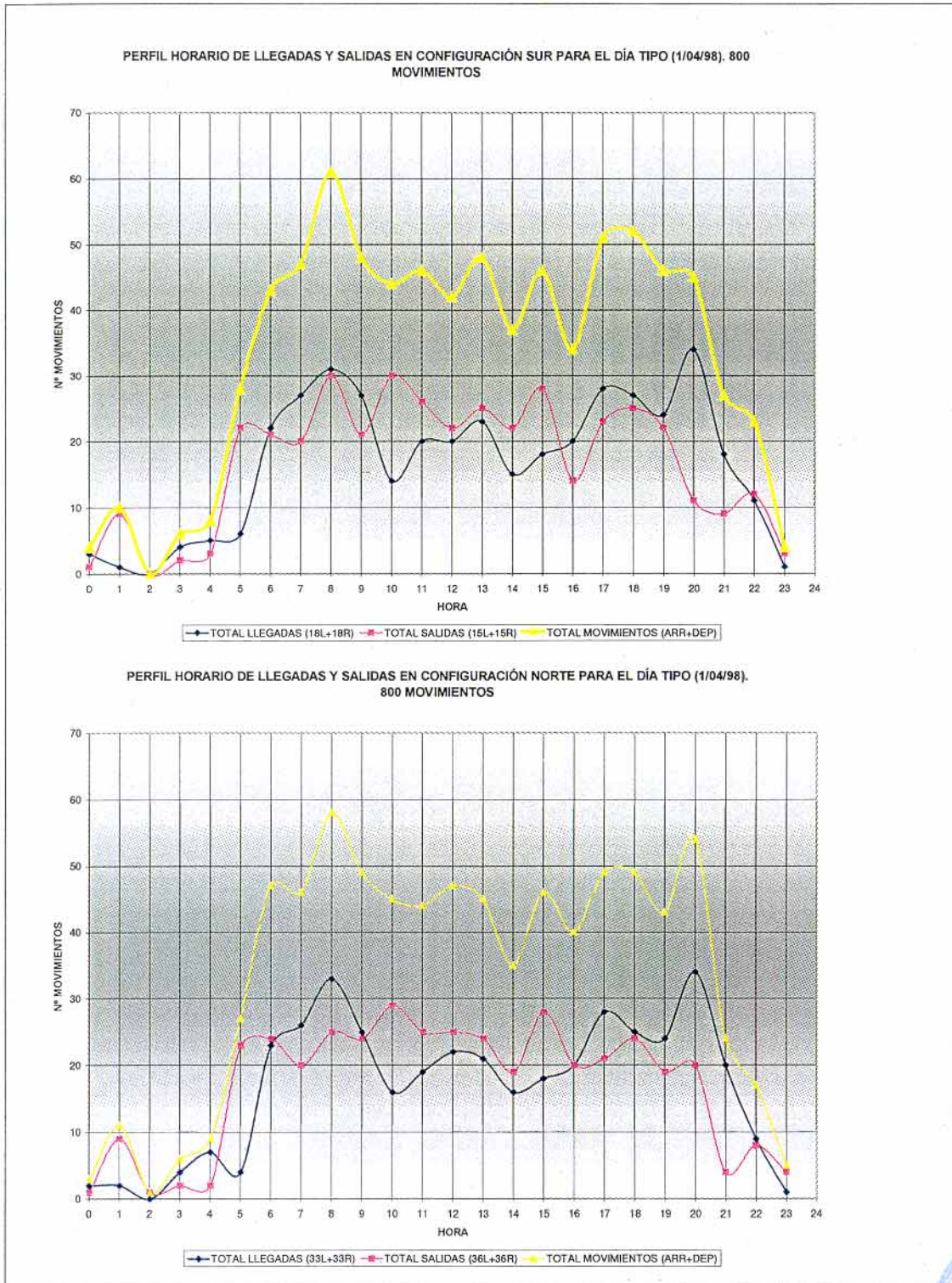




**Figura A.1.7.- Perfiles horarios de las llegadas y salidas por pista. Conf. Sur**







**Figura A.1.8.-Perfiles horarios de las llegadas y salidas por pista.Conf. Norte y Sur**



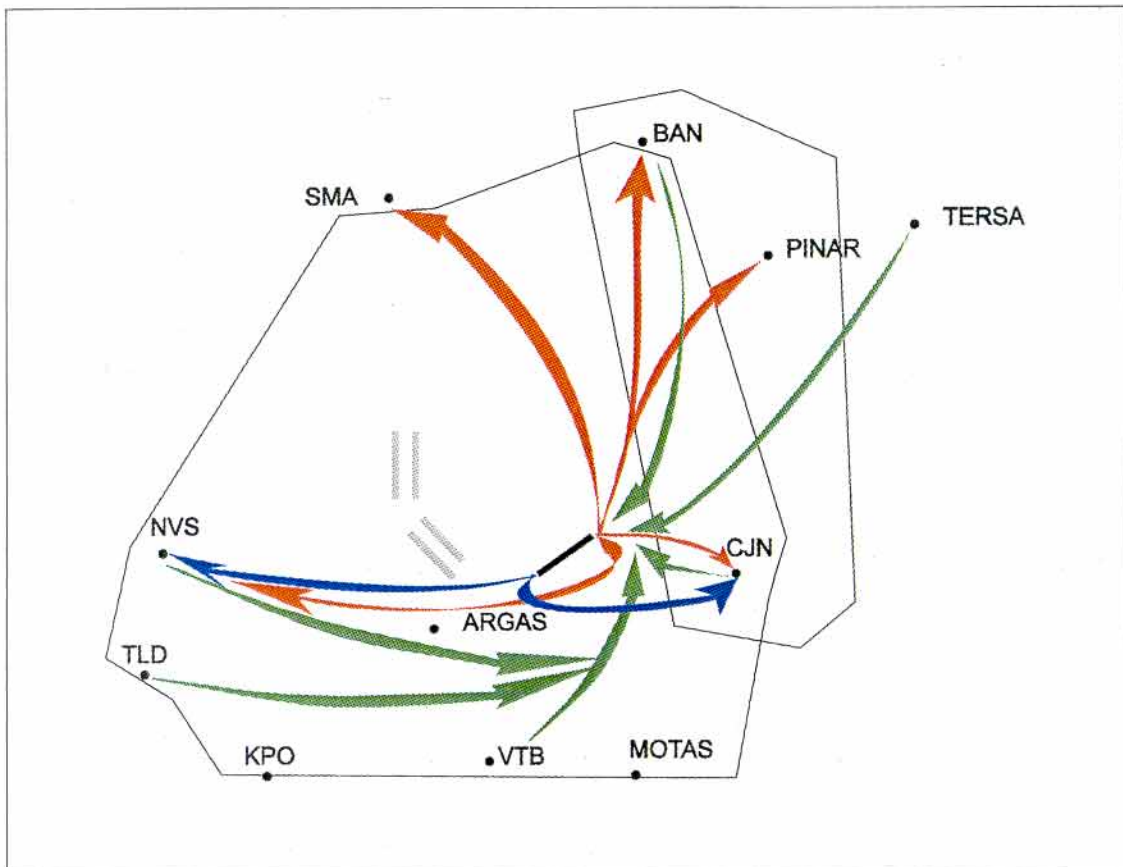


### A.3.- CARGA DE TRÁFICO PARA TORREJÓN

El estudio de tráfico realizado para la base aérea de Torrejón se ha efectuado con la misma metodología que para el aeropuerto de Barajas, utilizándose al igual que en Barajas la información ofrecida por el estudio de procedimientos [1], el AIP y los planes de vuelo extraídos de la base de datos Picasso.

Un hecho a destacar es que no se han considerado para este aeropuerto los vuelos de origen visual (VFR).

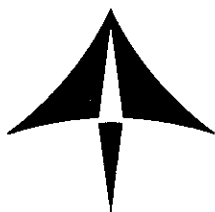
En la *Figura A.1.9* quedan reflejadas las rutas de llegada y salida pertenecientes al aeropuerto de Torrejón utilizadas en las simulaciones del Futuro Aeropuerto de Barajas en ambas configuraciones Norte y Sur.



**Figura A.1.9.- Rutas para la base aérea de Torrejón**







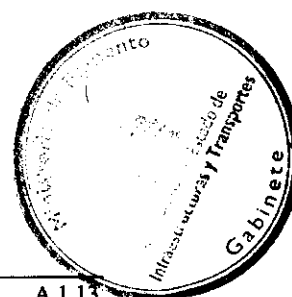
#### A.4.- FICHERO DE VUELOS

La información acerca del tráfico y las rutas obtenidas hasta ahora, son el origen del fichero de vuelos que será empleado en el modelo de simulación, para ejecutar el escenario correspondiente al estudio de Capacidad/Demora del aeropuerto de Madrid-Barajas.

Este fichero de vuelos contempla información acerca de :

- Horas de arribada y despegue por cada pista.
- Compañías aéreas.
- Tipos de aeronaves.
- Rutas de llegada y salida.

Debido a la gran variedad de aeronaves existentes ha sido necesario hacer una clasificación más simplificada del total de modelos que operan en los aeropuertos de Barajas y Torrejón, dado que la herramienta de simulación SIMMOD posee un registro limitado de aeronaves. Por ello, se ha establecido una equivalencia lo más veraz posible entre los modelos presentados por los planes de vuelo y los realmente introducidos en la herramienta. Por supuesto, esta equivalencia en cuanto a clasificación de aeronaves según categorías (LIGERA, MEDIA y PESADA) asegura la fiabilidad del modelo simulado, así como de los resultados obtenidos.



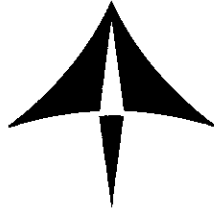


Por otra parte, y con objeto de simplificar la adjudicación de los gates a cada una de las compañías. Que operan en el aeropuerto de Barajas, se ha establecido una clasificación, de manera que se han englobado las compañías usuarias reales en compañías ficticias organizadas según categorías, tal y como se muestra en la *Tabla A.1.11*. En la *Tabla A.1.12* se hace referencia a las zonas de estacionamiento adjudicadas a cada una de las compañías .

COMPAÑÍAS EQUIVALENTES	DESCRIPCIÓN
AO	AVIACO
ANS	AIR NOSTRUM
IBNAC	ORIGEN/DESTINO ESPAÑA E ISLAS, AERONAVES TIPO MEDIO
IBHVV	CIA. IBERIA, AERONAVES TIPO PESADO
IBESCH	VUELOS IBERIA CON AERONAVES TIPO MEDIO (ORIGEN/DESTINO PAISES SCHENGEN)
IBEINT	VUELOS DE IBERIA (ORIGEN/DESTINO PAISES SCHENGEN), AERONAVES TIPO MEDIO
IBPA	PUENTE AÉREO
NAC	VUELOS NACIONALES, NO IBERIA, AERONAVES TIPO MEDIO
SMALL	CIAS, NO IBERIA, CON AERONAVES TIPO LIGERO
INTHVV	CIAS INTERNACIONALES CON AERONAVES TIPO PESADO
INT	VUELOS DE CIAS EXTRANJERAS, NO SCHENGEN, DE AERONAVES TIPO MEDIO
NACHVV	CIAS NACIONALES CON AERONAVES TIPO PESADO
SCH	CIAS CON AERONAVES TIPO MEDIO PERTENECIENTES A PAISES SCHENGEN

**Tabla A.1.11.- Agrupación y descripción de compañías**

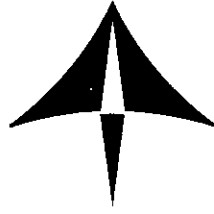




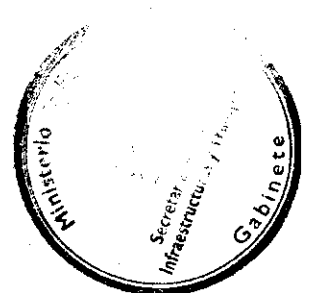
TERMINAL ACTUAL	
ESTACIONAMIENTOS	COMPAÑÍAS
ZONA T3 (DIQUE NORTE):	SMALL, NAC
ZONA T2 (ACTUAL NACIONAL)	SCH
ZONA T1 (ACTUAL INTERNACIONAL)	INT, INTHVY
ZONA SUR	TODAS LAS COMPAÑÍAS, EXCEPTO IBERIA Y FILIALES
NAT	
ESTACIONAMIENTOS	COMPAÑÍAS
EDIFICIO TERMINAL	IBNAC, IBPA, IBHVY, ANS
SATÉLITE	IBHVY, IBESCH
SATÉLITE ENTRE PISTAS	IBHVY, IBEINT

**Tabla A.1.12.- Distribución de compañías en las plataformas de estacionamiento**

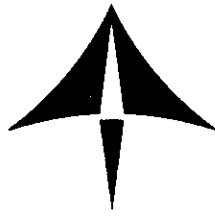




**ANEXO II:**  
**DISEÑO DEL FUTURO ÁREA DE MANIOBRAS Y TMA**

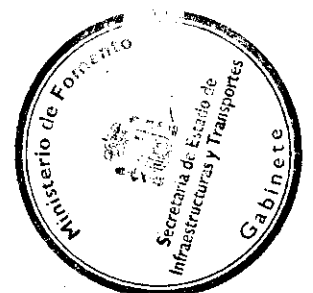


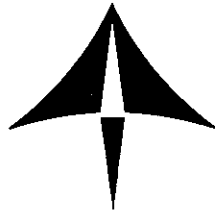




## ÍNDICE

	Pág. n°
A.1.- INTRODUCCIÓN.....	1
A.2.- PLANOS .....	1





## ANEXO II. DISEÑO DEL FUTURO ÁREA DE MANIOBRAS Y TMA

### A.1.- INTRODUCCIÓN

Este Anexo indica de forma gráfica el diseño del área de maniobras y TMA del Futuro Sistema Aeroportuario de Madrid-Barajas (FSAM).

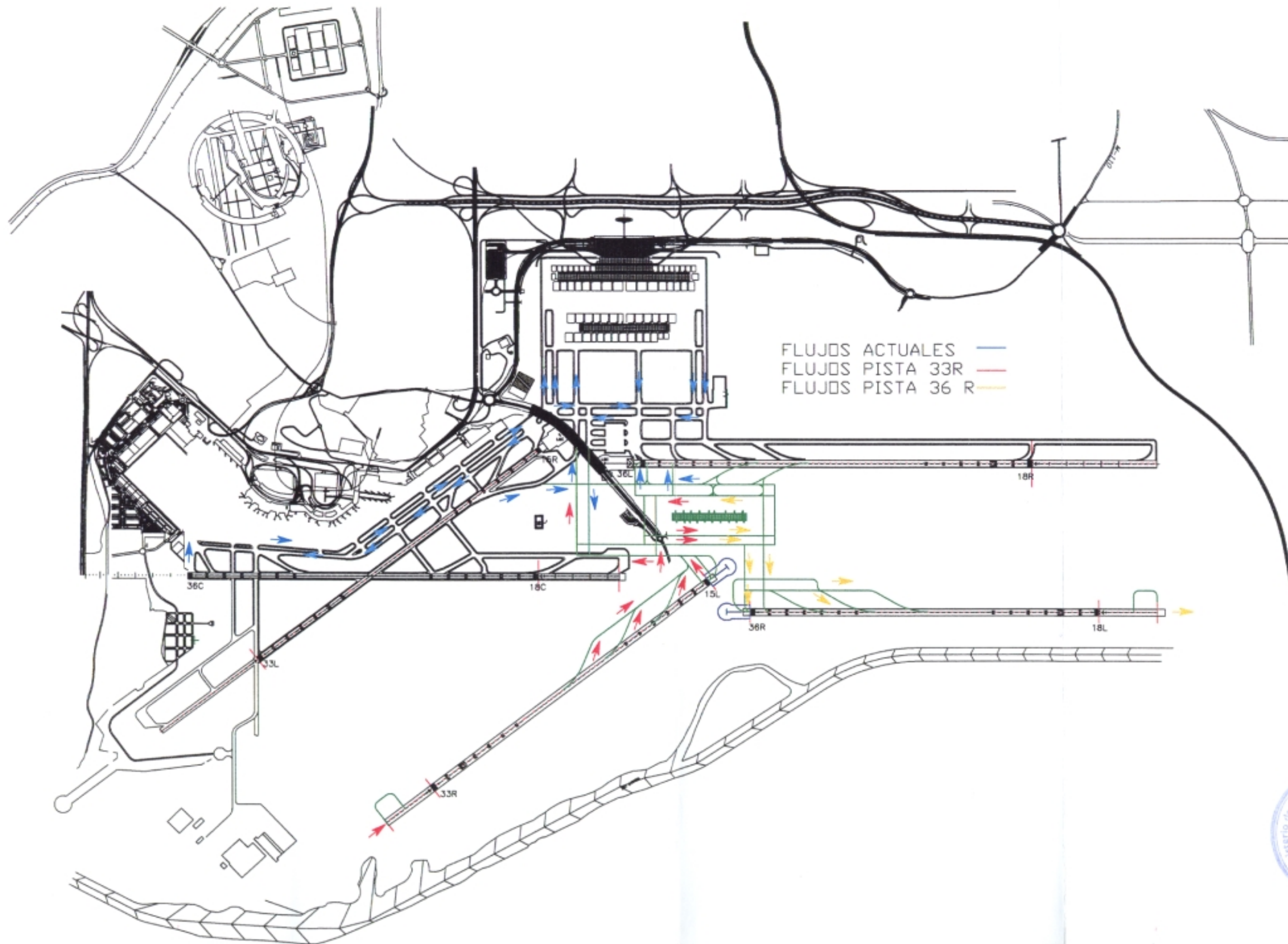
### A.2.- PLANOS

Los figuras de las páginas siguientes aportan información referente a:

- Sentidos de rodadura en el FSAM para las configuraciones Norte y Sur
- Distribución de posiciones de estacionamiento en el NAT y en el nuevo satélite entre pistas.
- Futuros procedimientos de llegada y salida del FSAM en configuraciones Norte y Sur.

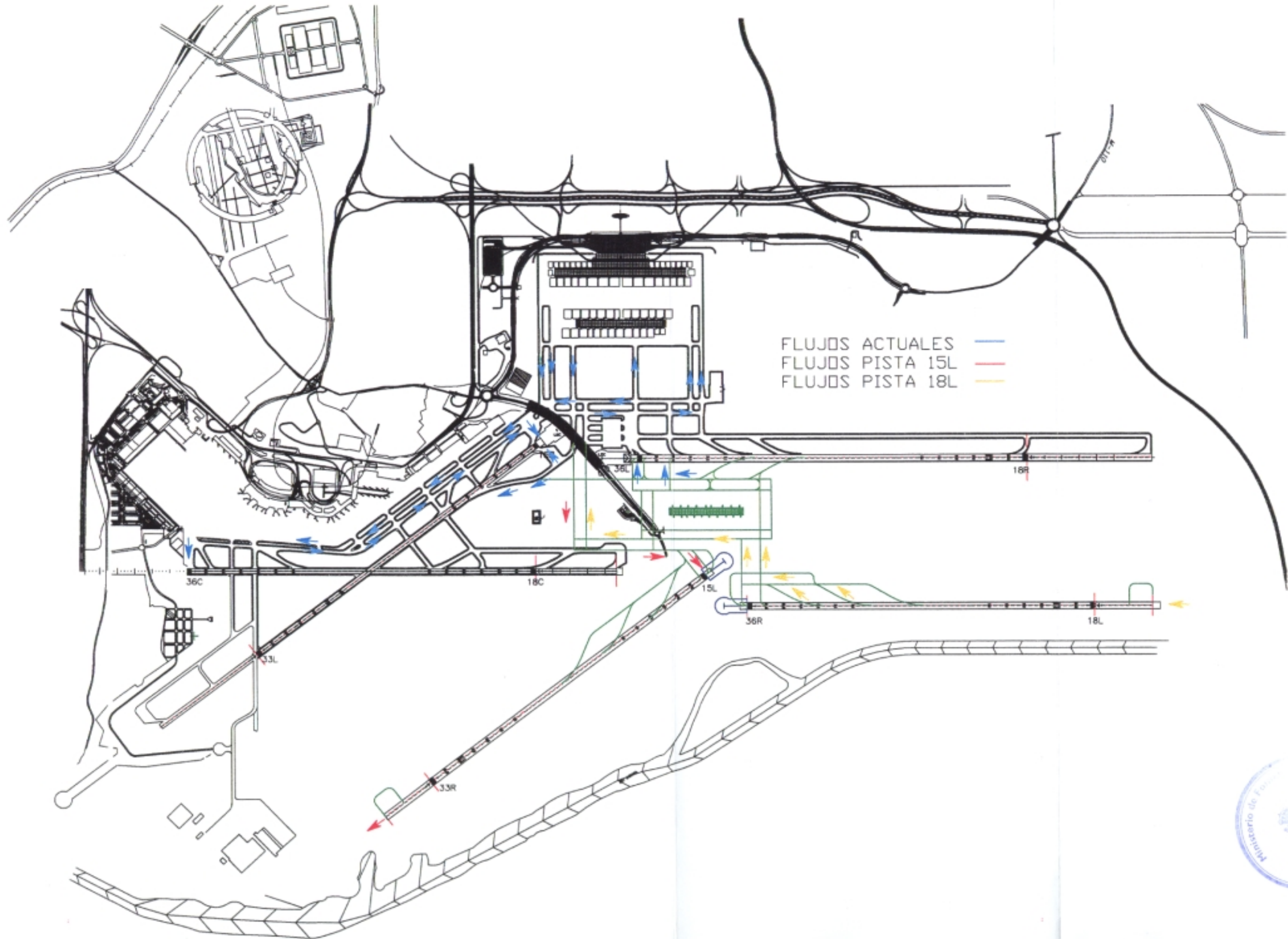


# SENTIDOS CONFIGURACIÓN NORTE

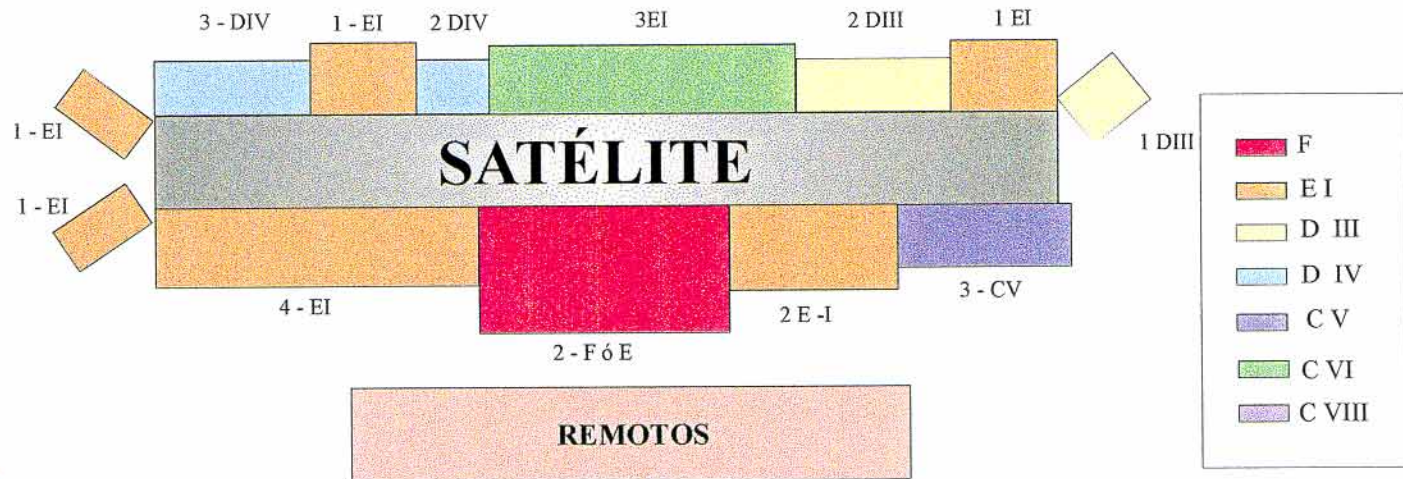
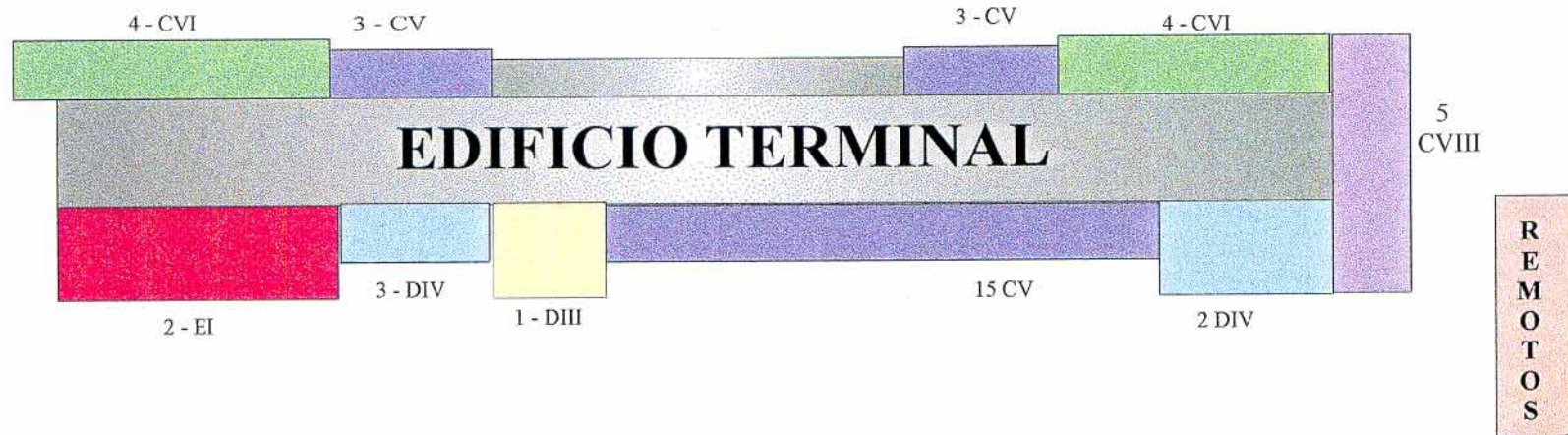




# SENTIDOS CONFIGURACIÓN SUR

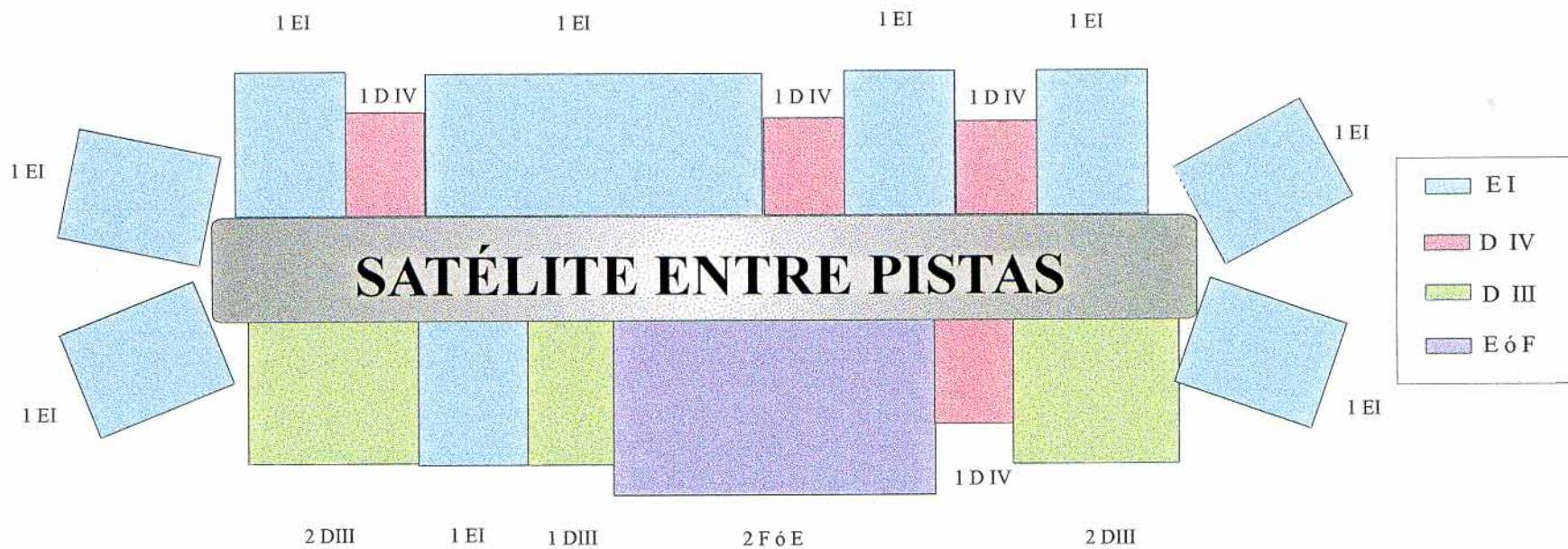


# DISTRIBUCIÓN DE LAS POSICIONES DE ESTACIONAMIENTO EN EL NAT

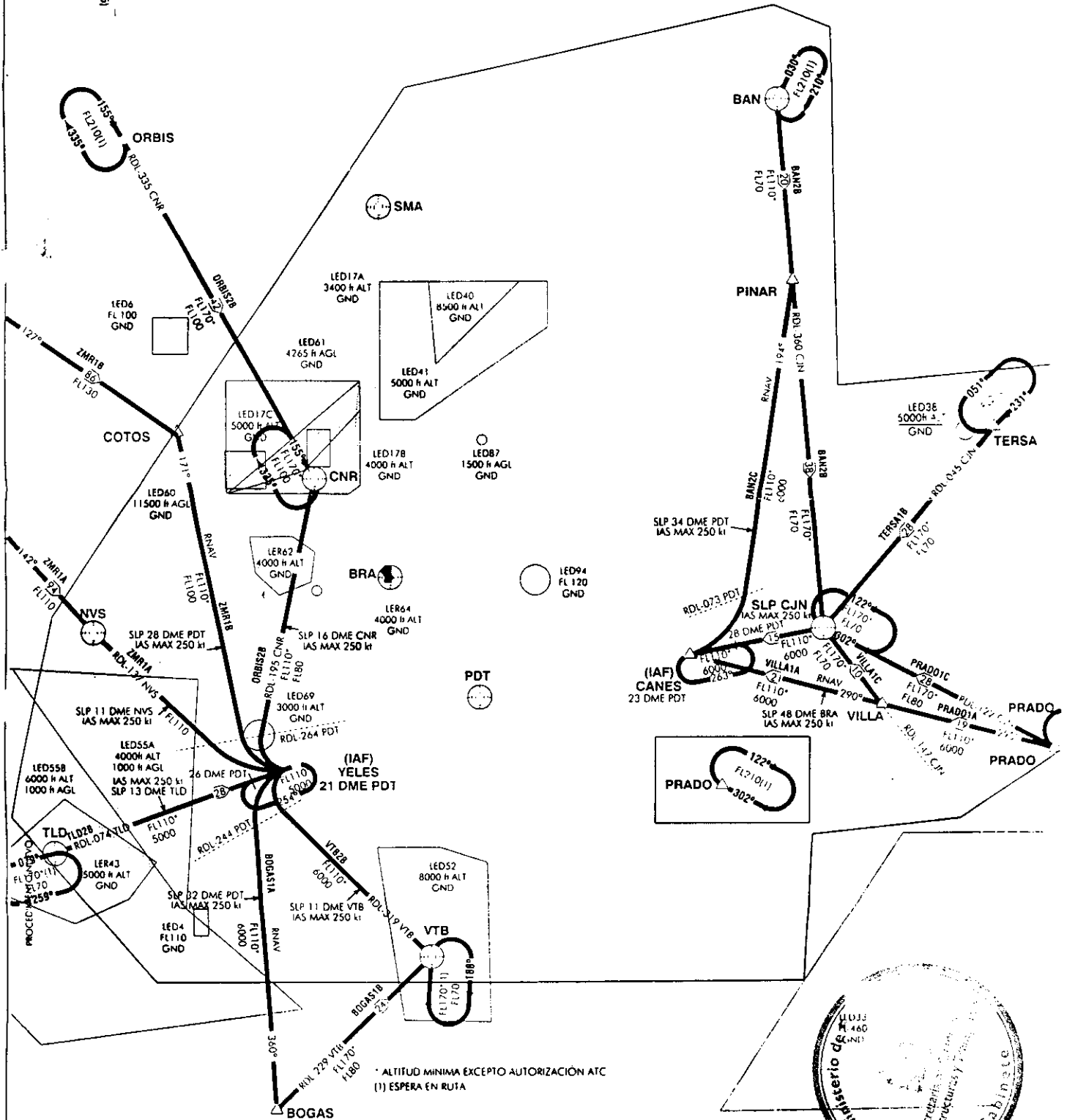




## DISTRIBUCIÓN DE LAS POSICIONES DE ESTACIONAMIENTO EN EL SATÉLITE ENTRE PISTAS



NOTA: IAS MAX 220 KI AL  
ABANDONAR LOS IAF



\* ALTITUD MINIMA EXCEPTO AUTORIZACION ATC  
(1) ESPERA EN RUTA

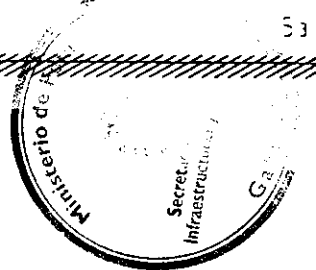
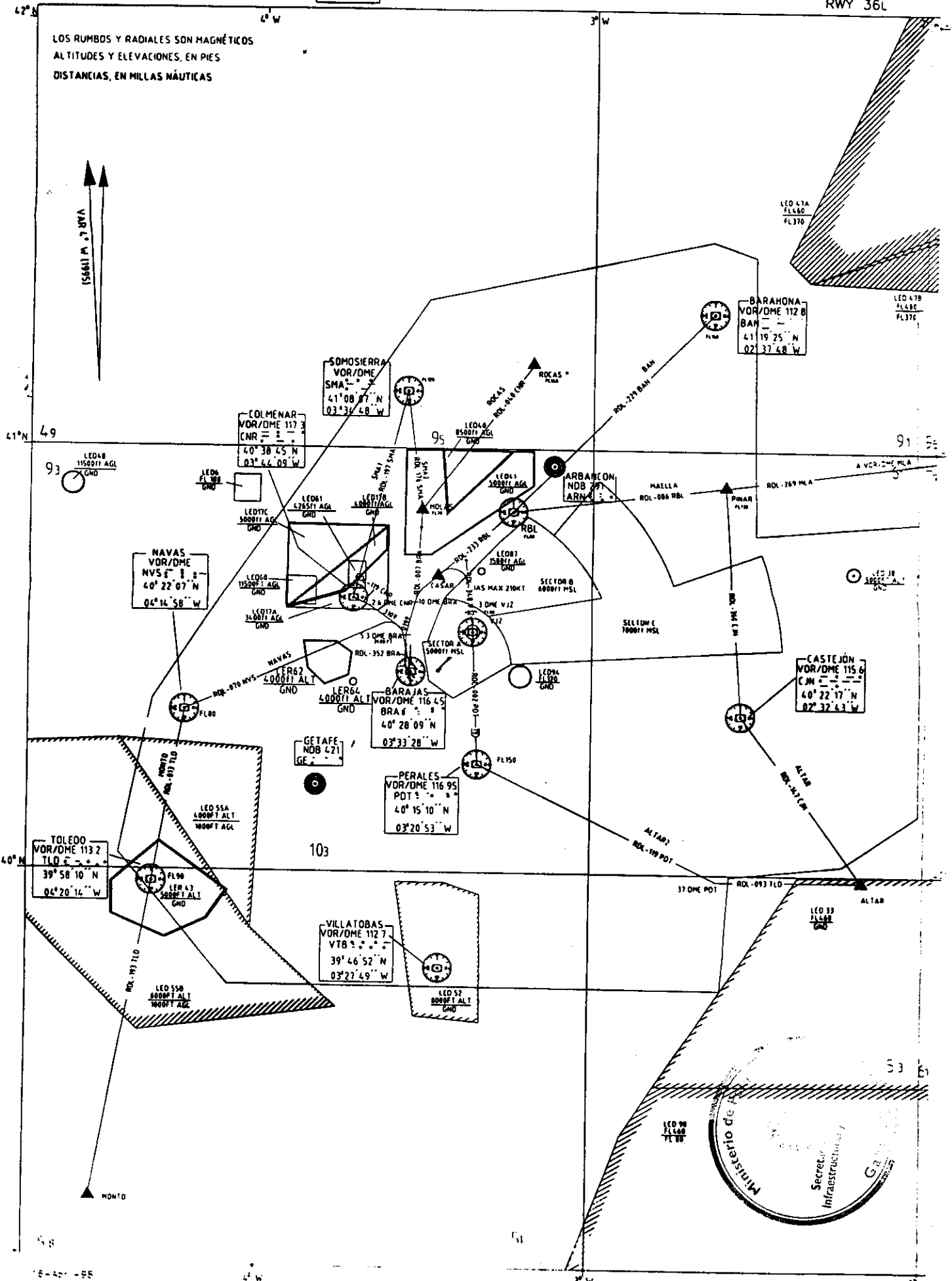


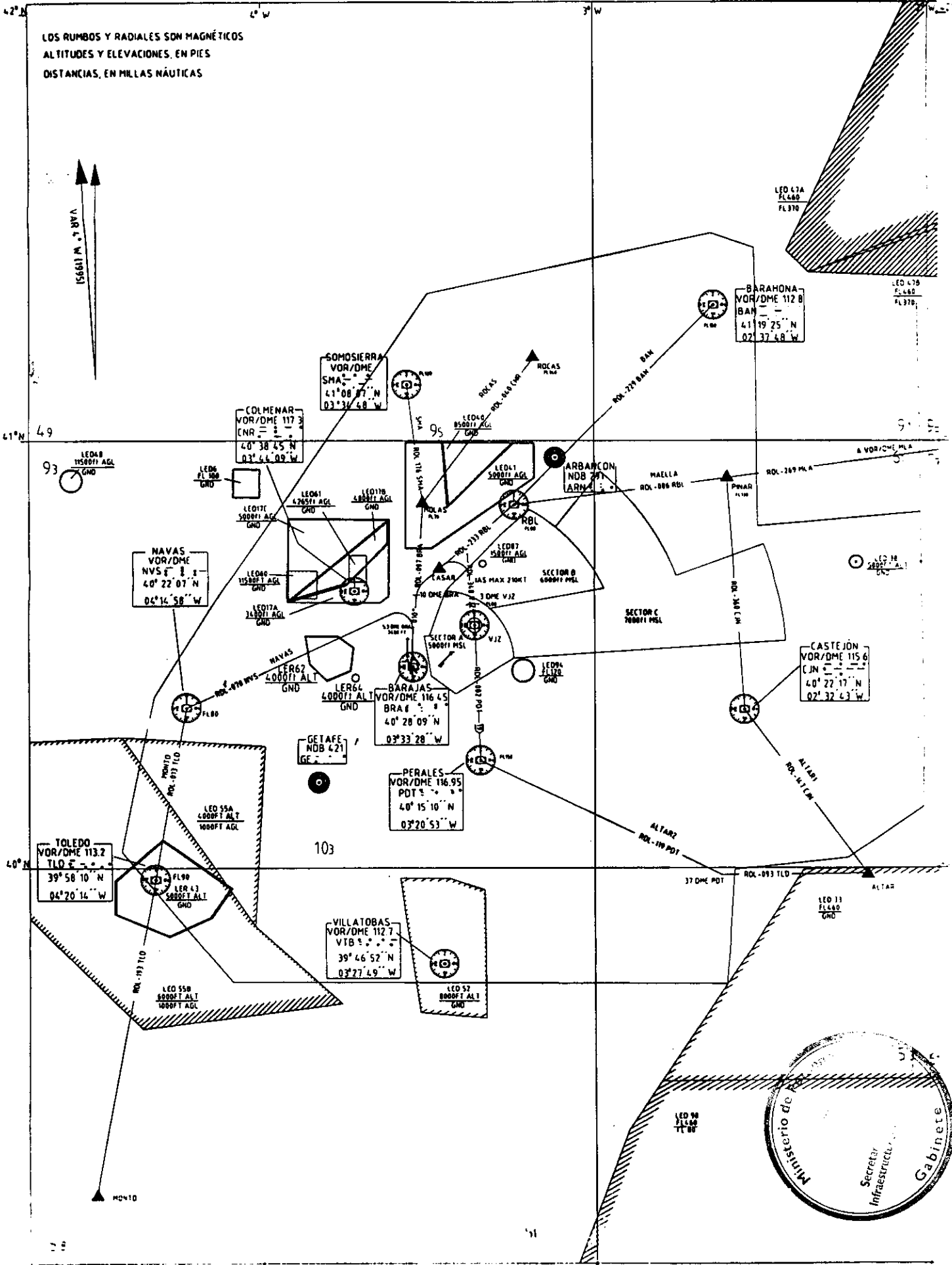
PROYECTO FSAM; CASO C+B  
 PROPUESTA SALIDAS INSTRUMENTALES

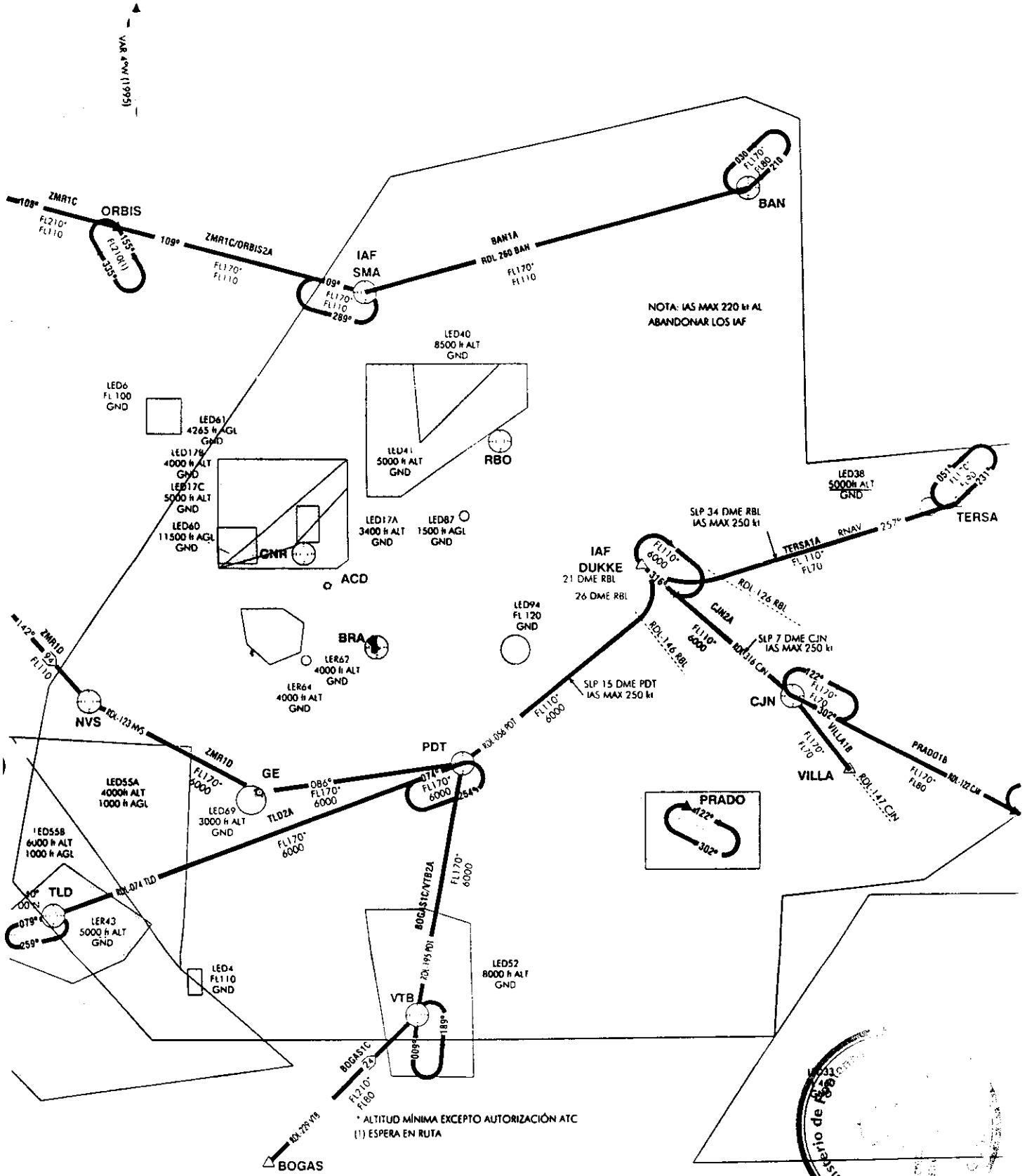
TA  
 6000

MADRID/BARAJAS  
 RWY 36L

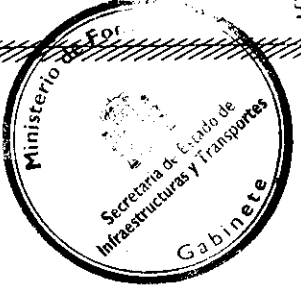
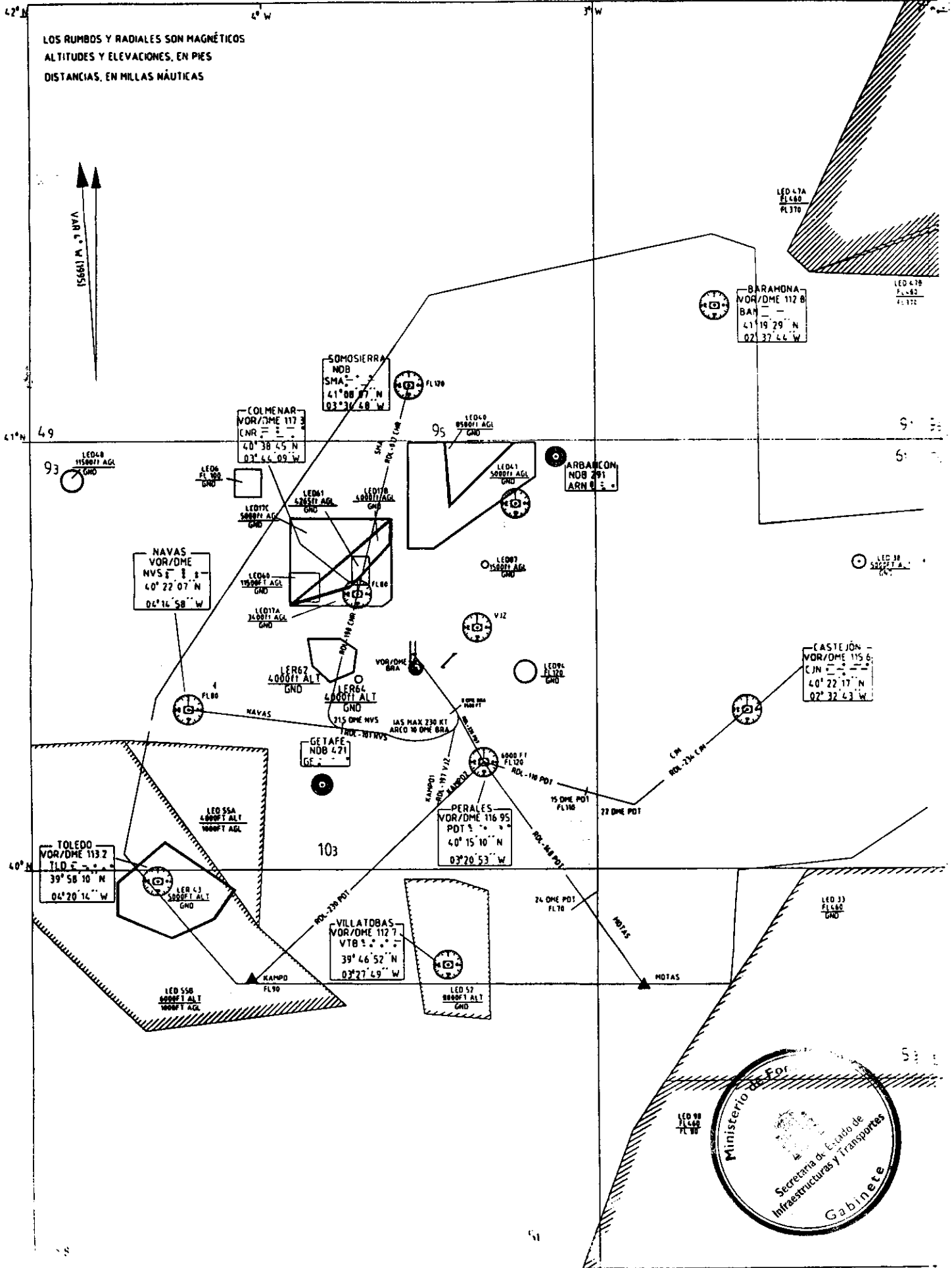
LOS RUMBOS Y RADIALES SON MAGNÉTICOS  
 ALTITUDES Y ELEVACIONES, EN PIES  
 DISTANCIAS, EN MILLAS NAUTICAS









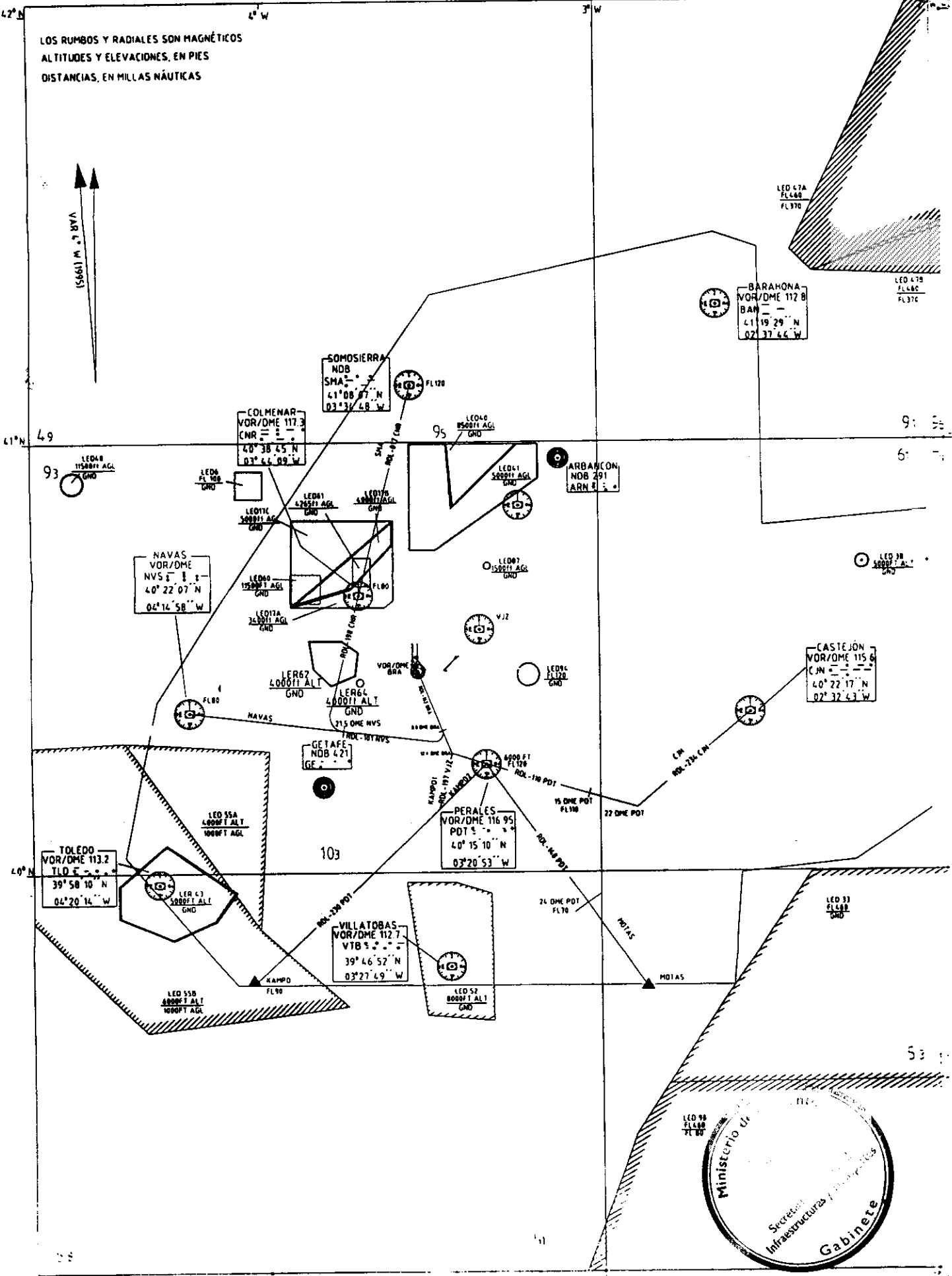


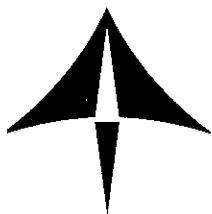
PROYECTO FSAM; CASO C+B  
 PROPUESTA SALIDAS INSTRUMENTALES

TA  
 6000

MADRID/BARAJAS  
 RWY 15R

LOS RUMBOS Y RADIALES SON MAGNÉTICOS  
 ALTITUDES Y ELEVACIONES, EN PIES  
 DISTANCIAS, EN MILLAS NÁUTICAS

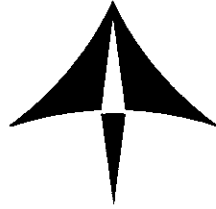




**ANEXO III:**

**CALCULO DE LOS TIEMPOS DE BLOQUEO PARA EL CASO C+B**





## ÍNDICE

	Pág. n°
A.1.- INTRODUCCIÓN.....	1
A.2.- CASO C+B SIN INTERFERENCIA CON EL AEROPUERTO DE TORREJÓN. ...	1
A.2.1.- Configuración Norte.....	1
A.2.2.- Configuración Sur. ....	2
A.2.3.- Metodología de cálculo. ....	2
A.2.4.- Procedimientos operacionales para las salidas de una misma pista de Barajas ....	4
A.2.5.- Procedimientos operacionales para las llegadas a una misma pista de Barajas ....	4
A.3.- CASO C+B: INTERFERENCIA DEL AEROPUERTO DE BARAJAS SOBRE EL AEROPUERTO DE TORREJÓN.....	5
A3.1.- Despegues de Torrejón.....	5





## ANEXO III.- CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE BLOQUEO PARA LOS PROCEDIMIENTOS DEL CASO C+B

### A.1.- INTRODUCCIÓN

A partir del “*Estudio de Procedimientos*” del caso C+B elaborado por la *División de Organización y Reglamentación* para el proyecto FSAM y la información suministrada por la División ATS Región Centro, se han realizado los cálculos de los correspondientes bloqueos a emplear en la simulación del modelo C+B.

### A.2.- CASO C+B SIN INTERFERENCIA CON EL AEROPUERTO DE TORREJÓN.

#### A.2.1.- Configuración Norte

En configuración Norte se han diseñado aproximaciones instrumentales simultáneas independientes a las cabeceras 33R/L, y salidas simultáneas independientes de las cabeceras 36R/L.

En la *Figura A.3.1* se muestra la configuración geométrica de las áreas de protección de las aproximaciones frustradas a las pistas 33R/L, de la cual según los criterios establecidos en el doc. de diseño de procedimientos, se deduce que:

- Las aproximaciones frustradas directas a la pista 33R bloquean a las salidas por las pistas 36R y 36L

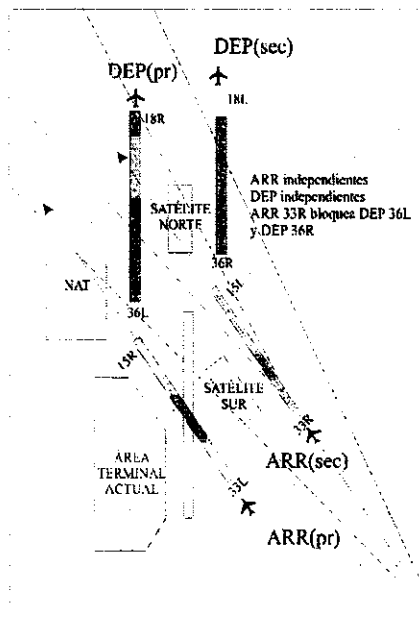
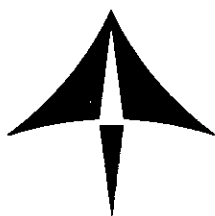


Figura A.3.1.- Áreas de protección para maniobras frustradas a la pista 33R





### A.2.2.- Configuración Sur.

En configuración Sur se han diseñado aproximaciones instrumentales simultáneas independientes a las cabeceras 18R/L y salidas simultáneas independientes de las cabeceras 15R/L.

Al igual que en configuración Norte, se adjunta un croquis representativo de las áreas de protección de la aproximación frustrada a la pista 18L, a partir del cual se deduce, en base a los criterios empleados en el documento de diseño de procedimientos, que las llegadas a la pista 18L bloquean las salidas por la 15R y 15L.

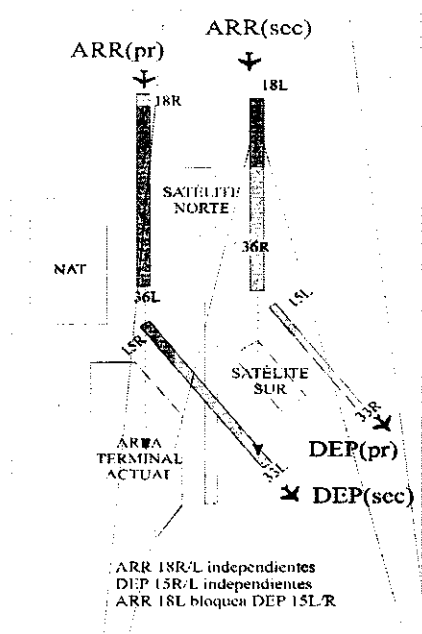
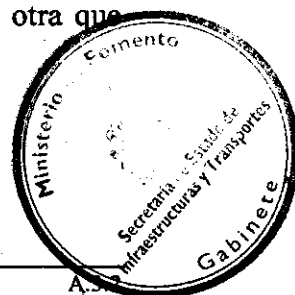


Figura A.3.2.- Áreas de protección para maniobras frustradas a la pista 18L

### A.2.3.- Metodología de cálculo.

Para el cálculo de los bloqueos se ha empleado el tiempo transcurrido desde el despegue hasta la intersección de las trayectorias nominales de vuelo con los límites de las áreas de las maniobras frustradas. El mismo cálculo considerando las trayectorias de vuelo con sus respectivas tolerancias, da como resultado valores menos restrictivos.

Una vez calculados los tiempos que necesita cada tipo de aeronave para abandonar la zona de influencia de las áreas críticas, se ha calculado la distancia respecto al umbral a la que una aeronave en maniobra de aproximación final bloquea a cualquier otra que pretenda despegar por cualquiera de las dos pistas afectadas





Los valores de bloqueo impuestos tanto en configuración Norte como en Sur se encuentran resumidos en las *Tablas A.3.1 y A.3.2*.

<b>TIPO DE AERONAVES QUE BLOQUEAN (ARR33R)</b>			
<b>AERONAVES BLOQUEADAS (DEP36L)</b>	Aeronaves Ligeras	Aeronaves Medias	Aeronaves Pesadas
Ligeras	2NM	2NM	2NM
Medias	2NM	2NM	2NM
Pesadas	2NM	2NM	2NM
<b>AERONAVES BLOQUEADAS (DEP36R)</b>	Aeronaves Ligeras	Aeronaves Medias	Aeronaves Pesadas
Ligeras	2,2NM	2,2NM	2,2NM
Medias	2,2NM	2,2NM	2,2NM
Pesadas	2,2NM	2,2NM	2,2NM

**Tabla A.3.1.- Tiempos de bloqueo en configuración Norte**

<b>TIPO DE AERONAVES QUE BLOQUEAN (ARR18L)</b>			
<b>AERONAVES BLOQUEADAS (DEP 15L)</b>	Aeronaves Ligeras	Aeronaves Medias	Aeronaves Pesadas
Ligeras	2,1NM	2,1NM	2,1NM
Medias	2,1NM	2,1NM	2,1NM
Pesadas	2,1NM	2,1NM	2,1NM
<b>AERONAVES BLOQUEADAS (DEP36R)</b>	Aeronaves Ligeras	Aeronaves Medias	Aeronaves Pesadas
Ligeras	2NM	2NM	2NM
Medias	2NM	2NM	2NM
Pesadas	2NM	2NM	2NM

**Tabla A.3.2.- Tiempos de bloqueo en configuración Sur**





#### A.2.4.- Procedimientos operacionales para las salidas de una misma pista de Barajas

Los despegues consecutivos desde una misma pista de Barajas deben mantener unos intervalos de tiempo de bloqueo entre sí con objeto de conseguir en espacio aéreo las separaciones según criterios de estela turbulenta. En estos tiempos de bloqueo influyen los siguientes factores:

- Clasificación de la aeronave en Pesada, Media ó Ligera.
- Rango de velocidades en las fases iniciales del vuelo.
- El hecho de que las aeronaves sucesivas vayan a seguir rutas que presentan divergencia al poco de despegar (8 DME de BRA según Carta de Acuerdo Madrid APP-TWR) ó siguen tramos comunes durante gran parte del vuelo.

De acuerdo a esos factores, los procedimientos de bloqueo introducidos en las simulaciones son los recogidos en la *Tabla A.3.3.*

Tiempos de Bloqueo en Segundos		Aeronave que Precede (1ª)					
		Despegues Sucesivos Siguen Rutas Divergentes			Despegues Sucesivos No Divergen		
		Pesada	Media	Ligera	Pesada	Media	Ligera
Aeronave que Sigue (2ª)	Pesada	65	75	175	80	90	190
	Media	85	65	165	100	80	180
	Ligera	105	95	85	120	110	100

**Tabla A.3.3.- Procedimientos de bloqueo entre despegues de una misma pista de Barajas.**

#### A.2.5.- Procedimientos operacionales para las llegadas a una misma pista de Barajas

Las reglas de separación en Espacio Aéreo para las llegadas consecutivas a una misma pista de aterrizaje son:

- Separación Inicial en Ruta = 10 MN.
- Separación en el TMA (antes del IAF) = 5 MN.
- Separación en el IAF y fases posteriores (Procedimiento de Aproximación): la separación propia debida a separaciones mínimas radar por estela turbulenta. Se consideran las que aparecen en la *Tabla A.3.4.*







SEPARACIONES EN MN		AERONAVE QUE PRECEDE (1ª)		
		PESADA	MEDIA	LIGERA
AERONAVE QUE SIGUE (2ª)	PESADA	4	3.5	3.5
	MEDIA	5	3.5	3.5
	LIGERA	6	5	3.5

**Tabla A.3.4.- Separaciones aplicadas en la fase de aproximación**

### **A.3.- CASO C+B: INTERFERENCIA DEL AEROPUERTO DE BARAJAS SOBRE EL AEROPUERTO DE TORREJÓN.**

#### **A3.1.- Despegues de Torrejón.**

Los tiempos de bloqueo provocados por las operaciones del aeropuerto de Madrid-Barajas con respecto a los despegues del aeropuerto de Torrejón utilizados para la simulación del modelo C+B, tanto en Configuración Norte como en Sur, derivados de información operativa suministrada por la División ATS de la Región Centro, son los que a continuación se presentan en la *Tabla A.3. 3*.

	TIEMPOS DE BLOQUEO (minutos)	
	OPERACIONES QUE BLOQUEAN	
	(LEMD) ARR33L Y 33R	(LEMD) DEP 15L Y 15R
OPERACIONES BLOQUEADAS DEP LETO23	6	5

**Tabla A.3.5.- Tiempos de bloqueo de las operaciones de LEMD sobre los despegues de LETO**





**APENDICE I:  
ANALISIS DE SENSIBILIDAD ANTE VARIACIONES DEL PERFIL DEL DÍA TIPO  
EN LA HORA PUNTA.**

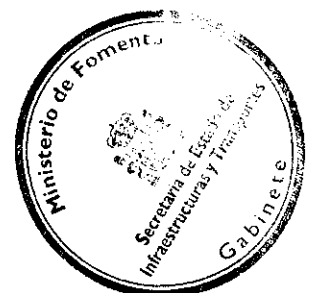






## ÍNDICE:

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- OBJETIVO DEL ANALISIS.....	1
3.- ALCANCE.....	1
4.- METODOLOGÍA DE ANÁLISIS.....	2
4.1.- Modificación del Perfil del Día Tipo.....	3
4.2. Fases del análisis.....	3
5.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	4
5.1.- Resultados de la Fase 1. Obtención del Nivel de Tráfico de Saturación.....	4
5.2.- Resultados de la Fase 2. Análisis de Sensibilidad de las Operaciones en Hora Punta.....	10





## **ANALISIS DE SENSIBILIDAD ANTE VARIACIONES DEL PERFIL DEL DÍA TIPO EN LA HORA PUNTA.**

### **1.- INTRODUCCIÓN.**

El objetivo del cuerpo principal del estudio de capacidad es determinar el nivel de tráfico que, de acuerdo al perfil del día tipo, saturaría la operación en el futuro Aeropuerto-TMA de Madrid-Barajas (caso C+B FSAM).

No obstante, y puesto que la demora global podría ser sensible al perfil del día tipo, se acometen de forma sistemática en los estudios de capacidad análisis de sensibilidad ante posibles variaciones del perfil del día tipo en hora punta, presentándose los resultados si tal sensibilidad existe y es tangible.

### **2.- OBJETIVO DEL ANALISIS.**

El objetivo del análisis de sensibilidad es evaluar hasta que punto podría incrementarse la demanda, y por tanto el número de ops/h atendidas, en la hora punta sin que ello suponga una penalización excesiva sobre el estado global de saturación del aeropuerto. Es decir, un análisis de sensibilidad de la operación frente al número de operaciones en la hora punta.

### **3.- ALCANCE.**

El nivel de tráfico de saturación obtenido para el caso de la Configuración Norte es de 1850 ops/día, (1775 ops/día en Conf. Sur). Para dicho nivel de tráfico se alcanzan a lo largo del día unos niveles de demora, tanto en tierra como en espacio aéreo, que permiten afirmar que el conjunto Aeropuerto-TMA se encuentra saturado.

No obstante, si se analiza el número de movimientos/hora en la hora de máximo tráfico (hora punta), se comprueba que dicho valor está por debajo de los valores máximos teóricos determinados en anteriores estudios. Esto es debido fundamentalmente al perfil del día tipo de operación en Madrid-Barajas, en particular a la composición de la demanda de llegadas y salidas a cada pista en hora punta.

En concreto, los resultados máximos y los correspondientes a la hora punta, para 1850 ops/día en Conf. Norte, se recogen en la Tabla Ap.1:





1850 Ops/Día	LLEGADAS			SALIDAS			TOTAL DE OPS POR HORA
	Flujo 33L	Flujo 33R	Total Llegadas	Flujo 36L	Flujo 36R	Total Salidas	
<b>Valores H Punta 17:00 h.</b>	32	33	65	28	26	54	119
<b>Valores Máximos en el día Para 1 h</b>	32 (17:00 h)	36 (19:00 h)	65 (17:00h)	42 (15:00 h)	39 (06:00 h)	66 (15:00h)	119 (17:00 h)

**Tabla Ap.1. Número de Ops/h Máximas y en Hora Punta para Configuración Norte. Tráfico de Saturación de 1850 Ops/Día.**

Respecto a los valores anteriores conviene destacar:

- En la hora punta (17:00 h) las operaciones de llegada a ambas pistas 33L y 33R alcanzan sus valores máximos ó muy cercanos a ellos.
- En dicha hora punta (17:00 h) las operaciones a ambas pistas de salida se encuentra por debajo de sus valores máximos.
- La hora punta contempla un total de 119 ops/h pudiendo absorber una demanda superior en hora punta, fundamentalmente en salidas.
- En el caso de considerar los máximos de operaciones en cada pista, dichos valores no pueden sumarse dada la influencia de las operaciones de llegada a la pista 33R (por su frustrada) sobre las salidas desde ambas pistas. Aún así, en la hora de mayor número de movimientos podrían alcanzarse valores superiores a 119 ops/h.

Por tanto, aunque con 1850 ops/día el conjunto Aeropuerto-TMA alcanza el estado de saturación, las operaciones máximas en hora punta podrían estar por debajo de su potencial. Por ello se acomete este análisis de sensibilidad para evaluar el impacto que tendría aumentar las operaciones máximas a la hora. El estudio se circunscribe a la C. Norte, siendo sus resultados extrapolables a la C. Sur.

#### 4.- METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

La metodología de análisis consiste en alterar ligeramente el perfil del día tipo original con objeto de alcanzar un mayor número de ops/h en la hora punta, modificando únicamente algunas operaciones cercanas a dicha hora. De esa manera, las variaciones introducidas en el perfil del día tipo son limitadas.





Una vez establecidos incrementos significativos de demanda de operaciones en la hora punta se analizan los parámetros que determinan el estado de saturación del conjunto Aeropuerto-TMA con objeto de analizar hasta que punto es posible aumentar las operaciones en hora punta sin introducir penalizaciones excesivas en el estado global de saturación del aeropuerto a lo largo de todo el día.

#### 4.1.- Modificación del Perfil del Día Tipo

Dado que la demanda de operaciones de llegada a ambas pistas está prácticamente al máximo de lo admisible en la hora punta (17:00 h) no se actúa sobre ellas, modificando solamente las operaciones de salida, al presentar éstas valores por debajo de sus máximos potenciales. Para aumentar esas operaciones de salida en la hora punta se recurre a 2 tipos de acciones:

- Trasvasar operaciones de salida desde las 2 horas anteriores y las 2 horas posteriores a dicha hora punta (17:00 h).
- Añadir algunos vuelos extra en dicha hora punta.

La elección de tipo de aeronave, compañía y ruta a seguir en espacio aéreo se realiza de manera que no se alteren las proporciones existentes en la hora punta para cada uno de esos factores.

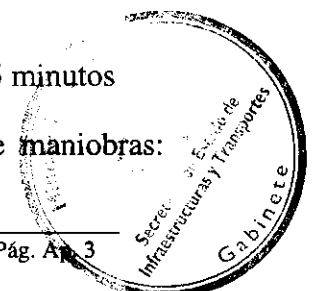
El número de salidas (demanda) añadidas y desviadas hacia la hora punta (17:00 h) se establece en 3 etapas (todas ellas referidas al estado de saturación original con 1850 ops/día)

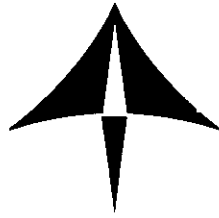
1. **Incremento de tráfico A:** 8 salidas adicionales en la hora punta.
2. **Incremento de tráfico B:** 19 salidas adicionales en la hora punta.
3. **Incremento de tráfico C:** 23 salidas adicionales en la hora punta.

#### 4.2. Fases del análisis

El análisis se estructura en 2 fases:

- **Fase 1.** Para el incremento de demanda de tráfico C en hora punta, se analizan los parámetros fundamentales para todos los niveles de tráfico, es decir 800 ops/día (día tipo sin incrementar), 1100, 1775, 1850, 1900 y 2050 ops/día. Los parámetros analizados son:
  1. Demora media en Área de Maniobras: límite admisibilidad 4-4.5 minutos
  2. Proporción de salidas demoradas más de 1 min. en Área de maniobras: límite 60-70%





3. Demora media en espacio aéreo de las llegadas: límite el punto de inflexión en la curva.

4. Perfiles de Demanda/Flujo de llegadas y salidas: límite fijado en el tráfico que presenta varias horas consecutivas de demanda no absorbida en alguna pista.

Estos parámetros y sus límites de admisibilidad son los mismos que los del estudio principal. El objeto de esta Fase 1 consiste en analizar si con un incremento en hora punta hasta valores cercanos al máximo teórico el nivel de tráfico de saturación (medido en ops/día) se mantiene en 1850 ops/día ó varía de forma sustancial.

- **Fase 2. Análisis de Sensibilidad frente a la variación de Ops/h en Hora Punta:** para el tráfico de saturación obtenido de la Fase 1 se ensayan los diferentes niveles de incremento de tráfico en hora punta, niveles A, B y C, con objeto de determinar como varía el estado de saturación ante variaciones del número de ops/h de la hora punta.

En esta segunda fase se limita el análisis a los parámetros de demora relacionados con la operación de las salidas, ya que se actúa sólo sobre la demanda de las salidas en hora punta.

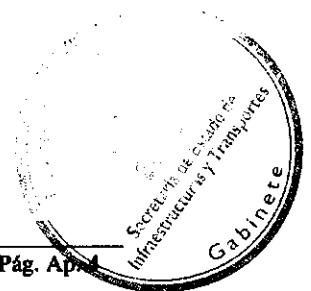
## 5.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se exponen los resultados obtenidos para cada una de las 2 Fases de estudio, comentando los aspectos más destacados de los mismos.

### 5.1.- Resultados de la Fase 1. Obtención del Nivel de Tráfico de Saturación.

- **Demoras de las Salidas en el Área de Maniobras. Proporción Salidas Demoradas:**

En la Tabla Ap.2 se recogen los valores correspondientes a demoras medias en área de maniobras de las salidas y la proporción de salidas demoradas (demora superior a 1 minuto).







CONFIGURACIÓN NORTE						
CARGA TRÁFICO NOMINAL	SALIDAS					
	DEMORA MEDIA (minutos) Límite: 4-4.5 min		N° SALIDAS DEMORADAS Límite: 60%-70%		DEMORA MEDIA DEMORADOS	
Demoras en minutos	H. Punta increment.	H. Punta original	H. Punta increment.	H. Punta original	H. Punta increment.	H. Punta original
800 Ops./día	0.31	0.31	51 (12.66%)	49 (12.2%)	2.44	3.25
1100 Ops./día	0.82	1.59	156 (28.52%)	242 (44.1%)	2.86	3.61
1775 Ops./día	3.54	3.28	493 (55.52%)	490 (55.49%)	6.37	5.91
<b>1850 Ops./día</b>	<b>4.65</b>	<b>4.03</b>	<b>550 (59.20%)</b>	<b>544 (58.87%)</b>	<b>7.86</b>	<b>6.84</b>
1900 Ops./día	5.40	4.74	581 (60.58%)	575 (60.21%)	8.91	7.87
2050 Ops./día	7.38	6.62	672 (65.69%)	657 (64.54%)	11.24	10.25

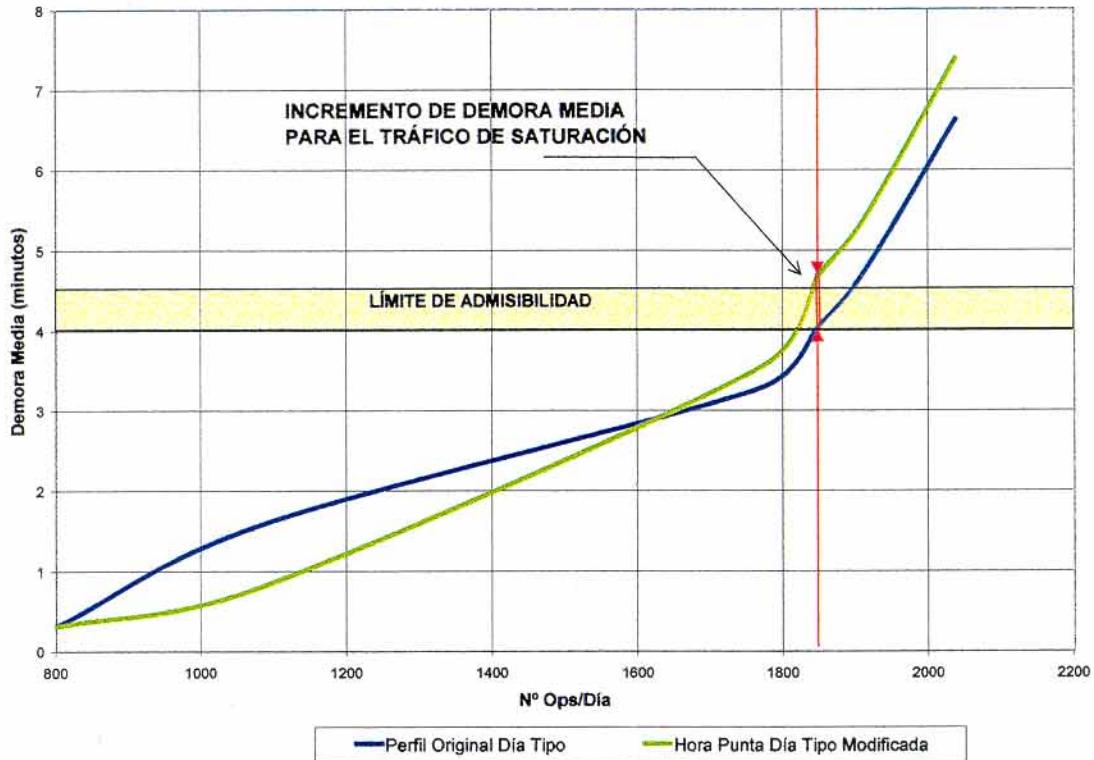
**Tabla Ap.2.- Valores de Demora en Área de Maniobras de las Salidas. Hora Punta Incrementada-Hora Punta original.**

Se comprueba que de todos los niveles de tráfico ensayados, sigue siendo el de 1850 ops/día el nivel de saturación.

En la Figura Ap.1 se representan los valores de Demora Media de las Salidas para los perfiles de tráfico originales y con la hora punta incrementada.

En los primeros niveles de tráfico (800 y 1100 ops/día), las demoras medias ó son iguales ó se reducen al incrementar la demanda en hora punta. Eso es debido a que mientras se está suficientemente alejado del tráfico de saturación (1850 ops/h) la demanda modificada consigue un reparto algo más uniforme de los vuelos en las horas cercanas a la hora punta (al haber desplazado operaciones de salida de sus horarios originales. Sin embargo, al llegar al estado de saturación, los problemas de demora se acentúan en la hora punta incrementada, por lo que las demoras pasan a ser mayores.





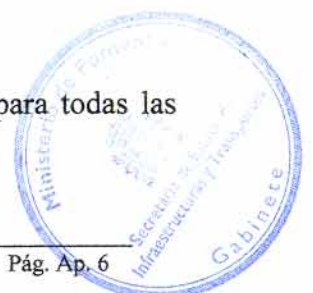
**Figura Ap.1. Demora Media de las Salidas. Perfil de Día Tipo sin Modificar y con Hora Punta Incrementada.**

Puede decirse que por lo que a este parámetro respecta el nivel de tráfico de saturación es prácticamente el mismo (1850 ops/día). En lo que sí existe variación es en el nivel de ese estado de saturación. Con el Perfil del día Tipo sin alterar se alcanzaba el intervalo de saturación en su valor inferior (4.03 minutos). Al aumentar la demanda de operaciones de la hora punta (23 salidas más en esa hora para el nivel de 1850 ops/día) se sobrepasa el intervalo de 4-4.5 minutos establecido como intervalo de saturación (se llega a 4.65 minutos).

Si se comparan los valores obtenidos (4.03 minutos frente a 4.65 de media) se comprueba que alterando el horario de 23 salidas (de un total de 1850 vuelos al día) el nivel de demora de las salidas en el área de maniobras se incrementa en un 15.40% por término medio para todo el día.

- **Demora Media en Espacio Aéreo de las Llegadas:**

En la Tabla Ap.3 se recogen los valores de demora media en espacio aéreo para todas las llegadas con el perfil original del Día Tipo y con la hora punta modificada.





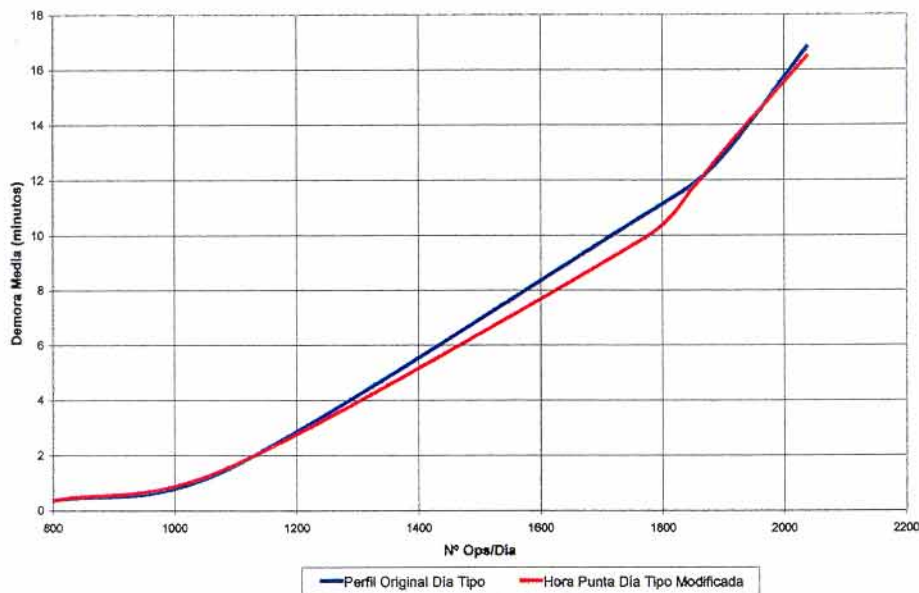


Configuración Norte						
Demora Media en Aire para las Llegadas (minutos)						
N° Ops/Día	800	1100	1775	1850	1900	2050
Día Tipo Original	0.37	1.52	10.73	11.80	13.21	16.81
H. Punta increment.	0.37	1.56	9.90	11.65	13.38	16.48

**Tabla Ap.3. Demora Media de las Llegadas en Espacio Aéreo. Comparación entre Perfil Original del Día Tipo y Perfil con Hora Punta Incrementada.**

Se comprueba que la variación experimentada es muy pequeña. La razón es que al incrementar el tráfico de la hora punta sólo se ha actuado sobre un número reducido de salidas, por lo que las operaciones de llegada no deberían verse afectadas en absoluto. Las pequeñas variaciones observadas son debidas a las variables estocásticas de la herramienta de simulación.

En la Figura Ap.2 se presenta esta información de manera gráfica.



**Figura Ap.2. Comparativa entre las Demoras en Aire de las Llegadas**





- **Perfiles de Demanda/Flujo de las llegadas y salidas:**

En las Tablas Ap.4 y Ap.5 se recogen los valores de Demanda/Flujo y Flujo según pistas y operaciones para el nivel de 1850 ops/día (nivel de saturación) con la hora punta incrementada (demanda incrementada en 23 salidas/h en hora punta).

DEMANDA/FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE. 1850 OPS/DÍA								
HORA	Demam 33L	Flujo 33L	Demam 33R	Flujo 33R	Demam 36L	Flujo 36L	Demam 36R	Flujo 36R
0.00.00	2	2	2	2	0	0	2	1
1.00.00	0	0	5	5	5	5	17	18
2.00.00	0	0	0	0	2	2	0	0
3.00.00	3	3	7	7	0	0	5	5
4.00.00	7	7	9	8	0	0	4	3
5.00.00	4	4	4	5	12	12	33	32
6.00.00	29	29	18	15	16	16	37	39
7.00.00	20	20	33	35	17	17	29	28
8.00.00	33	28	35	30	21	21	30	31
9.00.00	20	26	31	36	16	14	35	34
10.00.00	14	12	19	20	35	36	21	20
11.00.00	14	16	25	24	35	35	11	12
12.00.00	17	17	37	29	37	37	30	28
13.00.00	20	20	30	33	35	32	21	24
14.00.00	17	15	22	28	25	28	23	20
15.00.00	25	25	20	18	41	40	16	19
16.00.00	22	21	27	27	28	28	20	20
17.00.00	35	32	35	34	40	38	35	34
18.00.00	19	22	42	31	37	40	22	23
19.00.00	19	18	42	37	29	29	17	17
20.00.00	29	31	56	34	27	26	21	21
21.00.00	17	18	30	35	2	4	7	7
22.00.00	10	10	13	37	10	10	10	10
23.00.00	3	3	0	12	7	7	3	3
TOTAL	379	379	542	542	477	477	449	449

**Tabla Ap.4.- Relación Demanda/Flujo en Configuración Norte para un nivel de Tráfico de 1850 Ops/día. Operaciones de la Hora Punta aumentadas.**







FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE							
HORA	LLEGADAS		SALIDAS		TOTAL LLEGAD.	TOTAL SALIDAS	TOTAL MOVIMIENT.
	FLUJO 33L	FLUJO 33R	FLUJO 36L	FLUJO 36R			
0.00.00	2	2	0	1	4	1	5
1.00.00	0	5	5	18	5	23	28
2.00.00	0	0	2	0	0	2	2
3.00.00	3	7	0	5	10	5	15
4.00.00	7	8	0	3	15	3	18
5.00.00	4	5	12	32	9	44	53
6.00.00	29	15	16	39	44	55	99
7.00.00	20	35	17	28	55	45	100
8.00.00	28	30	21	31	58	52	110
9.00.00	26	36	14	34	62	48	110
10.00.00	12	20	36	20	32	56	88
11.00.00	16	24	35	12	40	47	87
12.00.00	17	29	37	28	46	65	111
13.00.00	20	33	32	24	53	56	109
14.00.00	15	28	28	20	43	48	91
15.00.00	25	18	40	19	43	59	102
16.00.00	21	27	28	20	48	48	96
17.00.00	32	34	38	34	66	72	138
18.00.00	22	31	40	23	53	63	116
19.00.00	18	37	29	17	55	46	101
20.00.00	31	34	26	21	65	47	112
21.00.00	18	35	4	7	53	11	64
22.00.00	10	37	10	10	47	20	67
23.00.00	3	12	7	3	15	10	25
TOTAL	379	542	477	449	921	926	1847

**Tabla Ap.5.- Valores de Flujo resultante en Configuración Norte para el Modelo de Saturación (1850 operaciones/día). Perfil del Día Tipo Alterado en la Hora Punta 17:00.**

Las operaciones totales en la hora punta (flujo absorbido) se ven notablemente incrementadas (138<sup>1</sup> ops/h frente a las 119 ops/h con el perfil original del día tipo sin modificar). Ambas pistas de salida proporcionan puntas horarias un poco más elevadas en horas diferentes de la punta, pero siempre en horas donde el número de llegadas es relativamente bajo. Ello es debido a la influencia de las llegadas por la pista 33R sobre las salidas. De hecho, en la hora punta ambas pistas de salida están saturadas ya que no son capaces de atender completamente la demanda presente después de haber incrementado las operaciones de esa hora punta.

<sup>1</sup> Con 138 movimientos en la hora punta la repercusión negativa sobre la operatividad del sistema es inaceptable. Más adelante en la 2ª Fase se evalúa cual es el incremento de movimientos en hora punta compatible con niveles de demora aceptables.







Por tanto, el nivel de tráfico de saturación al haber modificado la hora punta sigue siendo el de 1850 ops/día, sólo que con una situación más acusada en la saturación. Debido a ello, es este nivel de tráfico de 1850 ops/h el que se mantiene en la 2ª Fase del estudio, variando los incrementos de operaciones en la hora punta y analizando su repercusión sobre el estado de saturación.

## 5.2.- Resultados de la Fase 2. Análisis de Sensibilidad de las Operaciones en Hora Punta

Para el nivel de Tráfico de Saturación (1850 ops/día) se analizan 4 perfiles de tráfico:

- Perfil de demanda original.
- Perfil de demanda A: Incremento de 8 salidas/hora en la Hora Punta.
- Perfil de demanda B: Incremento de 19 salidas/hora en la Hora Punta.
- Perfil de demanda C: Incremento de 23 salidas/hora en la Hora Punta (tráfico de la Fase 1).

Los resultados obtenidos son:

- **Demora Media de las Salidas en el Área de Maniobras**

En la Tabla Ap.6 se incluyen estos resultados:

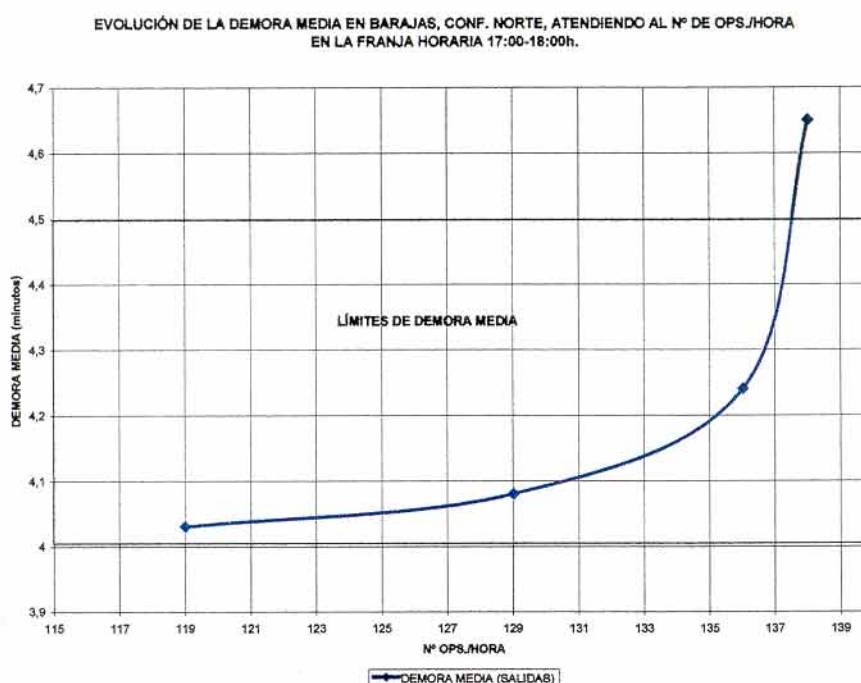
Configuración Norte		
Perfil de Tráfico (Demanda)	DEMORA MEDIA (Límite: 4-4.5 minutos)	Nº de Ops/h en Hora Punta (Flujo)
Perfil Original del Día Tipo	4.03	119
Perfil A (+8 salidas/h punta)	4.08	129
Perfil B (+19 salidas/h punta)	4.24	136
Perfil C (+23 salidas/h punta)	4.65	138

**Tabla Ap.6.- Valores de Demora Media para los diferentes incrementos de tráfico de salida en hora punta. 1850 ops/día.**





En la Figura Ap.3 aparece representada la misma información.



**Figura Ap.3. Variación de la Demora Media de las Salidas frente a Incrementos de Tráfico en la Hora Punta. Tráfico de Saturación 1850 ops/día.**

El aumento de la demora media de las salidas a lo largo de todo el día frente a la del perfil original es de un 1.25%, 5.20% y 15.40% al aumentar las operaciones en hora punta de 119 a 129, 136 y 138 ops/h respectivamente.

Tanto del crecimiento de la curva cómo de los valores obtenidos se deduce que incrementos en la hora punta del orden de 10 ops/h (129 ops/h frente a 119) son aceptables desde el punto de vista del estado de saturación del sistema, ya que suponen variaciones muy pequeñas en las demoras (curva prácticamente horizontal). Sin embargo, por encima de esos valores las demoras para todo el día crecen de manera muy rápida a pesar de que los cambios se limitan a unas pocas aeronaves operando en una franja limitada en torno a la hora punta.

- **Perfiles de Demanda/Flujo ante incrementos en la Hora Punta:**

En la Figura Ap.4 se muestran los perfiles de las operaciones de salida, al ser aquellas operaciones sobre las que se ha actuado.





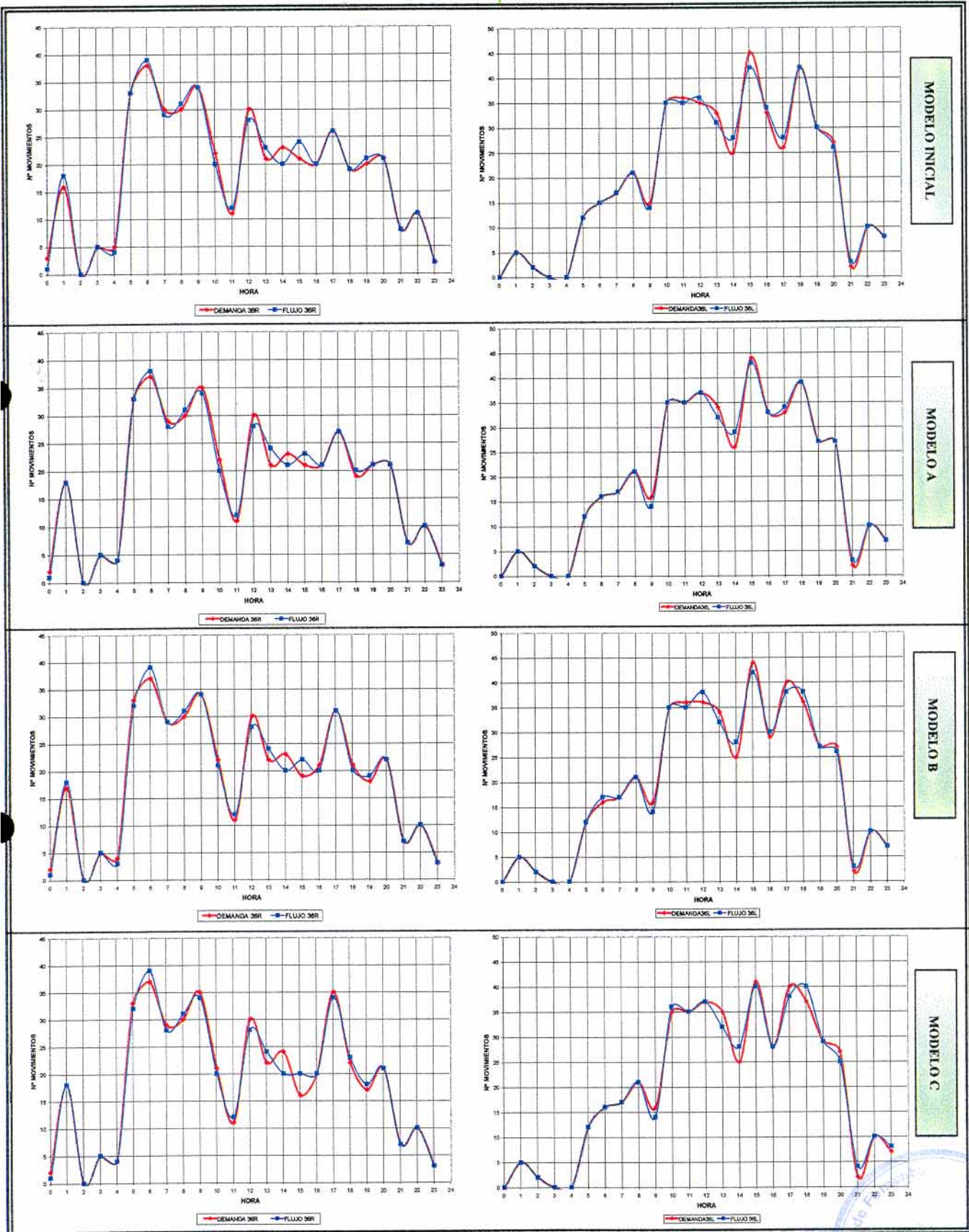
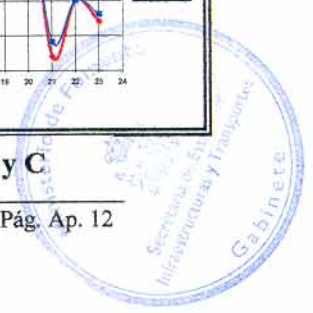


Figura Ap.4.- Evolución de la Demanda/Flujo para los perfiles inicial A, B y C





Se comprueba que a partir del perfil B comienzan a aparecer problemas de absorción completa de la demanda para las salidas en la hora punta 17:00h.

La Tabla Ap.7 recoge los resultados de flujo por cada pista para cada uno de los modelos analizados, exclusivamente para la hora que proporciona máximo número de operaciones (17:00 h)

FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE							
HORA	LLEGADAS		SALIDAS		TOTAL LLEGAD.	TOTAL SALIDAS	TOTAL MOVIMIEN.
	FLUJO 33L	FLUJO 33R	FLUJO 36L	FLUJO 36R			
MODELO INICIAL 17.00.00h	32	33	28	26	65	54	119
MODELO A 17.00.00h	33	35	34	27	68	61	129
MODELO B 17.00.00h	33	34	38	31	67	69	136
MODELO C 17.00.00h	32	34	38	34	66 <sup>2</sup>	72	138

**Tabla Ap.7.- Resumen de Valores de Flujo resultante en Configuración Norte para cada uno de los Modelos (17:00-18:00h). Tráfico de Saturación 1850 ops/día.**

## 6.- CONCLUSIONES

Es posible conseguir a partir del perfil de tráfico original, y mediante cambios que afectan principalmente a un número reducido de salidas, puntas de tráfico en una hora superiores a las 130 ops/h. Sin embargo, el coste desde el punto de vista de las demoras es muy elevado y perjudicaría a la operatividad y calidad de servicio del aeropuerto durante todo el día.

Modificaciones de la demanda mediante una adecuada programación de salidas, podría permitir en un hora punta entre 119 y 129 ops/h máximas, sin penalizar gravemente la operatividad del aeropuerto. No obstante, queda entendido que estos cambios afectarían a una sola hora, considerada como hora punta no sostenida, siendo la situación previsiblemente peor si se pretendiera conseguir ese nivel de operación durante varias horas consecutivas de manera sostenida.

<sup>2</sup> Si se comparan los valores de llegadas absorbidas en la hora punta con el perfil de tráfico sin modificar, se observan pequeñas variaciones, a pesar de haber actuado solamente sobre algunas operaciones de salida. Esas pequeñas variaciones son debidas a las variables aleatorias de la herramienta de simulación.





**Aena**



*Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea*

**DIRECCIÓN DE SISTEMAS E INSTALACIONES DE NAVEGACIÓN AÉREA  
DIVISIÓN DE DESARROLLO DEL SNA**

**ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ANTE  
VARIACIONES EN LOS  
PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS  
FSAM CASO C+B**

**Febrero de 1999**







## RESUMEN EJECUTIVO

El objeto de este análisis de sensibilidad es determinar el impacto que tendrán sobre el estado de saturación del sistema Aeropuerto-TMA (caso C+B del proyecto FSAM) las siguientes variaciones en los procedimientos operacionales considerados hasta el momento:

- Incrementar a 4NM la separación entre arribadas a las pistas 33R y 18L.
- Eliminar el bloqueo producido por las frustradas de las llegadas a la pista 33R sobre las salidas de la pista 36R en Configuración Norte, y de las llegadas a la pista 18L sobre las salidas de la pista 15L.

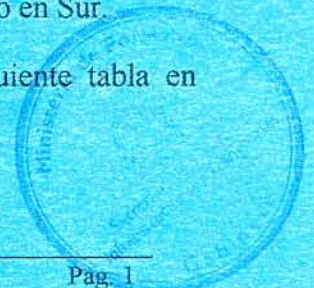
Las variaciones de los procedimientos operativos consideradas en sido propuestas por la División ATS de la Dirección Regional Centro, al objeto de determinar el impacto en la capacidad de condiciones operativas menos restrictivas. Este estudio complementa los realizados con anterioridad por la División de Desarrollo para el grupo FSAM:

- “*Análisis de Capacidad/Demora del Sistema Aeropuerto-TMA. FSAM Caso C+B*”. Diciembre 1998 ( Referencia [1]).
- “*Análisis Capacidad/Demora del Sistema Aeropuerto-TMA. FSAM Caso C+B. Variaciones de las Rutas Normalizadas de Salida por Consideraciones de Impacto Acústico*”. Febrero 1999 ( Referencia [2]).

El estudio parte de la información detallada del diseño del área de maniobras del futuro aeropuerto utilizada en los dos estudios mencionados anteriormente como Referencias [1] y [2]. La estructura de espacio aéreo y rutas del TMA se corresponde con las utilizadas en cada uno de los modelos anteriores, pero estableciendo las nuevas alternativas para los procedimientos operacionales. Los nuevos escenarios analizados en este documento son los siguientes:

- **Escenario A:** Rutas normalizadas de salida utilizadas en la Referencia [1], y nuevos procedimientos operativos. Este modelo se analizará tanto en Configuración Norte como en Sur.
- **Escenario B:** Rutas normalizadas de salida diseñadas para reducir el impacto acústico de las operaciones (rutas analizadas en la Referencia [2]), y nuevos procedimientos operativos. Este modelo se analizará tanto en Configuración Norte como en Sur.

Los resultados obtenidos para ambos escenarios se presentan en la siguiente tabla en comparación con los resultados de las referencias [1] y [2]:





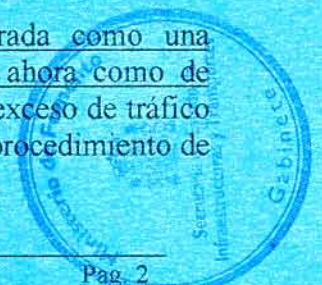


Referencia 1		Escenario A	
Configuración Norte	Configuración Sur	Configuración Norte	Configuración Sur
1850 ops/día	1775 ops/día	1850 ops/día	1775 ops/día
119 ops/hora pico	119 ops/hora pico	117 ops/hora pico	115 ops/hora pico
Máx ARR 65 ops/hora	Máx ARR 70 ops/hora	Máx ARR 64 ops/hora	Máx ARR 69 ops/hora
Máx DEP 66 ops/hora	Máx DEP 67 ops/hora	Máx DEP 66 ops/hora	Máx DEP 69 ops/hora
Referencia 2		Escenario B	
Configuración Norte	Configuración Sur	Configuración norte	Configuración Sur
1850 ops/día	1775 ops/día	1850 ops/día	1775 ops/día
117 ops/hora pico	119 ops/hora pico	116 ops/hora pico	115 ops/hora pico
Máx ARR 65 ops/hora	Máx ARR 70 ops/hora	Máx ARR 63 ops/hora	Máx ARR 69 ops/hora
Máx DEP 65 ops/hora	Máx DEP 67 ops/hora	Máx DEP 65 ops/hora	Máx DEP 69 ops/hora

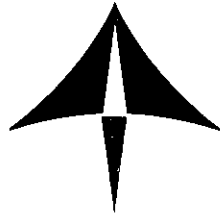
**Tabla de resultados comparativos**

**Conclusiones y recomendaciones:**

- No se aprecia disminución sensible en ninguna de las cifras de capacidad consideradas: número de operaciones/día, operaciones hora pico, máximo de llegadas y máximo de salidas. Por lo cual puede concluirse que **el impacto combinado de los dos procedimientos operativo modificados sobre la capacidad del futuro caso C+B puede considerarse despreciable.**
- El impacto de los nuevos procedimientos operativos analizados es prácticamente el mismo en ambas Configuraciones, Norte y Sur, tanto con las rutas anti-ruido como con las originales. Este impacto se traduce fundamentalmente en:
  - Disminución del porcentaje de salidas demoradas y aumento de la demora media de las aeronaves que utilizan la pista de despegues (36L en Configuración Norte y 15L en Configuración Sur). Aumento de la demora media en espacio aéreo para las llegadas a la pista 33R en Configuración Norte y 18L en Configuración Sur, debido a que estas pistas estaban ya saturadas al absorber un elevado porcentaje del tráfico de llegadas.
- Es de capital importancia conseguir el mayor grado de equilibrio posible entre los tráficos manejados por las diferentes pistas, en especial, corregir los desequilibrios de tráfico entre ambas pistas de llegada, ya que así se conseguiría reducir el estado de saturación del sistema. Este aspecto es independiente del trazado de las rutas de salida, sean las originales o las rutas modificadas por impacto acústico.
- La reorganización de las rutas de llegada en el TMA, considerada como una recomendación en los estudios anteriores ([1] y [2]) se manifiesta ahora como de obligado cumplimiento debido a que la pista de llegadas que presenta exceso de tráfico es aquella en la que se ha aumentado la separación mínima durante el procedimiento de aproximación.



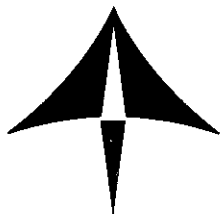




## ÍNDICE:

1.- OBJETO .....	1
2.- ALCANCE.....	1
3.- BASES DEL ESTUDIO .....	2
3.1.- Herramienta de simulación.....	2
3.2.- Datos de partida .....	2
4.- METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	3
4.1.- Planteamiento del análisis .....	3
4.2.- Parámetros objeto de análisis .....	4
4.3.- Cargas de tráfico .....	4
5.- DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS .....	5
5.1.- Escenario A. Descripción General .....	5
6.- RESULTADOS COMPARATIVOS .....	9
6.1.- Escenario A. ....	9
6.2.- Escenario B. ....	16
7.- ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	23
7.1.- Escenario A frente a Referencia [1] .....	23
7.1.1.- Configuración Norte.....	23
7.1.2.- Configuración Sur .....	24
7.2.- Escenario B frente a Referencia [2] .....	25
7.2.1.- Configuración Norte.....	25
7.2.2.- Configuración Sur .....	25
8.- CONCLUSIONES .....	26
9.- RECOMENDACIONES.....	27





## ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ANTE VARIACIONES EN LOS PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS.

### PROYECTO FSAM. CASO C+B.

#### 1.- OBJETO

El objeto de este análisis de sensibilidad es determinar el impacto que tendrán sobre el estado de saturación del sistema Aeropuerto-TMA (caso C+B del proyecto FSAM) variaciones en los procedimientos operacionales considerados hasta el momento. Las variaciones consideradas afectan a restricciones en tiempos y en distancias de bloqueo entre operaciones por la misma pista, o de pistas que interfieren entre sí.

Este estudio complementa los realizados con anterioridad por la División de Desarrollo para el grupo FSAM:

- “*Análisis de Capacidad/Demora del Sistema Aeropuerto-TMA. FSAM Caso C+B*”. Diciembre 1998 [1].
- “*Análisis Capacidad/Demora del Sistema Aeropuerto-TMA. FSAM Caso C+B. Variaciones de las Rutas Normalizadas de Salida por Consideraciones de Impacto Acústico*”. Febrero 1999 [2].

Las variaciones de los procedimientos operativos consideradas han sido propuestas por la División ATS de la Dirección Regional Centro, al objeto de determinar el impacto en la capacidad de condiciones operativas menos restrictivas.

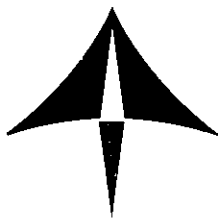
#### 2.- ALCANCE

El estudio parte de la información detallada del diseño del área de maniobras del futuro aeropuerto utilizada en los dos estudios mencionados anteriormente como *Referencias [1] y [2]*. La estructura de espacio aéreo y rutas del TMA se corresponde con las utilizadas en cada uno de los modelos anteriores, pero estableciendo nuevas alternativas para los procedimientos operacionales, consistentes en:

- Incrementar a 4NM la separación entre arribadas a las pistas 33R y 18L.
- Eliminar el bloqueo producido por las frustradas de las llegadas a la pista 33R sobre las salidas de la pista 36R en Configuración Norte, y de las llegadas a la pista 18L sobre las salidas de la pista 15L.







En consecuencia, los nuevos modelos analizados en este documento son los siguientes:

- **Escenario A:** Rutas normalizadas de salida utilizadas en la *Referencia [1]*, y nuevos procedimientos operativos. Este modelo se analizará tanto en Configuración Norte como en Sur.
- **Escenario B:** Rutas normalizadas de salida diseñadas para reducir el impacto acústico de las operaciones (rutas analizadas en la *Referencia [2]*, y nuevos procedimientos operativos). Este modelo se analizará tanto en Configuración Norte como en Sur.

### 3.- BASES DEL ESTUDIO

Los modelos objeto de estudio han sido analizados mediante procesos de simulación en tiempo acelerado. Se describen a continuación las principales bases del estudio.

#### 3.1.- Herramienta de simulación

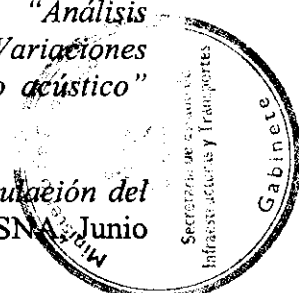
La herramienta de simulación empleada es el Simulador de Espacio Aéreo y Aeropuertos SIMMOD v. 2.0.3. de la FAA.

Esta herramienta permite modelar y simular los diversos escenarios, obteniendo resultados referentes a número de operaciones (en zonas del aeropuerto, pistas, rutas y sectores del espacio aéreo), relación demanda/flujo, demoras experimentadas, etc.

#### 3.2.- Datos de partida

La información geométrica y operativa empleada como dato de entrada para generar los modelos, se ha obtenido de las siguientes fuentes:

1. Diseño del área de maniobras, y estructura y rutas del TMA asociado descritos en el informe "*Análisis Capacidad/Demora del Sistema Aeropuerto- TMA. FSAM Caso C+B*" (DDSNA, Diciembre 1998). [1]
2. Diseño de las nuevas rutas de salida descritas en el informe "*Análisis Capacidad/Demora del Sistema Aeropuerto- TMA. FSAM Caso C+B. Variaciones de las rutas normalizadas de salida por consideraciones de impacto acústico*" (DDSNA, Febrero 1999). [2]
3. Parámetros de admisibilidad validados y utilizados en el estudio "*Simulación del Área de Maniobras en el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas*" (DDSNA, Junio 1997) [3], y coincidentes con los de las *Referencias [1] y [2]*.





4. Perfiles y distribución de tráfico en Barajas y Torrejón obtenidos de la base de datos *Picasso*, y coincidentes con los utilizados en las *Referencias [1] y [2]*.
5. Nuevos procedimientos operativos que relacionan las operaciones correspondientes a las diferentes pistas, elaborados por la División ATS de la Dirección Regional Centro.

Las premisas de operación para el diseño de los modelos son idénticas a las de las referencias [1] y [2], por lo que se mantiene la coherencia con los planteamientos de dichas referencias. Estas premisas son:

- Distribución de tráfico de acuerdo al perfil del día tipo.
- Distribución de tráfico en pistas según origen, destino y rutas de llegada y salida del aeropuerto.
- Diseño detallado del área de maniobras.
- Políticas concretas de asignación de estacionamientos.
- Diseño detallado de las rutas y procedimientos operativos del TMA.
- Prioridad de las operaciones en Barajas frente a las de Torrejón.

#### 4.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

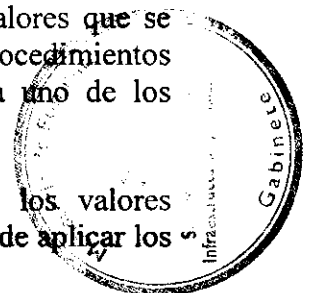
En los siguientes apartados se expone el proceso seguido en los trabajos de simulación de cada uno de los modelos estudiados:

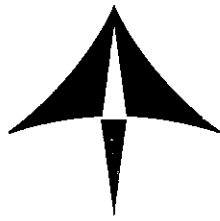
##### 4.1.- Planteamiento del análisis

El análisis tiene como punto de partida los niveles de saturación obtenidos en anteriores estudios ([1] y [2]) para las Configuraciones Norte y Sur, que son 1850 y 1775 ops/día respectivamente. En dichos estudios se analizaron parámetros que permitieron determinar el estado de saturación del conjunto Aeropuerto-TMA.

La metodología seguida en el presente estudio consiste en comparar los valores que se obtuvieron para esos parámetros con los obtenidos al considerar los nuevos procedimientos operativos, todo ello para los niveles de tráfico de saturación. Para cada uno de los escenarios contemplados ello supone:

- **Escenario A** (rutas de salida originales): Comparación entre los valores obtenidos con los procedimientos originales ([1]) y los resultantes de aplicar los





nuevos procedimientos a la misma estructura de rutas. La comparación se establece en ambas configuraciones.

- **Escenario B** (rutas de salida modificadas para reducir el impacto acústico): Comparación entre los valores correspondientes a los procedimientos originales ([2]) y los derivados de imponer los nuevos procedimientos a la misma estructura de rutas. La comparación se establece en ambas configuraciones.

#### 4.2.- Parámetros objeto de análisis

La comparativa entre los modelos originales y los modelos con nuevos procedimientos se establece a partir de los siguientes parámetros:

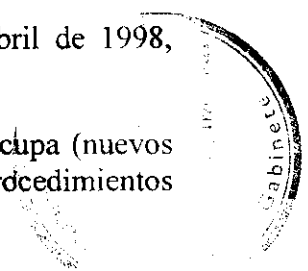
- Valores de demora media en lado tierra, a lo largo del día, para las salidas. (Se tiene en cuenta la demora en cola de despegue, en rodadura y en estacionamiento por saturación de cola de despegue). Como parámetro secundario se analiza la demora media sobre demorados de salidas en tierra
- Número y porcentaje sobre el total de salidas demoradas en tierra. Se consideran como tales aquellas con demora superior a 1 minuto.
- Demora media en Espacio Aéreo de las llegadas. Se especifican los valores correspondientes a las llegadas a cada pista por separado y para el total de llegadas.
- Perfiles, a lo largo del día, de la relación Demanda/Flujo de llegadas y salidas a Barajas. (Es decir, la relación entre las aeronaves que tienen previsto el uso de la pista y las aeronaves que realmente pudieron hacer uso de ella en el intervalo horario previsto).

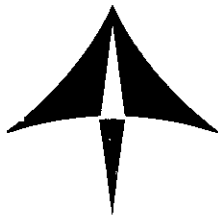
#### 4.3.- Cargas de tráfico

El nivel de tráfico de saturación originalmente obtenido para el futuro Aeropuerto-TMA de Madrid-Barajas (caso C+B) es de 1850 ops./día para Configuración Norte, y 1775 ops./día para Configuración Sur. Este resultado se obtuvo en el estudio "*Análisis Capacidad/Demora del Sistema Aeropuerto- TMA. FSAM Caso C+B*" Diciembre 1998 [1], y fue refrendado posteriormente para el caso de considerar variaciones en las rutas normalizadas de salida independientes (rutas de salida modificadas de la Referencia [2]).

Los perfiles de tráfico se basan en el día tipo correspondiente al 1 de abril de 1998, adaptado a la futura configuración de 4 pistas con sus rutas asociadas.

Estos mismos niveles de tráfico son los empleados en el análisis que nos ocupa (nuevos procedimientos operativos), lo que permite establecer el impacto de dichos procedimientos sobre el estado de saturación.





## 5.- DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS

Las descripciones detalladas de cada uno de los escenarios se encuentran en los siguientes subapartados:

### 5.1.- Escenario A. Descripción General

Estos modelos (Configuraciones Norte y Sur) recogen el diseño detallado del área de maniobras del aeropuerto así como la estructura del TMA, con sus rutas de salida, llegada, puntos de divergencia en las salidas, alimentadores en las llegadas, rangos de velocidades, procedimientos de control y reglas de separación. Como un elemento adicional del TMA, se han incluido las operaciones IFR desde Torrejón, estando sus operaciones supeditadas a las de Barajas.

La estructura de rutas de salida de Barajas es la empleada en el estudio "*Análisis de Capacidad/Demora del Sistema Aeropuerto-TMA. FSAM Caso C+B*". Diciembre 1998[1]. Es decir, las rutas de salida contempladas originalmente y para las que, dado el carácter iterativo del estudio, aún no se habían considerado sus repercusiones de impacto acústico.

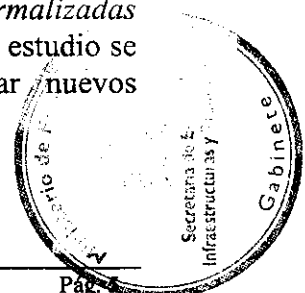
Los procedimientos operativos analizados son diferentes a los de la *Referencia [1]*:

- incremento a 4NM de la separación entre arribadas a la pista 33R y 18L,
- eliminación del bloqueo producido por las frustradas de las llegadas a la pista 33R sobre las salidas de la pista 36R en Configuración Norte, y de las llegadas a la pista 18L sobre las salidas de la pista 15L,

por lo que para determinar su influencia se procede a comparar sus resultados con los obtenidos para los nuevos procedimientos.

### 5.2.- Escenario B. Descripción General

Este escenario es idéntico en todos los aspectos al Escenario A salvo en lo referido a las rutas de salida de Barajas, para las que se han considerado las propuestas de diseño de rutas anti-ruido. Dichas rutas fueron analizadas en el estudio "*Análisis Capacidad/Demora del Sistema Aeropuerto-TMA. FSAM Caso C+B. Variaciones de las Rutas Normalizadas de Salida por Consideraciones de Impacto Acústico*". Febrero 1999 [2]. En este estudio se comparan los valores obtenidos entonces con los resultantes de aplicar nuevos procedimientos a las rutas anti-ruido.







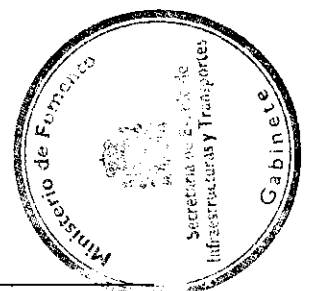
### 5.3.- Descripción de las Configuraciones Norte y Sur. Escenarios A y B.

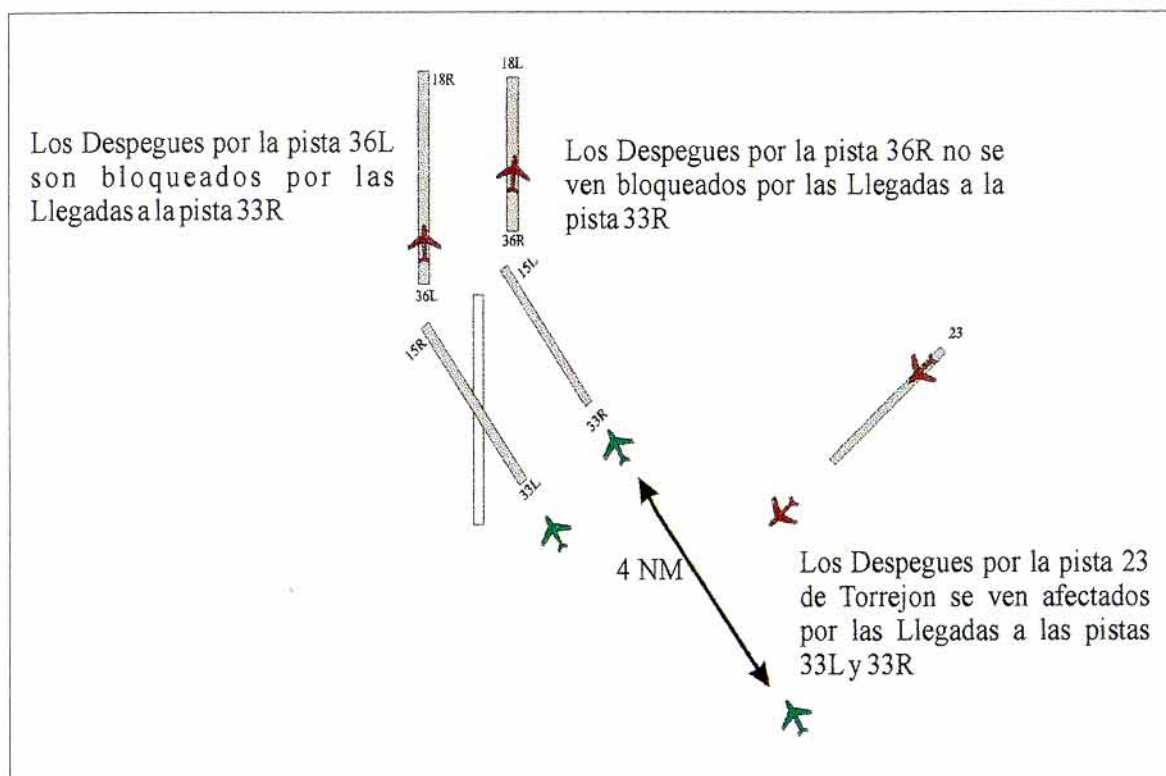
En los siguientes subapartados se detallan las características principales de los modelos analizados, destacando sus diferencias con los procedimientos originales que sustentan los modelos que actúan de referencia.

#### 5.3.1.- Configuración Norte

La utilización de pistas en los aeropuertos de Madrid-Barajas y Torrejón para esta configuración se encuentra representada gráficamente en la *Figura 1*, describiéndose a continuación en los siguientes puntos sus características más importantes:

- **Operaciones de Madrid-Barajas (LEMD):**
  - ✓ Aproximaciones independientes a las pistas 33L y 33R.
  - ✓ Salidas independientes por las pistas 36L y 36R.
  - ✓ Las aproximaciones por la pista 33R sólo bloquean, por su procedimiento de frustrada, a las salidas por la pista 36L. Dichas aproximaciones no repercuten de ninguna manera sobre las salidas desde la 36R.
  - ✓ La separación mínima entre aproximaciones sucesivas a la pista 33R se incrementa a 4 MN con objeto de aumentar la ventana temporal entre arribadas consecutivas, para que de esta manera el personal ATC disponga de más tiempo para coordinar operaciones.
- **Operaciones de Torrejón (LETO):**
  - ✓ Aproximaciones por la pista 23.
  - ✓ Salidas por las pistas 23 y 05.
- **Dependencia entre operaciones LEMD-LETO:**
  - ✓ Las llegadas a las pistas 33L y 33R de Barajas interfieren con las operaciones de salida por la pista 23 de Torrejón.





**Figura 1. Configuración Norte. Descripción del Escenario. Nuevos Procedimientos Operativos**

### 5.3.2.- Configuración Sur

La utilización de pistas en los aeropuertos de Madrid-Barajas y Torrejón para esta configuración se encuentra representada gráficamente en la *Figura 2*, detallándose a continuación sus aspectos más notables:

- **Operaciones de Madrid-Barajas (LEMD):**

- ✓ Aproximaciones independientes a las pistas 18L y 18R.
- ✓ Salidas independientes por las pistas 15L y 15R.
- ✓ Las aproximaciones por la pista 18L sólo bloquean, por su procedimiento de frustrada, a las salidas por la pista 15R. Dichas aproximaciones no tienen influencia, sin embargo, sobre las salidas desde la pista 15L.
- ✓ La separación mínima entre aproximaciones sucesivas a la pista 18L se incrementa a 4 MN con objeto de aumentar la ventana temporal entre arribadas consecutivas, pudiendo así el personal ATC disponer de más tiempo para coordinar operaciones.



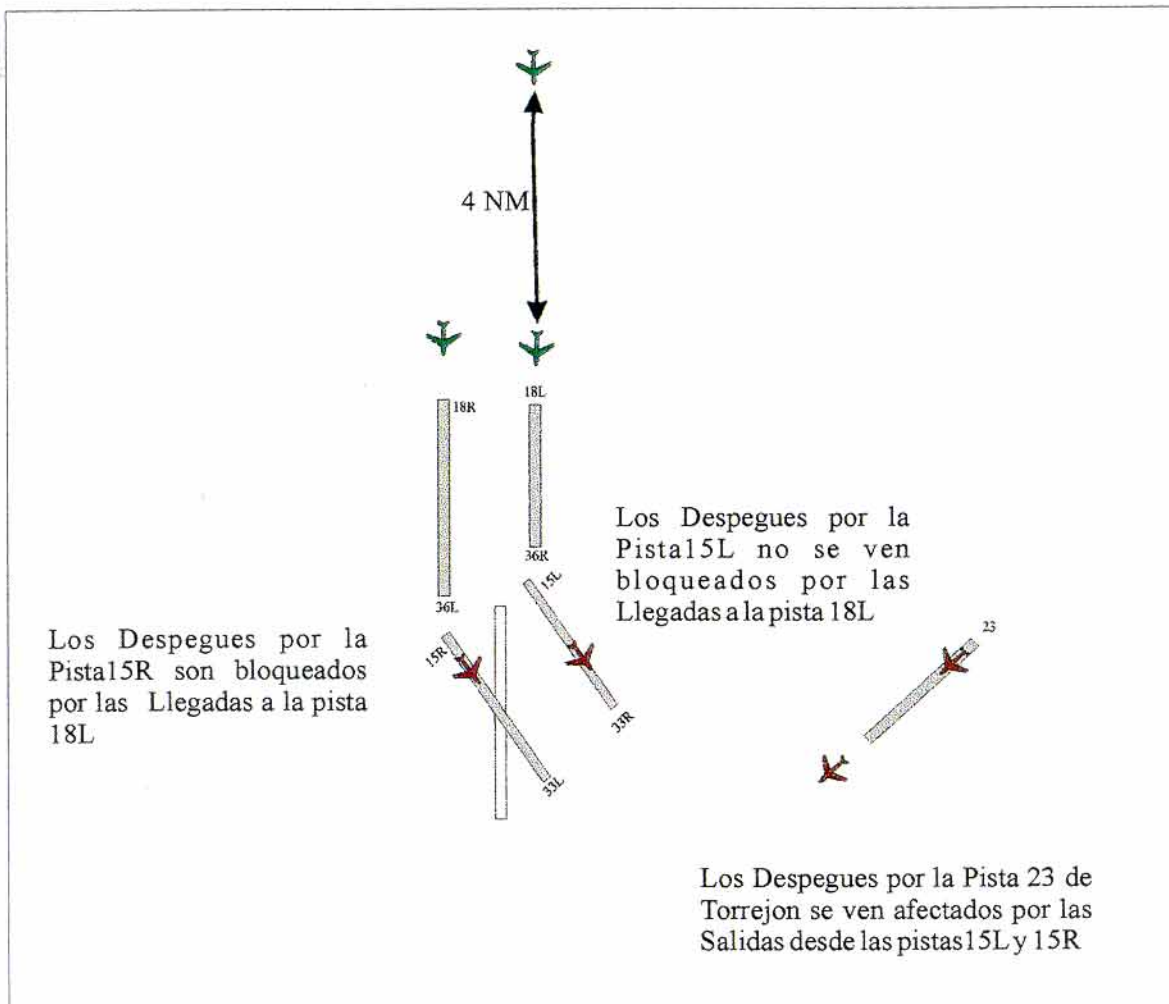


- **Operaciones de Torrejón (LETO):**

- ✓ Aproximaciones por la pista 23.
- ✓ Salidas por las pistas 23 y 05.

- **Dependencia entre operaciones LEMD-LETO:**

- ✓ Las salidas de las pistas 15L y 15R de Barajas interfieren con las operaciones de salida por la pista 23 de Torrejón.



**Figura 2. Configuración Sur. Descripción del Escenario. Nuevos Procedimientos Operativos**



## 6.- RESULTADOS COMPARATIVOS

### 6.1.- Escenario A.

A continuación se presentan los resultados comparativos del Escenario A (modelo con rutas originales y nuevos procedimientos operativos) con los procedentes de la *Referencia [1]* (modelo con rutas y procedimientos originales).

- **Demoras en el área de maniobras de las salidas y proporción demoradas**

La Tabla 1 presenta los resultados comparativos de nivel de demora del modelo con las rutas originales (*Referencia [1]*), con los resultados obtenidos del modelo con esas mismas rutas y procedimientos modificados (*Escenario A*).

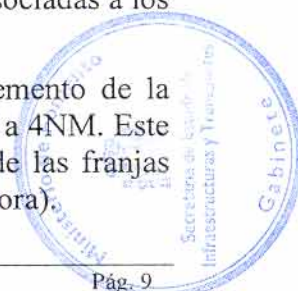
		Rutas originales (Referencia [1])		Rutas originales Procedimientos modificados (Escenario A)	
		Config. Norte	Config. Sur	Config. Norte	Config. Sur
<b>CARGA TRÁFICO NOMINAL</b>		1850 ops./día	1775 ops./día	1850 ops./día	1775 ops./día
<i>Salidas.</i>  <i>Demoras en Área de Maniobras y proporción demoradas</i>	<b>DEMORA MEDIA (minutos)</b>	4.03	3.29	4.06	3.29
	<b>N° SALIDAS DEMORADAS (N° de ops / % del total)</b>	544 / 58.87%	589 / 66.63%	535 / 57.9%	546 / 61.76%
	<b>DEMORA MEDIA DE DEMORADOS (minutos)</b>	6.84	4.93	7.01	5.33
<i>Llegadas.</i>  <i>Demoras en Espacio Aéreo</i>	<b>DEMORA MEDIA (minutos)</b>	Rwy 33L:3.85 Rwy 33R:17.43 TOTAL:11.80	Rwy 18L:18.71 Rwy 18R:1.83 TOTAL:12.89	Rwy 33L:3.85 Rwy 33R:24.13 TOTAL:15.73	Rwy 18L:30.98 Rwy 18R:1.83 TOTAL:20.93

**Tabla 1.- Resultados comparativos de demora. Escenario A frente a Referencia [1].**

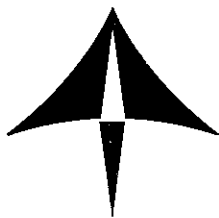
El análisis comparativo planteado en la Tabla 1 permite extraer las siguientes conclusiones:

#### Configuración Norte

- Los parámetros de demoras en área de maniobras y proporción de demoradas de las salidas se mantienen en torno a los mismos valores, aunque se detectan dos ligeras tendencias:
  - ✓ Disminución del número de aeronaves demoradas debido a la eliminación del bloqueo de las salidas de la pista 36R por parte de las llegadas a la pista 33R. Las aeronaves que despegan por la pista 36R no sufren demoras asociadas a los despegues.
  - ✓ Aumento de la demora media sobre demorados debido al incremento de la distancia de separación de las llegadas por la pista 33R de 3.5NM a 4NM. Este aumento de la separación conduce a un peor aprovechamiento de las franjas horarias. (Existen menos ventanas para despegues en una misma hora).







- Se produce un aumento del 33% de la demora total en espacio aéreo para las llegadas, motivada por la reducción de capacidad de la pista 33R debida al incremento de separación entre arribadas sucesivas durante el procedimiento de aproximación.
- La pista 33L está sometida a una demanda inferior a su capacidad.

### Configuración Sur

- El porcentaje de salidas demoradas disminuye en un 7.3% debido a la eliminación del bloqueo de las salidas de la pista 15L por parte de las llegadas a la pista 18L. Las aeronaves que despegan por la pista 15L no sufren demoras asociadas a los despegues.
- La demora media sobre demorados aumenta en un 8.1% debido al incremento de la distancia de separación de las llegadas por la pista 18L de 3.5NM a 4NM, análogamente a lo que sucedía en Configuración Norte para la pista 33R.
- Se produce un aumento del 62.3% de la demora total en espacio aéreo para las llegadas, motivada por la reducción de capacidad de la pista 18L.
- La pista 18 R experimenta una demanda inferior a su capacidad.

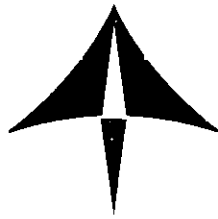
Debido a que el porcentaje de aterrizajes por la pista 18L en Configuración Sur (65.4%) es mayor que el porcentaje de aterrizajes por la pista 33R en Configuración Norte (58.4%), los efectos de aplicar los procedimientos modificados son más críticos en la Configuración Sur.

- **Perfiles de demanda/flujo de las llegadas y salidas**

Se representa en la *Tabla 2* la relación demanda/flujo en Configuración Norte correspondiente a 1850 ops/día, tanto del modelo con las rutas y procedimientos originales ([1]), como del modelo con esas mismas rutas y procedimientos modificados (*Escenario A*).

Para este nivel de tráfico en Configuración Norte la pista de llegadas 33R experimenta problemas importantes de absorción completa de demanda en varias horas consecutivas, tanto para el modelo dado en la [1] como para el *Escenario A* (*Figura 3*), mientras que la pista 33L se encuentra muy por debajo de su capacidad. La situación es más crítica con los procedimientos modificados (*Escenario A*) debido a la menor capacidad de la pista 33R como resultado de haber incrementado la separación entre arribadas.

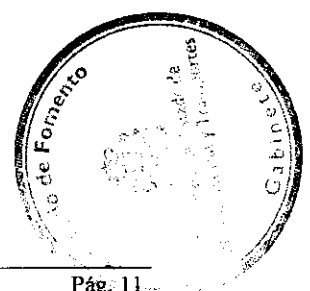




En la *Tabla 3* figura la relación demanda/flujo en Configuración Sur correspondiente a 1775 ops/día, tanto del modelo con las rutas originales ([1]), como del modelo con esas mismas rutas y procedimientos modificados (*Escenario A*).

En Configuración Sur la pista de llegadas 18L experimenta problemas importantes de absorción de demanda en ambos modelos, siendo la situación más crítica con los procedimientos modificados (*Figura 4*), análogamente a lo sucedido en Configuración Norte, mientras que la pista 18 R se encuentra muy por debajo de su capacidad.

Estos datos vienen a reforzar las conclusiones del estudio anterior que identifican un problema sustancial en Espacio Aéreo debido a los desequilibrios de demanda entre las rutas de llegada que conducen a ambas pistas de aterrizaje (especialmente crítico en el caso de la Configuración Sur). Una posible solución sería que el nuevo diseño de TMA tuviera en cuenta la posibilidad de disponer de rutas de desvío para que parte de las aeronaves que se dirigen a la pista 33R en Conf. Norte (18L en el caso de Conf. Sur) pudieran dirigirse a la pista 33L (18R en Conf. Sur). Ese desvío de parte del flujo de aeronaves sería más eficaz a medida que la segregación se efectuase con mayor antelación respecto de los IAF's.

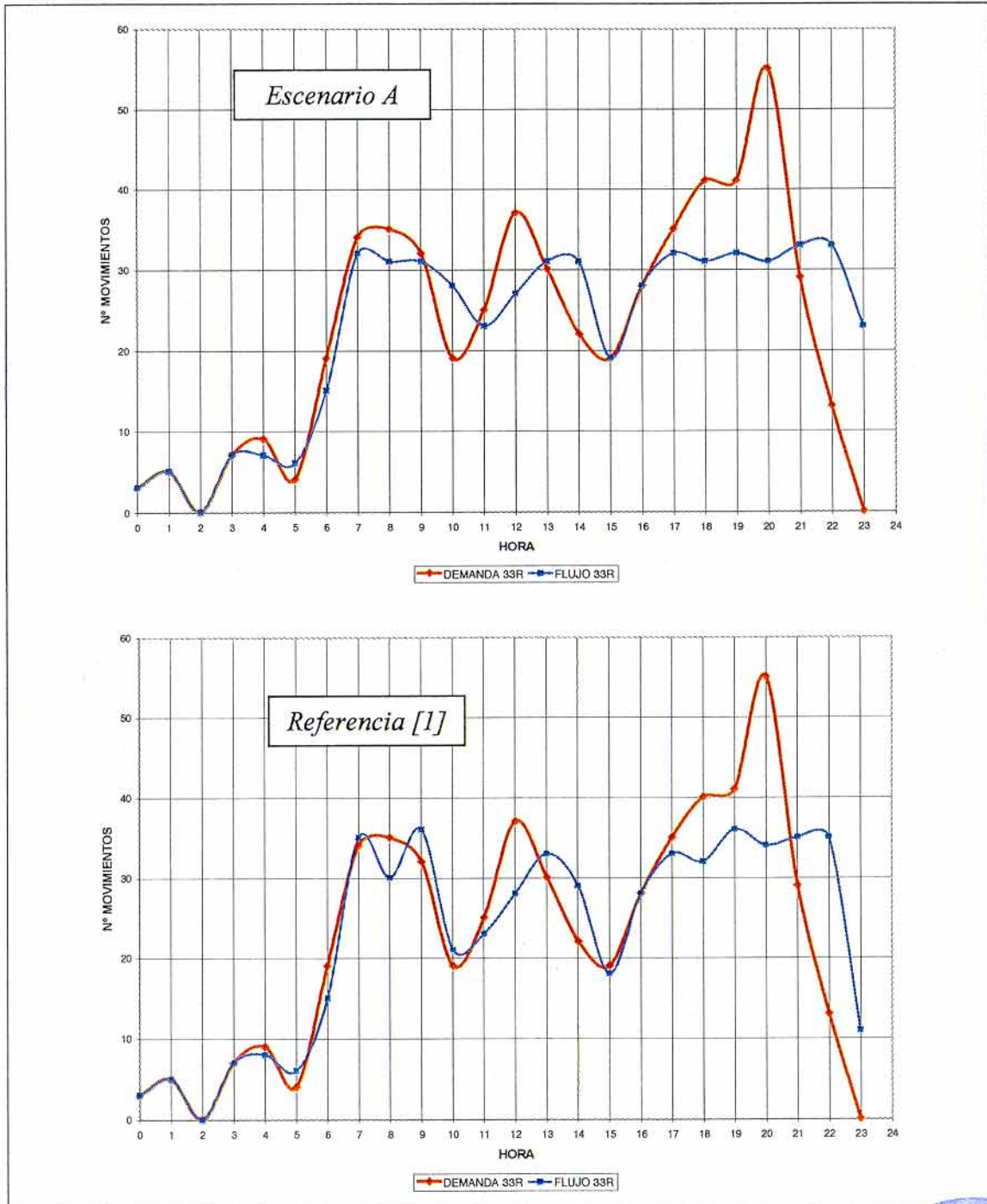




DEMANDA/FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE. 1850 ops./día.											
ESCENARIO A											
HORA	LLEGADAS				SALIDAS				TOTAL FLUJO LLEG.	TOTAL FLUJO SAL.	TOTAL MOV.
	DEM. 33L	FLJ. 33L	DEM. 33R	FLJ. 33R	DEM. 36L	FLJ. 36L	DEM. 36R	FLJ. 36R			
0.00.00	3	3	3	3	0	0	3	1	6	1	7
1.00.00	0	0	5	5	5	5	16	18	5	23	28
2.00.00	0	0	0	0	2	2	0	0	0	2	2
3.00.00	3	3	7	7	0	0	5	5	10	5	15
4.00.00	7	7	9	7	0	0	5	4	14	4	18
5.00.00	4	4	4	6	11	11	34	33	10	44	54
6.00.00	29	29	19	15	15	16	37	39	44	55	99
7.00.00	21	20	34	32	17	16	29	28	52	44	96
8.00.00	33	29	35	31	21	21	30	31	60	52	112
9.00.00	21	26	32	31	15	14	34	33	57	47	104
10.00.00	15	12	19	28	35	34	22	20	40	54	94
11.00.00	14	17	25	23	35	35	11	13	40	48	88
12.00.00	17	17	37	27	36	37	30	28	44	65	109
13.00.00	19	19	30	31	34	31	21	24	50	55	105
14.00.00	16	15	22	31	26	29	23	20	46	49	95
15.00.00	24	25	19	19	43	42	21	24	44	66	110
16.00.00	22	21	28	28	34	34	20	20	49	54	103
<b>17.00.00</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>64</b>	<b>53</b>	<b>117</b>
18.00.00	20	24	41	31	43	42	19	19	55	61	116
19.00.00	20	18	41	32	30	30	20	21	50	51	101
20.00.00	29	30	55	31	27	27	21	21	61	48	109
21.00.00	18	19	29	33	2	3	8	8	52	11	63
22.00.00	10	10	13	33	10	10	11	11	43	21	64
23.00.00	2	2	0	23	8	8	2	2	25	10	35
REFERENCIA [1]											
0.00.00	3	3	3	3	0	0	3	1	6	1	7
1.00.00	0	0	5	5	5	5	16	18	5	23	28
2.00.00	0	0	0	0	2	2	0	0	0	2	2
3.00.00	3	3	7	7	0	0	5	5	10	5	15
4.00.00	7	7	9	8	0	0	5	4	15	4	19
5.00.00	4	4	4	6	12	12	33	33	10	45	55
6.00.00	29	29	19	15	15	15	38	39	44	54	98
7.00.00	21	20	34	35	17	17	30	29	55	46	101
8.00.00	33	29	35	30	21	21	30	31	59	52	111
9.00.00	21	27	32	36	15	14	34	34	63	48	111
10.00.00	15	12	19	21	35	35	22	20	33	55	88
11.00.00	14	17	25	23	36	35	11	12	40	47	87
12.00.00	17	17	37	28	35	36	30	28	45	64	109
13.00.00	19	19	30	33	33	31	21	23	52	54	106
14.00.00	16	15	22	29	25	28	23	20	44	48	92
15.00.00	24	25	19	18	45	42	21	24	43	66	109
16.00.00	23	21	28	28	33	34	20	20	49	54	103
<b>17.00.00</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>35</b>	<b>33</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>65</b>	<b>54</b>	<b>119</b>
18.00.00	20	24	40	32	42	42	19	19	56	61	117
19.00.00	20	18	41	36	30	30	20	21	54	51	105
20.00.00	29	30	55	34	27	26	21	21	64	47	111
21.00.00	18	19	29	35	2	3	8	8	54	11	65
22.00.00	10	10	13	35	10	10	11	11	45	21	66
23.00.00	2	2	0	11	8	8	2	2	13	10	23

Tabla 2.- Resultados comparativos de flujo/demanda. Configuración Norte. 1850 ops/día. Escenario A frente a Referencia [1].





**Figura 3.- Perfil de demanda/flujo a lo largo de todo el día para las llegadas por la pista 33R. Configuración Norte. Escenario A frente a Referencia [1].**







DEMANDA/FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN SUR. 1775 ops./día											
ESCENARIO A											
HORA	LLEGADAS				SALIDAS				TOTAL FLUJO LLEG.	TOTAL FLUJO SAL.	TOTAL MOV.
	DEM. 18L	FLJ. 18L	DEM. 18R	FLJ. 18R	DEM. 15L	FLJ. 15L	DEM. 15R	FLJ. 15R			
0.00.00	3	3	5	5	0	0	2	2	8	2	10
1.00.00	0	0	3	3	17	17	4	4	3	21	24
2.00.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00.00	5	5	5	5	2	2	2	2	10	4	14
4.00.00	2	2	10	10	2	2	5	5	12	7	19
5.00.00	11	11	2	2	15	15	30	28	13	43	56
6.00.00	22	20	23	21	26	26	18	20	41	46	87
7.00.00	32	31	21	32	16	15	25	22	63	37	100
8.00.00	34	30	28	25	28	29	28	30	55	59	114
9.00.00	33	33	20	22	17	17	26	22	55	39	94
10.00.00	13	18	17	19	31	27	28	28	37	55	92
11.00.00	20	20	21	20	20	24	31	32	40	56	96
12.00.00	26	22	17	17	18	17	28	32	39	49	88
13.00.00	33	31	21	21	27	27	30	25	52	52	104
14.00.00	23	28	14	14	25	23	27	32	42	55	97
15.00.00	26	25	17	17	31	33	35	36	42	69	111
16.00.00	30	30	17	15	14	16	20	19	45	35	80
<b>17.00.00</b>	<b>36</b>	<b>32</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>62</b>	<b>53</b>	<b>115</b>
<b>18.00.00</b>	<b>37</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>36</b>	<b>34</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>115</b>
19.00.00	31	33	25	20	27	27	26	31	53	58	111
20.00.00	41	33	39	36	13	13	14	14	69	27	96
21.00.00	30	32	17	25	15	15	6	6	57	21	78
22.00.00	17	30	7	7	21	21	8	8	37	29	66
23.00.00	3	4	0	0	4	4	4	4	4	8	12
REFERENCIA [1]											
0.00.00	3	3	5	5	0	0	2	2	8	2	10
1.00.00	0	0	3	3	17	17	4	5	3	22	25
2.00.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00.00	5	5	5	5	2	2	3	3	10	5	15
4.00.00	2	2	10	10	3	2	5	5	12	7	19
5.00.00	10	11	2	2	15	15	30	28	13	43	56
6.00.00	22	21	23	22	26	26	19	20	43	46	89
7.00.00	31	32	21	23	16	16	25	23	55	39	94
8.00.00	34	30	28	25	28	29	28	30	55	59	114
9.00.00	33	34	20	22	17	17	26	22	56	39	95
10.00.00	13	15	17	19	30	26	29	29	34	55	89
11.00.00	20	20	21	20	20	25	31	32	40	57	97
12.00.00	26	24	17	17	18	17	28	32	41	49	90
13.00.00	33	32	21	21	27	25	30	25	53	50	103
14.00.00	23	26	14	14	25	25	27	32	40	57	97
15.00.00	26	25	17	17	32	32	35	35	42	67	109
16.00.00	30	30	17	15	14	17	20	19	45	36	81
17.00.00	36	34	30	30	28	28	27	25	64	53	117
<b>18.00.00</b>	<b>37</b>	<b>34</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>59</b>	<b>60</b>	<b>119</b>
19.00.00	31	35	25	20	28	28	26	27	55	55	110
20.00.00	41	34	39	36	13	13	13	13	70	26	96
21.00.00	30	33	17	25	15	15	6	7	58	22	80
22.00.00	17	23	7	7	21	21	8	8	30	29	59
23.00.00	3	3	0	0	4	4	2	2	3	6	9

Tabla 3.- Resultados comparativos de flujo/demanda. Configuración Sur. 1775 ops/día. Escenario A frente a Referencia [1].



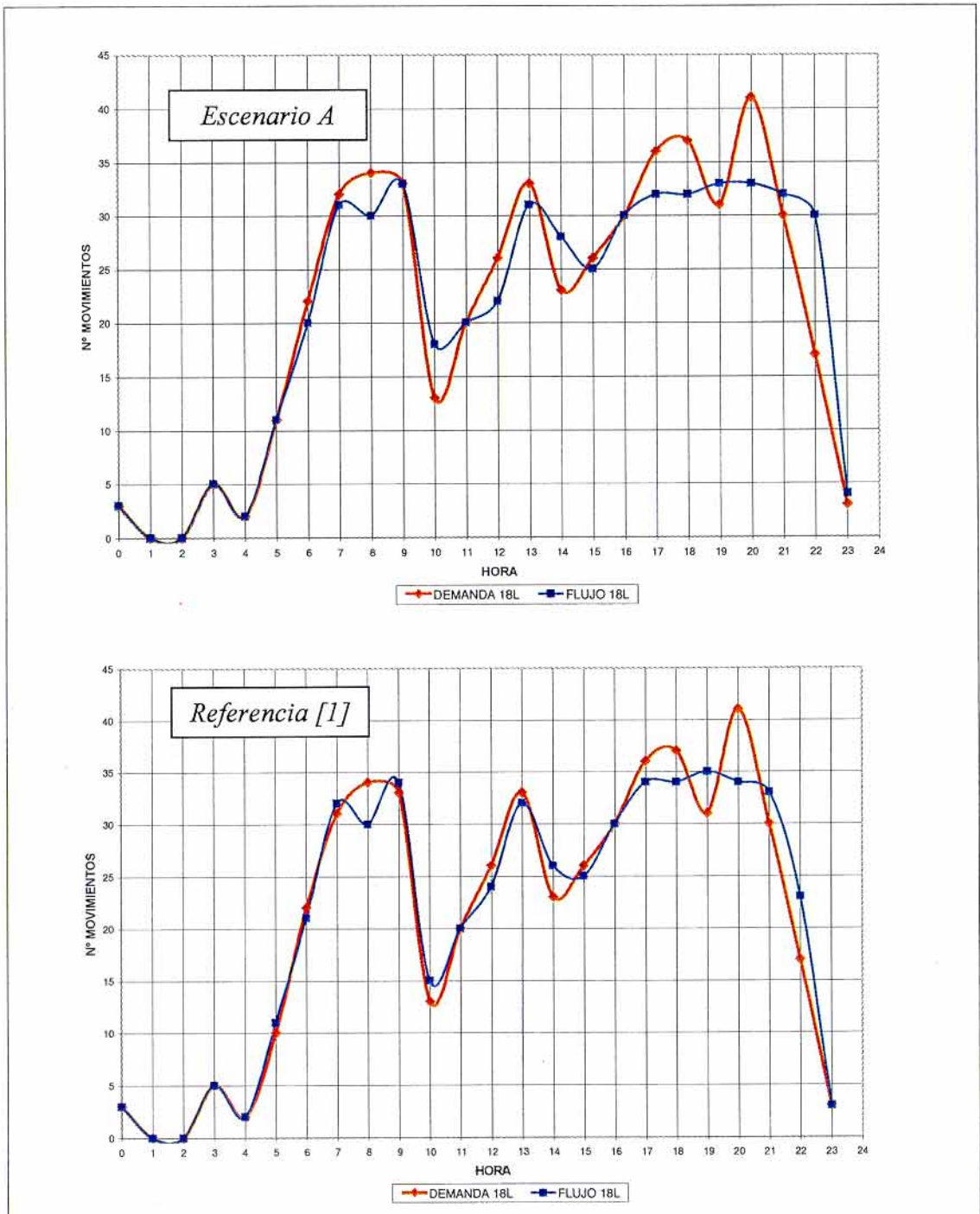


Figura 4.- Perfil de demanda/flujo a lo largo de todo el día para las llegadas por la pista 18L. Configuración Sur. Escenario A frente a Referencia [1].







## 6.2.- Escenario B.

A continuación se presentan los resultados comparativos del Escenario B (modelo con rutas modificadas y nuevos procedimientos operativos) con los procedentes de la Referencia [2] (modelo con rutas nuevas y procedimientos originales).

- **Demoras en el área de maniobras de las salidas y proporción de demoradas**

La Tabla 4 presenta los resultados comparativos de nivel de demora del modelo con las rutas modificadas (Referencia [2]), con los resultados obtenidos del modelo con esas mismas rutas y procedimientos modificados (Escenario B).

		Rutas anti-ruido (Referencia [2])		Rutas anti-ruido Procedimientos modificados (Escenario B)	
		Config. Norte	Config. Sur	Config. Norte	Config. Sur
<b>CARGA TRÁFICO NOMINAL</b>		1850 ops./día	1775 ops./día	1850 ops./día	1775 ops./día
<i>Salidas.</i>  <i>Demoras en Área de Maniobras y proporción demoradas</i>	<b>DEMORA MEDIA (minutos)</b>	4.43	3.26	4.5	3.27
	<b>N° SALIDAS DEMORADAS (N° de ops / % del total)</b>	558 / 60.39%	589 / 66.63%	554 / 59.96%	547 / 61.87%
	<b>DEMORA MEDIA DE DEMORADOS (minutos)</b>	7.34	4.89	7.51	5.3
<i>Llegadas.</i>  <i>Demoras en Espacio Aéreo</i>	<b>DEMORA MEDIA (minutos)</b>	Rwy 33L:3.85 Rwy 33R:17.43 TOTAL:11.80	Rwy 18L:18.71 Rwy 18R:1.83 TOTAL:12.89	Rwy 33L:3.85 Rwy 33R:24.28 TOTAL:15.81	Rwy 18L:30.98 Rwy 18R:1.83 TOTAL:20.93

Tabla 4.- Resultados comparativos de demora. *Escenario B* frente a *Referencia [2]*.

El análisis comparativo planteado en la Tabla 4 permite extraer las siguientes conclusiones:

### Configuración Norte

- Los parámetros de demoras en área de maniobras y proporción de demoradas de las salidas se mantienen en torno a los mismos valores, aunque se detectan dos ligeras tendencias, análogamente a lo que ocurría en la comparación del *Escenario A* con la Referencia [1] (Apartado 6.1):
  - ✓ Disminución del número de aeronaves demoradas debido a la eliminación del bloqueo de las salidas de la pista 36R por parte de las llegadas a la pista 33R. Las aeronaves que despeguen por la pista 36R no sufrirán demoras asociadas a los despegues.





- ✓ Aumento de la demora media sobre demorados debido al incremento de la distancia de separación de las llegadas por la pista 33R de 3.5NM a 4NM.
- Se produce un aumento del 33.9% de la demora total en espacio aéreo para las llegadas, motivada por la reducción de capacidad de la pista 33R.
- La pista 33L experimenta una demanda inferior a su capacidad.

### Configuración Sur

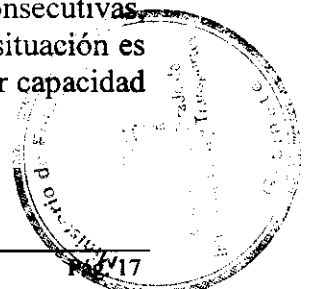
- El porcentaje de salidas demoradas disminuye en un 7.1% debido a la eliminación del bloqueo de las salidas de la pista 15L por parte de las llegadas a la pista 18L. Las aeronaves que despeguen por la pista 15L no sufrirán demoras asociadas a los despegues.
- La demora media sobre demorados aumenta en un 8.3% debido al incremento de la distancia de separación de las llegadas por la pista 18L de 3.5NM a 4NM.
- Se produce un aumento del 62.4% de la demora total en espacio aéreo para las llegadas, motivada por el menor aprovechamiento de la pista 18L al incrementarse la distancia de separación entre llegadas.
- La pista 18 R está sometida a una demanda inferior a su capacidad.

Debido a que el porcentaje de aterrizajes por la pista 18L en Configuración Sur (65.4%) es mayor que el porcentaje de aterrizajes por la pista 33R en Configuración Norte (58.4%), los efectos de aplicar los procedimientos modificados son más críticos en Configuración Sur.

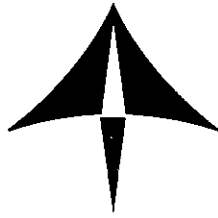
- **Perfiles de demanda/flujo de las llegadas y salidas**

Se representa en la *Tabla 5* la relación demanda/flujo en Configuración Norte correspondiente a 1850 ops/día, tanto del modelo con las rutas modificadas por ruido ([2]), como del modelo con esas mismas rutas y procedimientos modificados (*Escenario B*).

Para este nivel de tráfico en Configuración Norte la pista de llegadas 33R experimenta problemas importantes de absorción completa de demanda en varias horas consecutivas, tanto para el modelo dado en la *Referencia [2]* como para el *Escenario B*. La situación es más crítica con los procedimientos modificados (*Escenario B*) debido a la menor capacidad de la pista 33R (*Figura 5*).







En la *Tabla 6* figura la relación demanda/flujo en Configuración Sur correspondiente a 1775 ops/día, tanto del modelo con las rutas originales (*[2]*), como del modelo con esas mismas rutas y procedimientos modificados (*Escenario B*).

En Configuración Sur la pista de llegadas 18L experimenta problemas de absorción de demanda en ambos modelos, siendo la situación más crítica con los procedimientos modificados (*Figura 6*).

Al igual que en el escenario B los datos vienen a reforzar las conclusiones del estudio anterior relativas al desequilibrio de demanda entre las rutas de llegada que conducen a ambas pistas de aterrizaje (especialmente crítico en el caso de la Configuración Sur) y la solución propuesta de rediseñar el TMA para permitir que parte de las aeronaves que se dirigen a la pista 33R en Conf. Norte (18L en el caso de Conf. Sur) pudieran dirigirse a la pista 33L (18R en Conf. Sur).





DEMANDA/FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE. 1850 ops./día.											
ESCENARIO B											
HORA	LLEGADAS				SALIDAS				TOTAL FLUJO LLEG.	TOTAL FLUJO SAL.	TOTAL MOV.
	DEM. 33L	FLJ. 33L	DEM. 33R	FLJ. 33R	DEM. 36L	FLJ. 36L	DEM. 36R	FLJ. 36R			
0.00.00	3	3	3	3	0	0	3	1	6	1	7
1.00.00	0	0	5	5	5	5	16	18	5	23	28
2.00.00	0	0	0	0	2	2	0	0	0	2	2
3.00.00	3	3	7	7	0	0	5	5	10	5	15
4.00.00	7	7	9	7	0	0	5	4	14	4	18
5.00.00	4	4	4	6	11	11	33	33	10	44	54
6.00.00	29	29	19	15	16	16	37	38	44	54	98
7.00.00	21	20	34	32	17	16	29	29	52	45	97
8.00.00	33	29	35	31	21	21	30	31	60	52	112
9.00.00	21	26	32	31	15	14	34	34	57	48	105
10.00.00	15	12	19	28	35	34	22	20	40	54	94
11.00.00	14	17	25	24	34	34	11	12	41	46	87
12.00.00	17	17	37	27	36	37	30	28	44	65	109
13.00.00	19	19	30	31	35	32	21	24	50	56	106
14.00.00	16	15	22	31	25	29	23	21	46	50	96
15.00.00	24	25	19	19	43	41	21	23	44	64	108
16.00.00	22	21	28	28	34	36	20	19	49	55	104
<b>17.00.00</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>35</b>	<b>31</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>63</b>	<b>53</b>	<b>116</b>
18.00.00	20	24	41	31	41	41	19	19	55	60	115
19.00.00	20	18	41	32	31	31	20	20	50	51	101
20.00.00	29	30	55	32	27	26	21	21	62	47	108
21.00.00	18	19	29	33	2	4	8	8	52	12	64
22.00.00	10	10	13	33	10	10	11	11	43	21	64
23.00.00	2	2	0	23	8	8	2	2	25	10	35
REFERENCIA [2]											
0.00.00	3	3	3	3	0	0	3	1	6	1	7
1.00.00	0	0	5	5	5	5	16	18	5	23	28
2.00.00	0	0	0	0	2	2	0	0	0	2	2
3.00.00	3	3	7	7	0	0	5	5	10	5	15
4.00.00	7	7	9	7	0	0	5	4	14	4	18
5.00.00	4	4	4	6	11	11	33	33	10	44	54
6.00.00	29	29	19	15	15	16	38	39	44	55	99
7.00.00	21	20	34	35	17	17	30	29	55	46	101
8.00.00	33	29	35	30	21	21	29	31	59	52	111
9.00.00	21	26	32	36	15	14	34	34	62	48	110
10.00.00	15	12	19	21	35	34	21	20	33	54	87
11.00.00	14	17	25	23	35	34	11	13	40	47	87
12.00.00	17	17	37	28	36	37	30	28	45	65	110
13.00.00	19	19	30	33	34	31	21	24	52	55	107
14.00.00	16	15	22	29	25	29	23	21	44	50	94
15.00.00	24	25	19	18	43	41	21	23	43	64	107
16.00.00	22	21	28	28	35	36	20	20	49	56	105
<b>17.00.00</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>35</b>	<b>33</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>65</b>	<b>52</b>	<b>117</b>
<b>18.00.00</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>41</b>	<b>32</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>56</b>	<b>61</b>	<b>117</b>
19.00.00	20	18	41	36	30	30	21	22	54	52	106
20.00.00	29	30	55	34	27	26	20	21	64	47	111
21.00.00	18	19	29	35	2	4	8	8	54	12	66
22.00.00	10	10	13	35	10	10	11	11	45	21	66
23.00.00	2	2	0	11	8	8	2	2	13	10	23

Tabla 5.- Resultados comparativos de flujo/demanda. Configuración Norte. 1850 ops/día. Escenario B frente a Referencia [2].



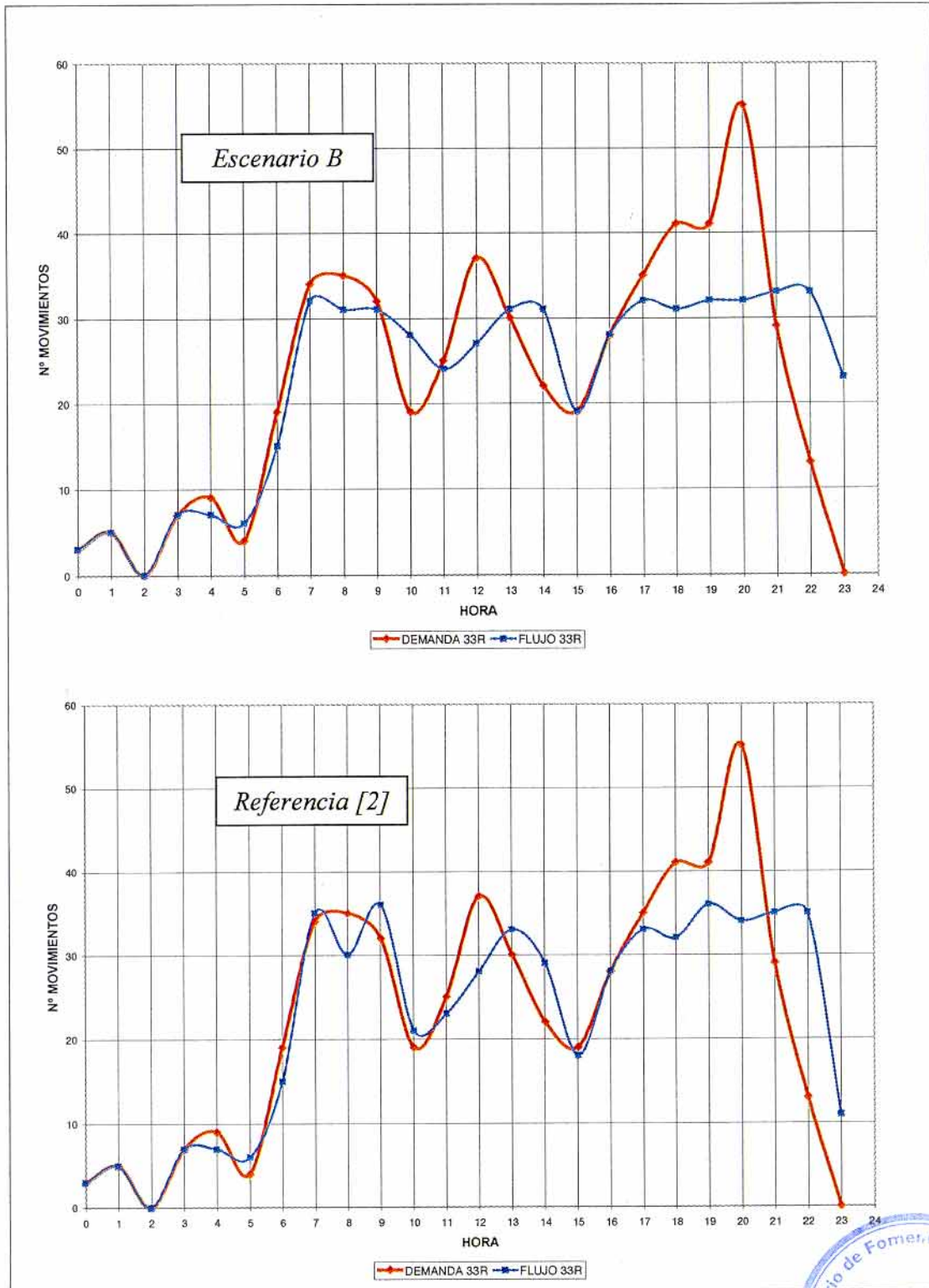


Figura 5.- Perfil de demanda/flujo a lo largo de todo el día para las llegadas por la pista 33R. Configuración Norte. Escenario B frente a Referencia [2].







DEMANDA/FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN SUR. 1775 ops./día											
ESCENARIO B											
HORA	LLEGADAS				SALIDAS				TOTAL FLUJO LLEG.	TOTAL FLUJO SAL.	TOTAL MOV.
	DEM. 18L	FLJ. 18L	DEM. 18R	FLJ. 18R	DEM. 15L	FLJ. 15L	DEM. 15R	FLJ. 15R			
0.00.00	3	3	5	5	0	0	2	2	8	2	10
1.00.00	0	0	3	3	17	17	4	4	3	21	24
2.00.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00.00	5	5	5	5	2	2	2	2	10	4	14
4.00.00	2	2	10	10	2	2	5	5	12	7	19
5.00.00	11	11	2	2	15	15	30	28	13	43	56
6.00.00	22	20	23	21	26	26	18	20	41	46	87
7.00.00	32	31	21	32	16	15	25	22	63	37	100
8.00.00	34	30	28	25	28	29	28	30	55	59	114
9.00.00	33	33	20	22	17	17	26	22	55	39	94
10.00.00	13	18	17	19	31	27	28	28	37	55	92
11.00.00	20	20	21	20	20	24	31	32	40	56	96
12.00.00	26	22	17	17	18	17	28	32	39	49	88
13.00.00	33	31	21	21	27	27	30	25	52	52	104
14.00.00	23	28	14	14	25	23	27	32	42	55	97
15.00.00	26	25	17	17	31	33	35	36	42	69	111
16.00.00	30	30	17	15	14	16	20	19	45	35	80
<b>17.00.00</b>	<b>36</b>	<b>32</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>62</b>	<b>53</b>	<b>115</b>
<b>18.00.00</b>	<b>37</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>36</b>	<b>34</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>115</b>
19.00.00	31	33	25	20	27	27	26	31	53	58	111
20.00.00	41	33	39	36	13	13	14	14	69	27	96
21.00.00	30	32	17	25	15	15	6	6	57	21	78
22.00.00	17	30	7	7	21	21	8	8	37	29	66
23.00.00	3	4	0	0	4	4	4	4	4	8	12
REFERENCIA [2]											
0.00.00	3	3	5	5	0	0	2	2	8	2	10
1.00.00	0	0	3	3	17	17	4	4	3	21	24
2.00.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00.00	5	5	5	5	2	2	2	2	10	4	14
4.00.00	2	2	10	10	2	2	5	5	12	7	19
5.00.00	11	11	2	2	15	15	30	28	13	43	56
6.00.00	22	21	23	21	26	26	18	20	42	46	88
7.00.00	32	32	21	22	16	15	25	23	54	38	92
8.00.00	34	30	28	25	28	29	28	30	55	59	114
9.00.00	33	34	20	22	17	17	26	22	56	39	95
10.00.00	13	15	17	19	31	27	28	28	34	55	89
11.00.00	20	20	21	20	20	23	32	31	40	54	94
12.00.00	26	24	17	17	17	17	28	32	41	49	90
13.00.00	33	32	21	21	27	27	30	25	53	52	105
14.00.00	23	26	14	14	25	23	27	32	40	55	95
15.00.00	26	25	17	17	32	33	33	34	42	67	109
16.00.00	30	30	17	15	14	16	20	19	45	35	80
17.00.00	36	34	30	30	28	28	26	25	64	53	117
<b>18.00.00</b>	<b>37</b>	<b>34</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>37</b>	<b>36</b>	<b>59</b>	<b>60</b>	<b>119</b>
19.00.00	31	36	25	20	27	28	25	28	56	56	112
20.00.00	41	35	38	35	13	13	13	13	70	26	96
21.00.00	30	32	17	25	15	15	6	7	57	22	79
22.00.00	17	23	7	7	21	21	8	8	30	29	59
23.00.00	3	3	0	0	4	4	2	2	3	6	9

Tabla 6.- Resultados comparativos de flujo/demanda. Configuración Sur. 1775 ops/día. Escenario B frente a Referencia [2].





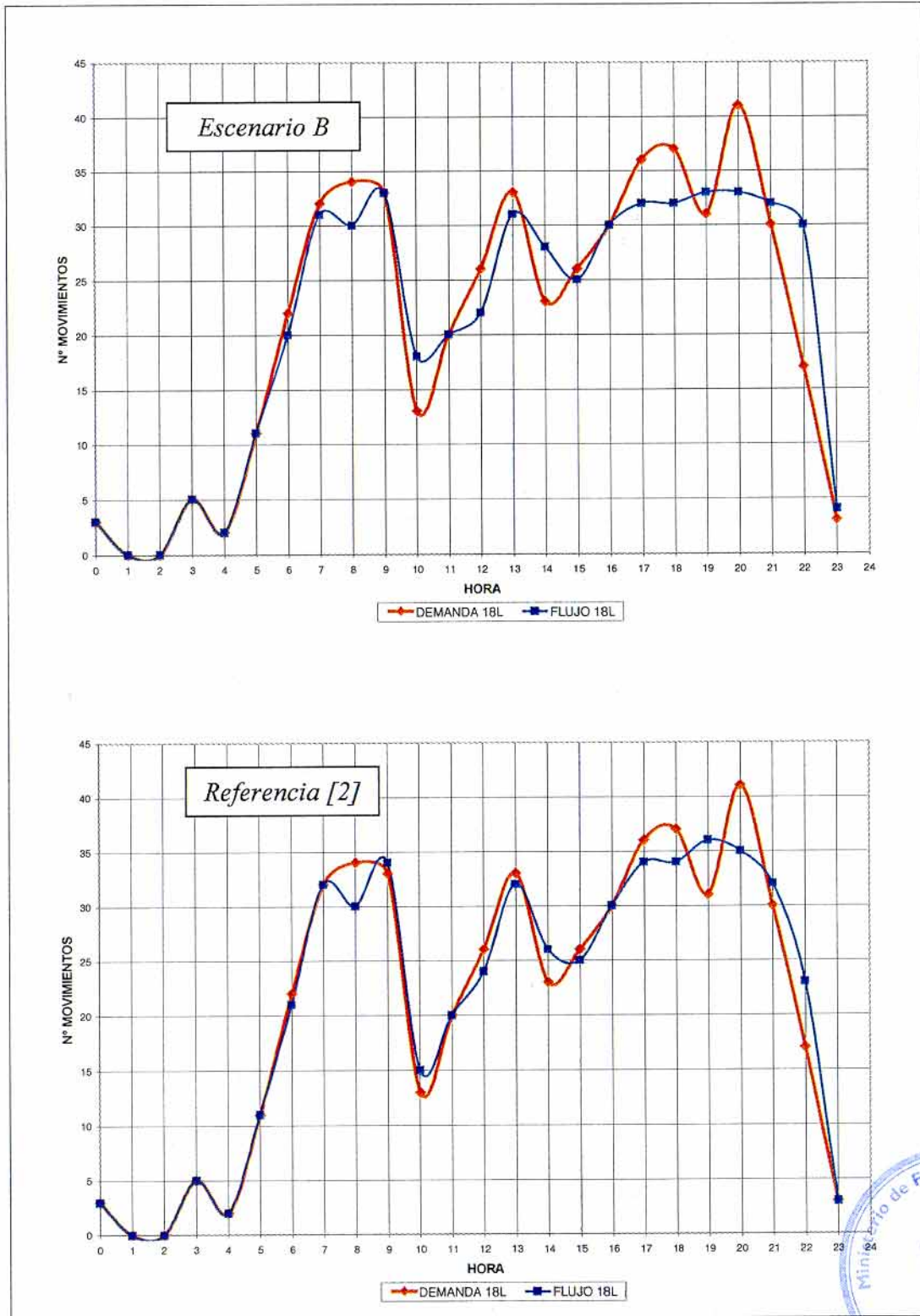
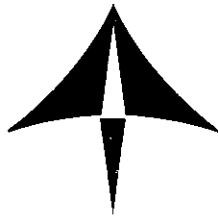


Figura 6.- Perfil de demanda/flujo a lo largo de todo el día para las llegadas por la pista 18L. Configuración Sur. Escenario 2 frente a Referencia [2].





## 7.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 7.1.- Escenario A frente a Referencia [1]

A continuación se analizan comparativamente los resultados del Escenario A (modelo con rutas originales y nuevos procedimientos operativos) con los procedentes de la *Referencia [1]* (modelo con rutas y procedimientos originales).

#### 7.1.1.- Configuración Norte

En la comparación de estos modelos, el parámetro más crítico corresponde a la demora de las llegadas en espacio aéreo, dado que aumenta el 33% con el cambio de procedimientos operativos. Este hecho se debe a dos factores:

- Incremento de la distancia de separación entre llegadas por la pista 33R de 3.5 NM en el modelo de la *Referencia [1]* a 4 NM en el *Escenario A*, con lo que disminuye la capacidad en ops/h de la pista 33R.
- La pista 33R está sobrecargada, ya que absorbe más de la mitad de todos los aterrizajes, en concreto el 58.40% de ellos mientras que la pista 33L se encuentra muy por debajo de su capacidad. De esta forma, para el nivel de tráfico de 1850 ops/día se alcanzan demoras medias, para las llegadas a la 33R, del orden de 6 veces superiores a las habidas en la 33L (24.13 minutos de media frente a 3.85 minutos).
- Se hace necesario un rediseño de las llegadas en el TMA que tenga en cuenta la posibilidad de disponer de rutas de desvío para que parte de las aeronaves que se dirigen a la pista 33R pudieran dirigirse a la pista 33L.

Como resultado final obtenido para la Configuración Norte se obtiene para un perfil correspondiente al del día tipo y 1850 ops/día:

- La capacidad hora punta para ese nivel de saturación es de 117 ops.
- El máximo número de llegadas es de 64 aterrizajes/hora, y el máximo de salidas de 66 despegues/hora.





El máximo n° de ops/hora alcanzado en cada pista, si bien no de forma simultanea, es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	33L	33R	36L	36R
Ops/h Máx.	32 (17:00)	33 (21:00, 22:00))	42 (15:00;18:00)	39 (06:00)

**Tabla 7.- Máximo Número de ops/h por pista. Configuración Norte. 1850 ops/día. Escenario A.**

### 7.1.2.- Configuración Sur

Al igual que en Configuración Norte, al comparar el *Escenario A* con la *Referencia [1]*, el parámetro más crítico corresponde a la demora de las llegadas en espacio aéreo, dado que aumenta el 62.3% con el cambio de procedimientos operativos. Este hecho se debe a dos factores:

- Incremento de la distancia de separación entre llegadas por la pista 18L de 3.5 NM en el modelo de la *Referencia [1]* a 4 NM en el *Escenario A*, con lo que disminuye la capacidad en ops/h de la pista 18L.
- En Configuración Sur, la pista con mayor separación en espacio aéreo está aún más sobrecargada que su homóloga de la Configuración Norte, ya que absorbe más de la mitad de todos los aterrizajes, en concreto el 65.4% de ellos, mientras que otra pista se encuentra muy por debajo de su capacidad. De esta forma, para el nivel de tráfico de 1775 ops/día se alcanzan demoras medias, para las llegadas a la 18L, del orden de 17 veces superiores a las demoras habidas para las llegadas a la 18R (30.98 minutos de media frente a 1.83 minutos).
- Se hace necesario un rediseño de las llegadas en el TMA que tenga en cuenta la posibilidad de disponer de rutas de desvío para que parte de las aeronaves que se dirigen a la pista 18L pudieran dirigirse a la pista 18R.

Como resultado final obtenido para la Configuración Sur se obtiene para un perfil correspondiente al del día tipo y 1775 ops/día:

- La capacidad hora punta para ese nivel de saturación es de 115 ops.
- El máximo número de llegadas es de 69 aterrizajes/hora, y el máximo de salidas de 69 despegues/hora.







El máximo n° de ops/hora alcanzado en cada pista, si bien no de forma simultanea, es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	18L	18R	15L	15R
Ops/h Máx.	33 (09:00; 19:00; 20:00)	36 (20:00)	33 (15:00)	36 (15:00)

**Tabla 8.- Máximo Número de ops/h por pista. Configuración Sur. 1775 ops/día. Escenario A.**

## 7.2.- Escenario B frente a Referencia [2]

### 7.2.1.- Configuración Norte

En la comparación de estos modelos, el parámetro más crítico corresponde, al igual que en el Apartado 7.1.1, a la demora de las llegadas en espacio aéreo, dado que la diferencia entre el Escenario A y el Escenario B solo son las nuevas rutas modificadas por ruido de salida, por lo que la problemática con las llegadas sigue siendo la misma.

Como resultado final obtenido para la Configuración Norte se obtiene para un perfil correspondiente al del día tipo y 1850 ops/día:

- La capacidad hora punta para ese nivel de saturación es de 116 ops.
- El máximo número de llegadas es de 63 aterrizajes/hora, y el máximo de salidas de 65 despegues/hora.

El máximo n° de ops/hora alcanzado en cada pista, si bien no de forma simultanea, es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	33L	33R	36L	36R
Ops/h Máx.	32 (17:00)	33 (21:00, 22:00)	41 (15:00;18:00)	38 (06:00)

**Tabla 9.- Máximo Número de ops/h por pista. Configuración Norte. 1850 ops/día. Escenario B.**

### 7.2.2.- Configuración Sur

En la comparación de estos modelos, el parámetro más crítico corresponde, al igual que en el Apartado 7.1.2, a la demora de las llegadas en espacio aéreo, dado que la diferencia entre el Escenario A y el Escenario B solo son las nuevas rutas modificadas por ruido de salida, por lo que la problemática con las llegadas sigue siendo la misma.







Como resultado final obtenido para la Configuración Sur se obtiene para un perfil correspondiente al del día tipo y 1775 ops/día:

- La capacidad hora punta para ese nivel de saturación es de 115 ops.
- El máximo número de llegadas es de 69 aterrizajes/hora, y el máximo de salidas de 69 despegues/hora.

El máximo n° de ops/hora alcanzado en cada pista, si bien no de forma simultanea, es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	18L	18R	15L	15R
Ops/h Máx.	33 (09:00; 19:00; 20:00)	36 (20:00)	33 (15:00)	36 (15:00)

**Tabla 10.- Máximo Número de ops/h por pista. Configuración Sur. 1775 ops/día. Escenario B.**

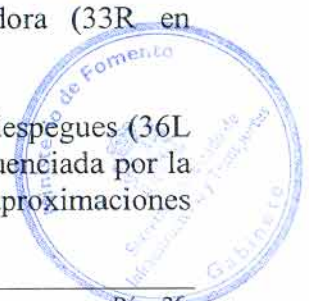
## 8.- CONCLUSIONES

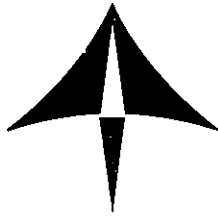
El impacto de los nuevos procedimientos operativos analizados es prácticamente el mismo en ambas Configuraciones, Norte y Sur, tanto con las rutas modificadas por ruido como con las originales. Este impacto se traduce fundamentalmente en:

- No se aprecia disminución sensible en ninguna de las cifras de capacidad consideradas: número de operaciones/día, operaciones hora pico, máximo de llegadas y máximo de salidas. Por lo cual puede concluirse que **el impacto combinado de los dos procedimientos operativo modificados:**
  - incremento de separación a 4NM en las pistas 33R y 18L,
  - y de la eliminación del bloqueo de la pista 33R sobre la 36R ( 18L sobre la 15L);

**sobre la capacidad del futuro caso C+B puede considerarse despreciable.**

- Disminución del porcentaje de salidas demoradas debido a que una de las dos pistas de despegue (36R en Configuración Norte y 15L en Configuración Sur) se ve libre de los bloqueos impuestos por las aproximaciones de la pista bloqueadora (33R en Configuración Norte y 18L en Configuración Sur).
- Aumento de la demora media de las aeronaves que utilizan la pista de despegues (36L en Configuración Norte y 15R en Configuración Sur) que sí se ve influenciada por la pista bloqueadora, debido a que el aumento de la separación en las aproximaciones





conduce a un peor aprovechamiento de las franjas horarias (Existen menos ventanas para despegues en una misma hora).

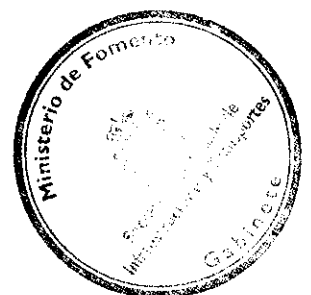
- Aumento de la demora media en espacio aéreo para las llegadas a la pista 33R en Configuración Norte y 18L en Configuración Sur, debido a que estas pistas estaban ya saturadas al absorber un elevado porcentaje del tráfico de llegadas.

## 9.- RECOMENDACIONES

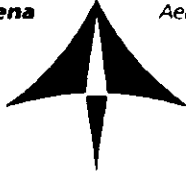
La recomendación principal que se extrae de los resultados obtenidos ya figura en los informes previos, *Referencia [1]* y *Referencia [2]*:

- Es de capital importancia conseguir el mayor grado de equilibrio posible entre los tráficos manejados por las diferentes, en especial, corregir los desequilibrios de tráfico entre ambas pistas de llegada, ya que así se conseguiría reducir el estado de saturación del sistema. Este aspecto es independiente del trazado de las rutas de salida, sean las originales o las rutas anti-ruido.

La reorganización de las rutas de llegada en el TMA, considerada como una recomendación en los estudios anteriores( [1] y [2]) se manifiesta ahora como de obligado cumplimiento debido a que la pista de llegadas que presenta exceso de tráfico es aquella en la que se ha aumentado la separación mínima durante el procedimiento de aproximación.



**Aena**



*Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea*

**DIRECCIÓN DE SISTEMAS E INSTALACIONES DE NAVEGACIÓN AÉREA  
DIVISIÓN DE DESARROLLO DEL SNA**

**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE  
DESARROLLO DEL ÁREA DE  
MOVIMIENTOS DEL FUTURO  
AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS.  
CASO C+B. HORIZONTE TEMPORAL AÑO  
2010**

**Abril de 1999**

Departamento de  
Aeropuertos y  
Navegación Aérea  
División de  
Desarrollo del SNA

1999



**Aena**



*Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea*

**DIRECCIÓN DE SISTEMAS E INSTALACIONES DE NAVEGACIÓN AÉREA  
DIVISIÓN DE DESARROLLO DEL SNA**

**ANÁLISIS DEL AEROPUERTO DE  
MADRID-BARAJAS CASO C+B.  
HORIZONTE TEMPORAL AÑO 2020**



**Junio de 1999**





## RESUMEN EJECUTIVO

### OBJETIVO DEL ANÁLISIS

Determinar cual de las alternativas de desarrollo planteadas para el área de movimientos del futuro aeropuerto de Madrid-Barajas caso C+B ofrece mejores valores de calidad de operación. El horizonte temporal contemplado es el año 2010. El análisis realizado es preliminar, debiendo completarse con estudios de detalle que confirmen las tendencias observadas.

### MODELOS Y CARGAS DE TRÁFICO ANALIZADOS

Son dos los modelos evaluados, denominados 0-2010 y 1-2010, cuyas características más destacadas son:

- Modelo 0-2010: concentra los nuevos terminales y satélites en la zona situada al Oeste de la pista 18R-36L.
- Modelo 1-2010: el futuro edificio terminal, junto con 13 posiciones de estacionamiento remotas adicionales permanecen al Oeste de la pista 18R-36L, mientras que el satélite se desplaza a una nueva posición situada entre las pistas 18R-36L y 18L-36R, añadiéndole 8 posiciones remotas extras.

El tráfico empleado es el de un día tipo con horizonte temporal en el año 2010 (total de 1508 ops/día), de acuerdo a las pronósticos de tráfico de Madrid-Barajas operando como un centro HUB distribuidor de tráfico. Se analiza ese nivel de 1508 ops/día, así como 1282 y 1734 ops/día ( $\pm 15\%$  de variación) para obtener curvas de comportamiento de los modelos. Dado el carácter preliminar del estudio, sólo se analiza el funcionamiento en Configuración Norte.

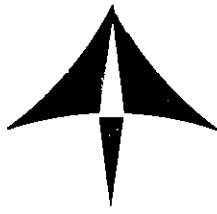
### CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Del análisis de los resultados (descritos en el informe principal) se concluye que:

- El modelo denominado 1-2010 (satélite entre pistas) ofrece un nivel de calidad de operación superior al modelo 0-2010. Para niveles de calidad equivalentes, el modelo 0-2010 gestiona un 7% menos de tráfico.
- La mejora se produce en la práctica totalidad de parámetros analizados (número de conflictos en rodadura, tiempo de rodadura de las salidas y tiempo de las llegadas en el área de maniobras).
- El parámetro más importante (número de conflictos) experimenta una reducción importante en el modelo 1-2010 no sólo en el número de ellos, sino que además la reducción es en la mayoría de las zonas problemáticas, en especial en las más críticas (nudo de salida pista 33L-acceso al NAT y el acceso por el Oeste a la pista de despegues 36L).

### RECOMENDACIONES

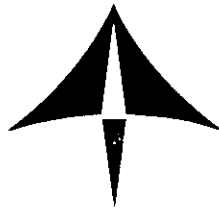
- El modelo 1-2010 resulta superior al 0-2010. La ventaja podría ser mayor aún si se desviase una fracción mayor de tráfico al satélite entre pistas. Sin embargo, para confirmar esta suposición, sería necesario efectuar análisis específicos.
- Es necesario completar el presente estudio con más cargas de tráfico para confirmar la evolución de las tendencias observadas.



## INDICE

1.- OBJETIVO DEL ANÁLISIS.....	1
2.- MODELOS ANALIZADOS Y DATOS DE PARTIDA.....	1
3.- METODOLOGÍA Y PARÁMETROS DE ANÁLISIS.....	4
4.- RESULTADOS COMPARATIVOS.....	6
5.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	9
6.- CONCLUSIONES DEL ESTUDIO.....	16
7.- RECOMENDACIONES.....	17





## **ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE DESARROLLO DEL ÁREA DE MOVIMIENTOS DEL FUTURO AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS. CASO C+B. HORIZONTE TEMPORAL AÑO 2010**

### **1.- OBJETIVO DEL ANÁLISIS**

Consiste en analizar mediante procedimientos de simulación en tiempo acelerado (herramienta Simmod 2.0.3) dos alternativas de desarrollo planteadas para el área de movimientos del futuro aeropuerto de Madrid-Barajas caso C+B, con horizonte temporal del año 2010. Los resultados de este primer estudio preliminar permitirán evaluar cual de las opciones resulta ser, a priori, la más adecuada. Estudios posteriores más detallados profundizarán en aspectos particulares del estudio, refinando los resultados obtenidos en este.

### **2.- MODELOS ANALIZADOS Y DATOS DE PARTIDA**

Los modelos evaluados se denominan 0-2010 y 1-2010. El análisis se centra en el aeropuerto operando en Configuración Norte. El análisis de la Configuración Sur queda pendiente para futuros estudios. Los datos de entrada empleados para las simulaciones han sido:

- Trazado del área de movimientos de ambas alternativas, con los correspondientes sentidos de rodadura y asignaciones de compañías según estacionamientos. Información suministrada por Grupo FSAM y Oficina del Plan Barajas.
- Tráfico correspondiente a un día tipo con horizonte temporal del año 2010 (un total de 1508 ops/día), de acuerdo a los análisis y pronósis de tráfico de Madrid-Barajas operando como un centro HUB distribuidor de tráfico. Estas pronósis han sido efectuadas por el Grupo FSAM.

En las Figuras 1 y 2 se representan de manera esquemática las alternativas analizadas.<sup>1</sup>



---

<sup>1</sup> Si bien los detalles constructivos de los modelos simulados han tenido en cuenta las últimas informaciones disponibles acerca del trazado geométrico del aeropuerto, los planos adjuntos a este informe no recogen, por simplificación, la totalidad de los detalles contemplados.

# FIGURA 1.- ESCENARIO 0 2010

## CONFIGURACION NORTE

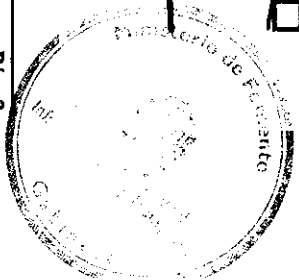
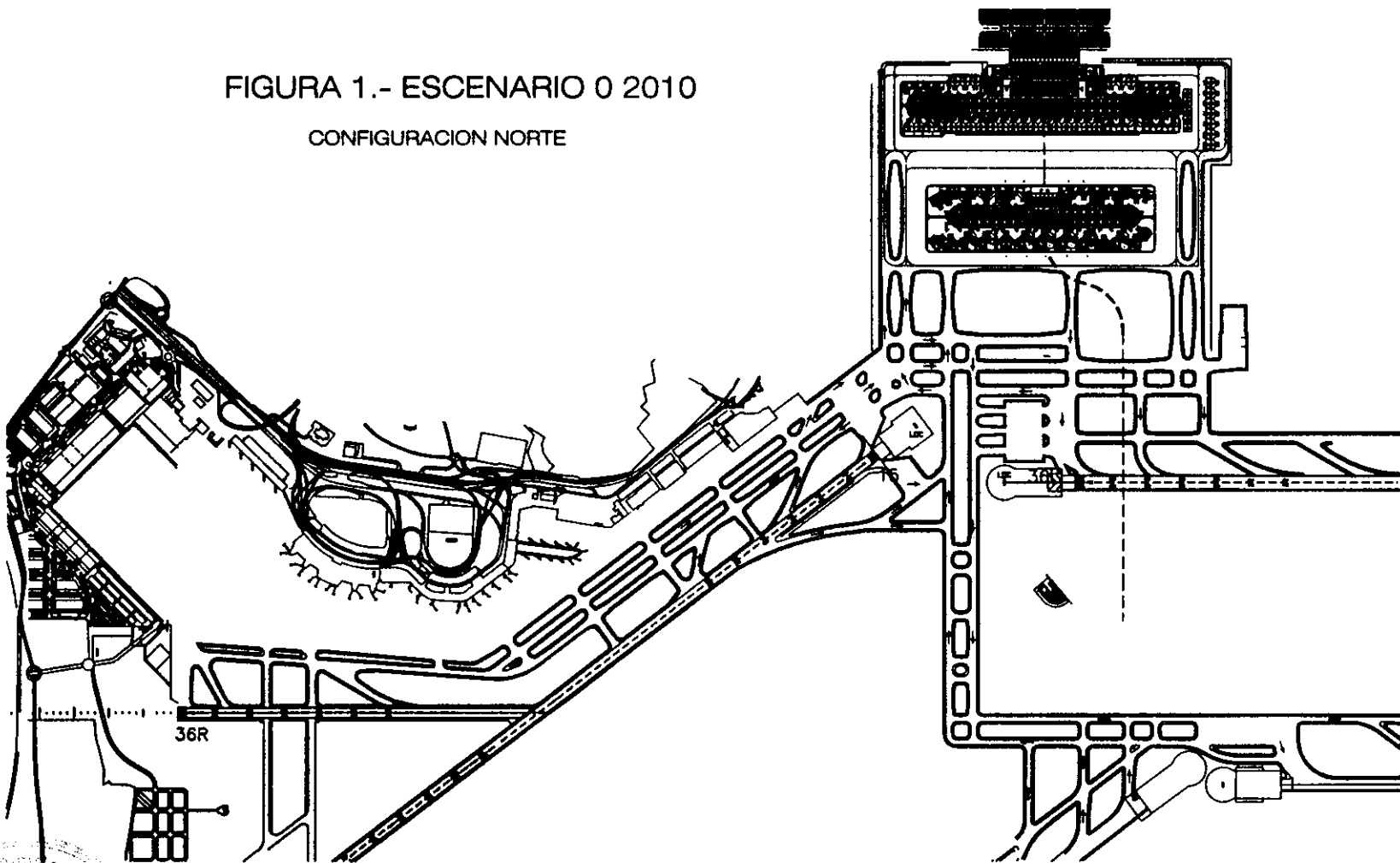
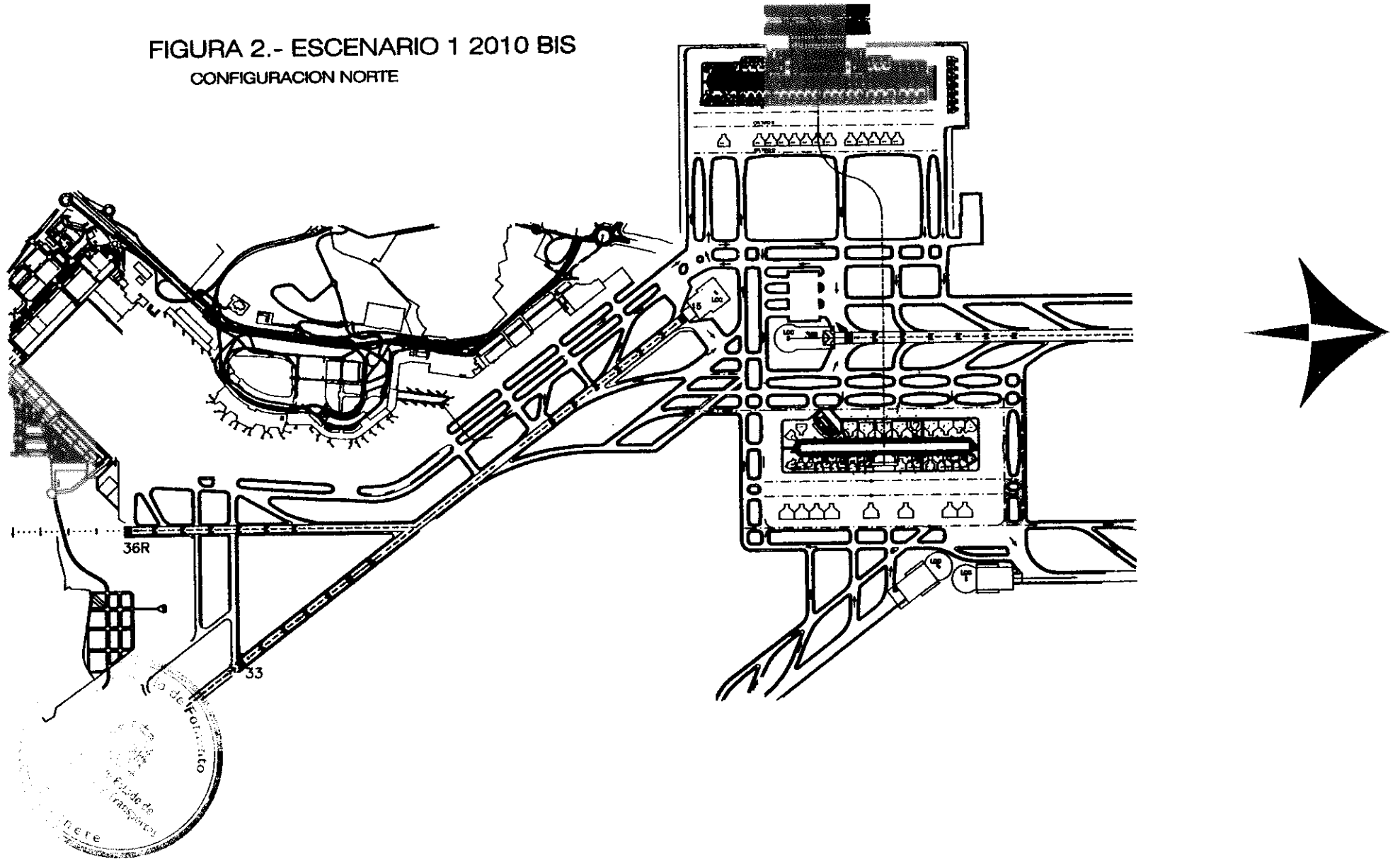
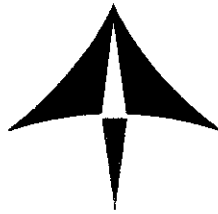




FIGURA 2.- ESCENARIO 1 2010 BIS  
CONFIGURACION NORTE





Las características diferenciadoras más importantes existentes entre ambos modelos se pueden sintetizar en los siguientes puntos:

- Modelo 0-2010: concentra todas las nuevas posiciones, terminales y satélites en la misma zona, al Oeste de la pista 18R-36L. Además, en este modelo se ha previsto el añadir una tercera calle de rodadura paralela a la pista 33L, en la zona situada al Norte del terminal T3 (Dique Norte), con la intención de aliviar la congestión del nudo situado entre el final de la pista 33L y los accesos al NAT. El análisis efectuado presta una especial atención a esta zona con el objeto de determinar si la inclusión de esta calle adicional cumple los fines para los que fue contemplada.
- Modelo 1-2010: El futuro edificio terminal y una cantidad adicional de posiciones remotas permanecen al Oeste de la pista 18R-36L, mientras que el edificio satélite junto con más posiciones remotas se ubican en la zona comprendida entre las pistas 18R-36L y 18L-36R. Este modelo presenta mayor grado de desarrollo en el área de maniobras comprendida entre pistas (más calles de salida, hacia ambos lados para el caso de la pista 33L, accesos por ambos lados a la pista de despegue 36L, etc).

El tráfico empleado en los modelos corresponde a un día tipo de 1508 ops/día. Se ensaya tanto ese valor como los niveles correspondientes a 1282 y 1734 ops/día (incrementos y decrementos del 15% respectivamente). La razón es no limitarse a analizar ambos modelos con una sola carga de tráfico, sino analizar su evolución en un intervalo de tráficos. De esa manera se obtienen las curvas de tendencia de ambos modelos. Serían necesarios análisis posteriores que confirmaran que los comportamientos observados se mantienen fuera de ese intervalo de cargas de tráfico y que por tanto obedecen a la tendencia intrínseca de los modelos.

### 3.- METODOLOGÍA Y PARÁMETROS DE ANÁLISIS

El análisis se centra en el funcionamiento del área de maniobras, por lo que los indicadores principales son:

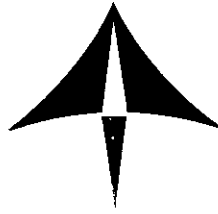
C: Número de conflictos entre aeronaves en el área de maniobras.

D: Demora media de las salidas demoradas en superficie.

L: Tiempo en el área de maniobras de las llegadas. Incluye tiempo de rodadura y demora.

S: Tiempo de rodadura de las salidas.





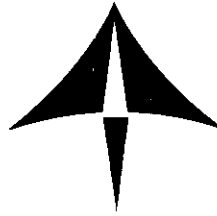
Los pasos aplicados de manera secuencial para realizar el análisis comparativo de ambos modelos son (metodología de la DDSNA para análisis de operaciones en superficie):

1. Se determinan los valores de los indicadores principales para cada modelo.
2. A partir de esos valores, se obtiene para cada indicador un índice relativo, refiriendo su valor al del modelo más eficiente (mayor eficiencia a menor número de conflictos y menores valores de demoras y tiempos).
3. Se ponderan esos índices relativos de acuerdo a su nivel de importancia para la operatividad del área de maniobras:  $\text{Ponderación} = (10 \times C) + (7 \times D) + (4 \times L) + (4 \times S)$ .
4. Se obtiene, con la ponderación, un único valor indicativo de la calidad de los modelos analizados, para poder proceder a su comparación.
5. Se repite ese proceso para cada modelo con la carga de tráfico de 1508 ops/día original, incrementada un 15% y reducida en un 15%.

Además de obtener este parámetro global de calidad que permite comparar de manera cuantitativa los modelos analizados, se efectúa un análisis particularizado de los conflictos en el área de maniobras, dada la importancia que tienen sobre la gestión del tráfico en superficie. El análisis de los conflictos se centra en los siguientes aspectos:

1. Número total de conflictos y número de zonas en las que se distribuyen.
2. Distribución geográfica de esos conflictos, es decir, si se producen concentraciones especialmente intensas de los mismos en zonas vitales para la operatividad del aeropuerto.
3. Distribución temporal de los conflictos en las zonas de mayor interés, con objeto de determinar si estos se presentan distribuidos a lo largo del día ó si se concentran en algunas horas particulares según las diversas zonas.
4. Criterios operativos en las zonas con mayor densidad de conflictos. Si al comparar los modelos aparecen zonas que presentan valores semejantes en el número global de conflictos, resulta más ventajosa aquella situación que presente un menor número de cruces, ya que de otro modo el personal ATC debería dispersar su atención entre más puntos.





#### 4.- RESULTADOS COMPARATIVOS

Los valores de los parámetros analizados figuran en la Tabla 1 para los dos modelos considerados.

	Carga de Tráfico	Nº Conflictos	Demora media salidas demoradas	T rodadura salidas	Tiempo de las llegadas en área maniobras
<b>Modelo 0-2010</b>	1282 ops/día	184 (0.86)	2.79 min (1.00)	11.84 min (0.89)	8.66 min (0.96)
	1508 ops/día	265 (0.60)	3.22 min (0.87)	11.75 min (0.90)	8.67 min (0.96)
	1734 ops/día	346 (0.46)	4.32 min (0.65)	11.68 min (0.91)	8.68 min (0.96)
	Carga de Tráfico	Nº Conflictos	Demora media salidas demoradas	T rodadura salidas	Tiempo de las llegadas en área maniobras
<b>Modelo 1-2010</b>	1282 ops/día	158 (1.00)	2.96 min (0.95)	10.73 min (0.99)	8.31 min (1.00)
	1508 ops/día	221 (0.72)	3.28 min (0.85)	10.64 min (1.00)	8.29 min (1.00)
	1734 ops/día	288 (0.55)	4.20 min (0.67)	10.59 min (1.00)	8.32 min (1.00)

**Tabla 1. Parámetros e Índices relativos de los modelos analizados**

Aplicando los factores de ponderación correspondientes a cada uno de los índices, se obtienen los valores de calidad globales mostrados en la Tabla 2 (sobre un máximo posible de 25 puntos) para ambos escenarios:

Cargas de Tráfico	Modelo 0-2010	Modelo 1-2010
1282 ops/día	22,99	24,55
1508 ops/día	19,47	21,10
1734 ops/día	16,54	18,12

**Tabla 2.- Valores de calidad global de la operación en área de maniobras**

En las figuras 3 y 4 aparecen mapas de distribución de conflictos (carga de tráfico 1508 ops/día) para cada uno de los escenarios analizados, donde se pueden observar las diferencias entre ambos modelos y las zonas del área de maniobras que resultan más críticas.

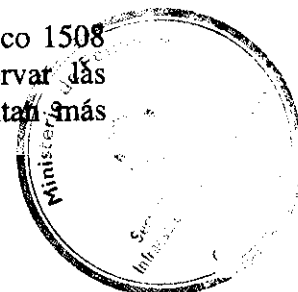
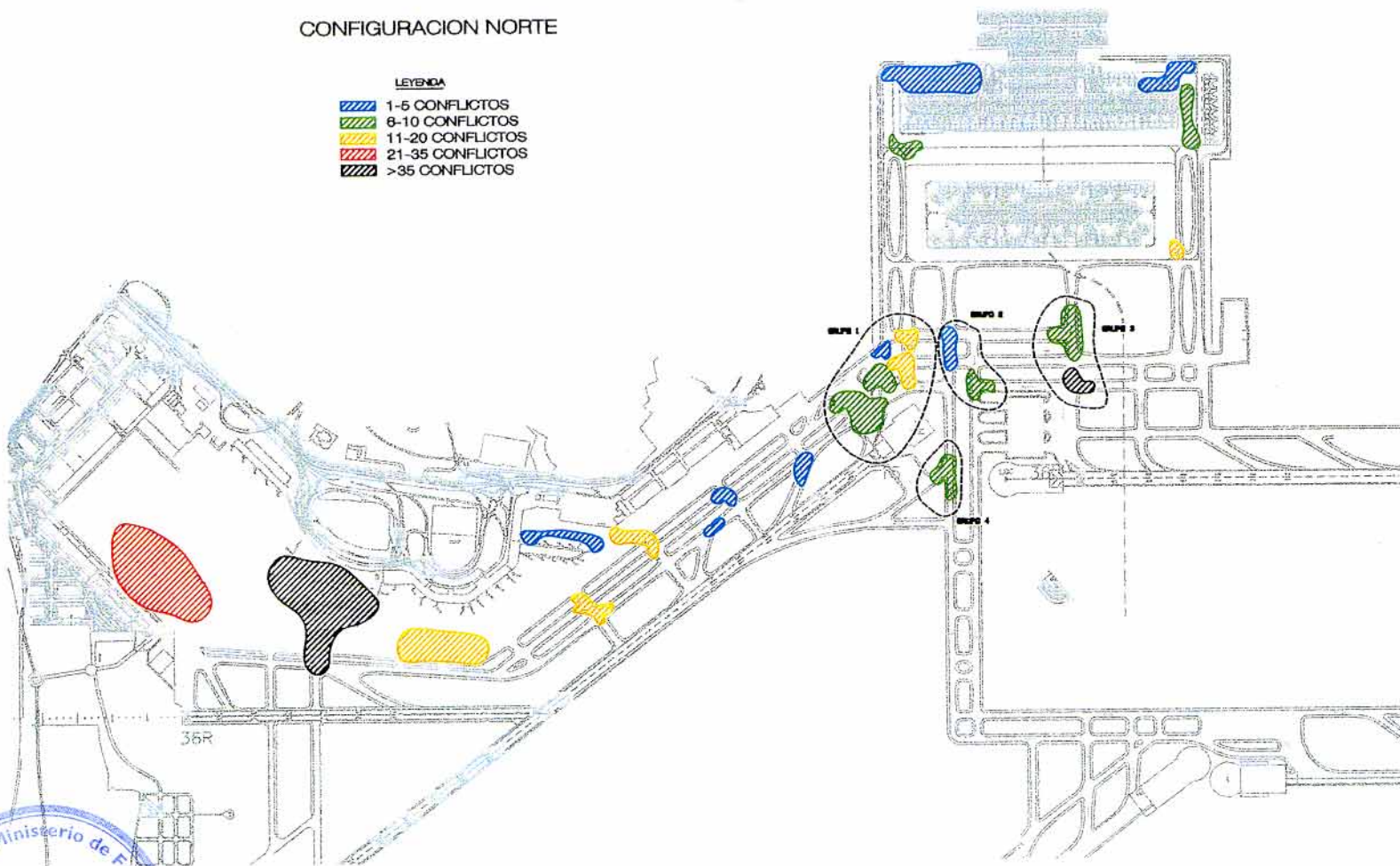




FIGURA 3.- ESCENARIO 0 2010  
CONFIGURACION NORTE





- LEYENDA
- 1-5 CONFLICTOS
  - 6-10 CONFLICTOS
  - 11-20 CONFLICTOS
  - 21-35 CONFLICTOS
  - >35 CONFLICTOS

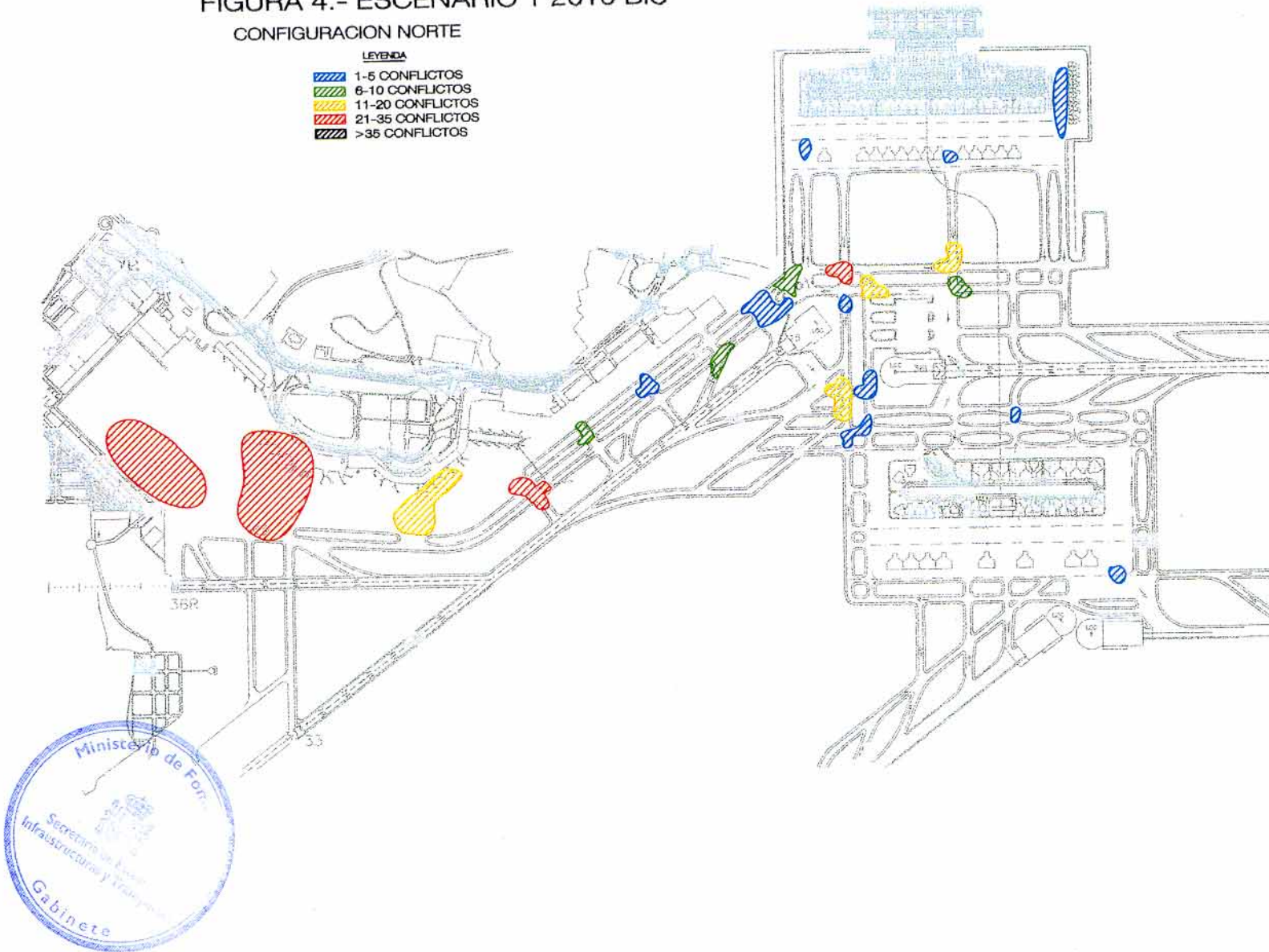


# FIGURA 4.- ESCENARIO 1 2010 BIS

## CONFIGURACION NORTE

**LEYENDA**

	1-5 CONFLICTOS
	6-10 CONFLICTOS
	11-20 CONFLICTOS
	21-35 CONFLICTOS
	>35 CONFLICTOS





## 5.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

Destacan los siguientes aspectos:

- El modelo 1-2010 proporciona niveles de calidad de operación superiores a los del modelo 0-2010 para todas las cargas de tráfico analizadas (Figura 5). Se puede concluir que el modelo 1-2010 alcanza con 1500 ops/día el mismo nivel de calidad del modelo 0-2010 con 1400 ops/día (7% menos de tráfico).

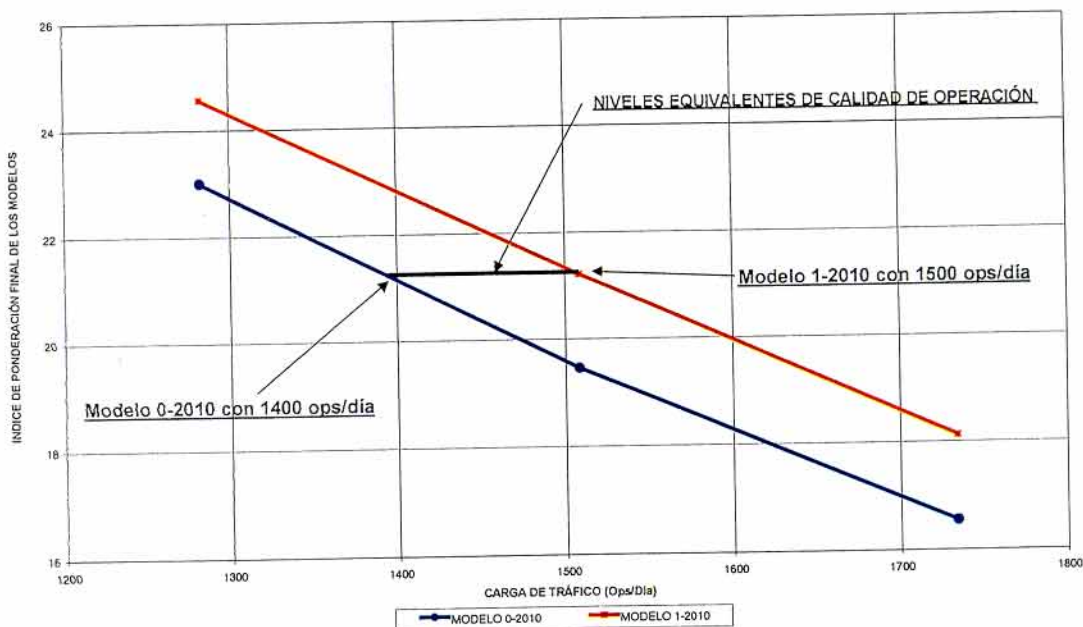
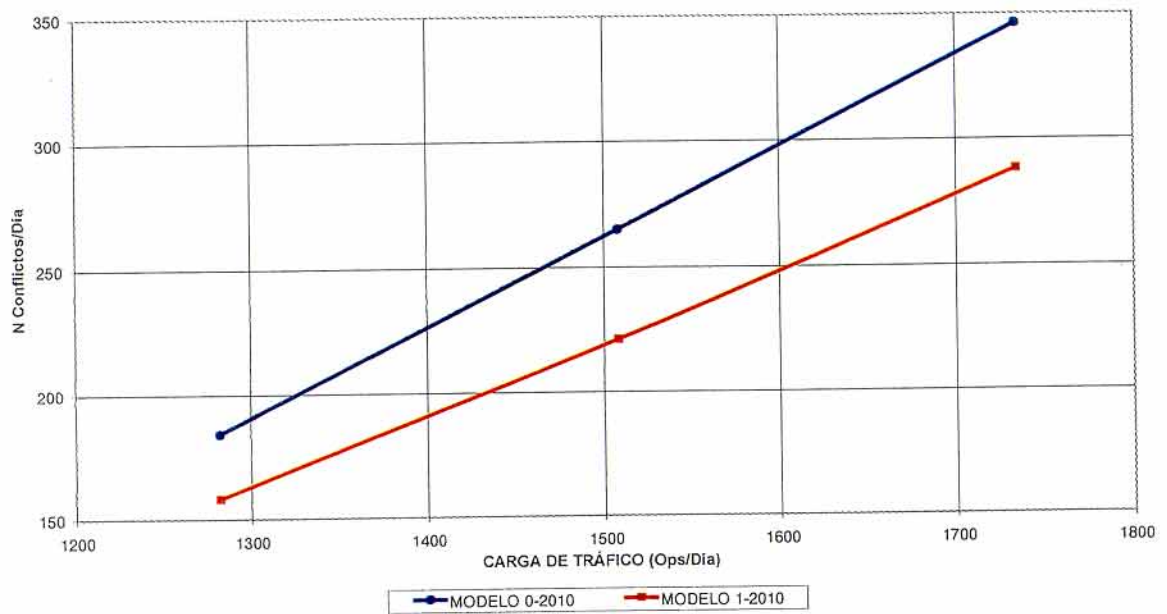


Figura 5.- Niveles de Calidad Globales de la Operación en el Área de Maniobras.

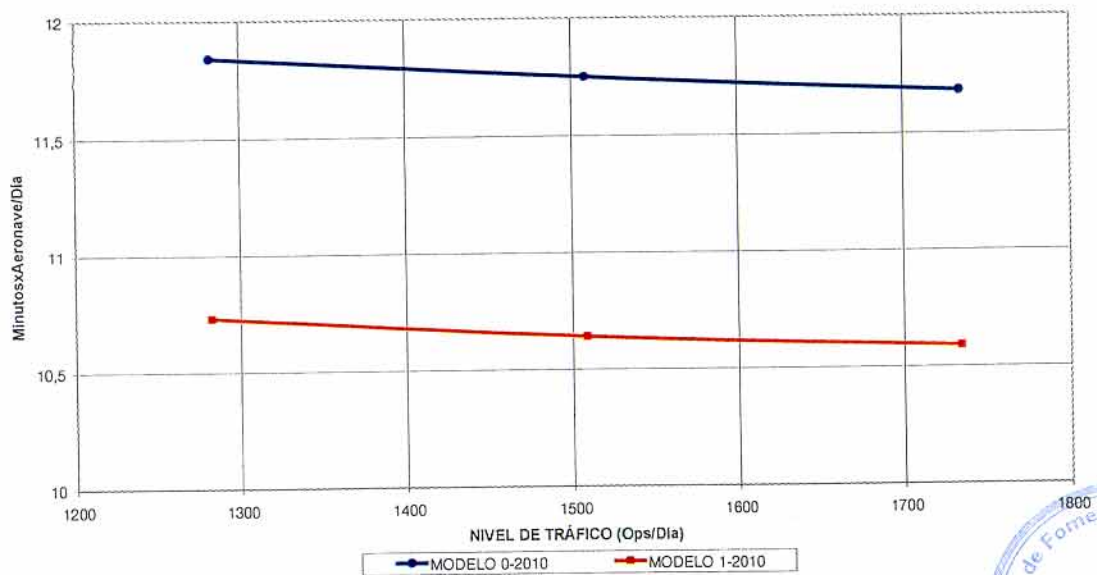
- El modelo 1-2010, al disponer del satélite entre pistas, consigue en gran medida segregar el tráfico absorbido por dicho satélite del resto de la circulación, lo que redundará en un menor número de conflictos en general en todo el aeropuerto y una reducción de los tiempos de rodadura (Figuras 6, 7 y 8). Se comprueba que el ritmo de crecimiento de los conflictos al aumentar el nivel de tráfico es menos intenso en el modelo 1-2010.







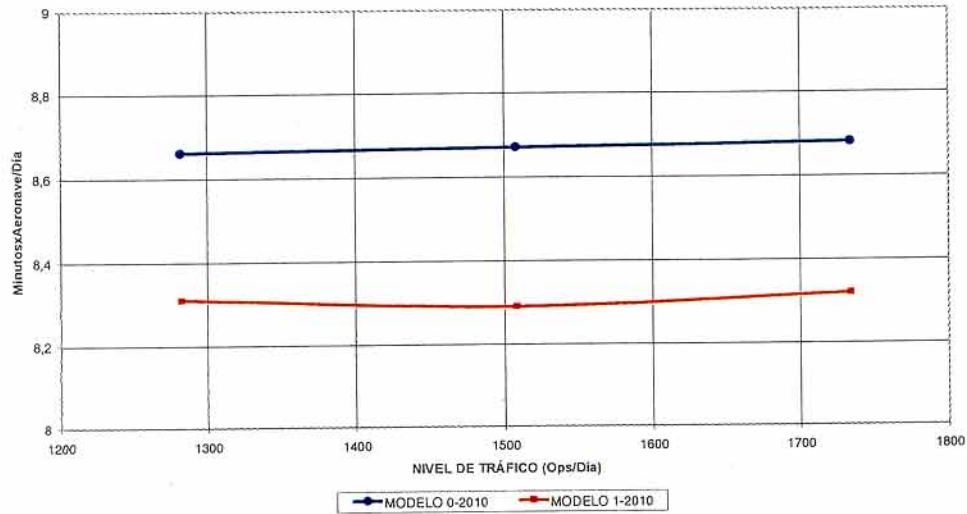
**Figura 6.- Evolución de los Conflictos en el Área de Maniobras**



**Figura 7.- Tiempos Medios de Rodadura de las Salidas**

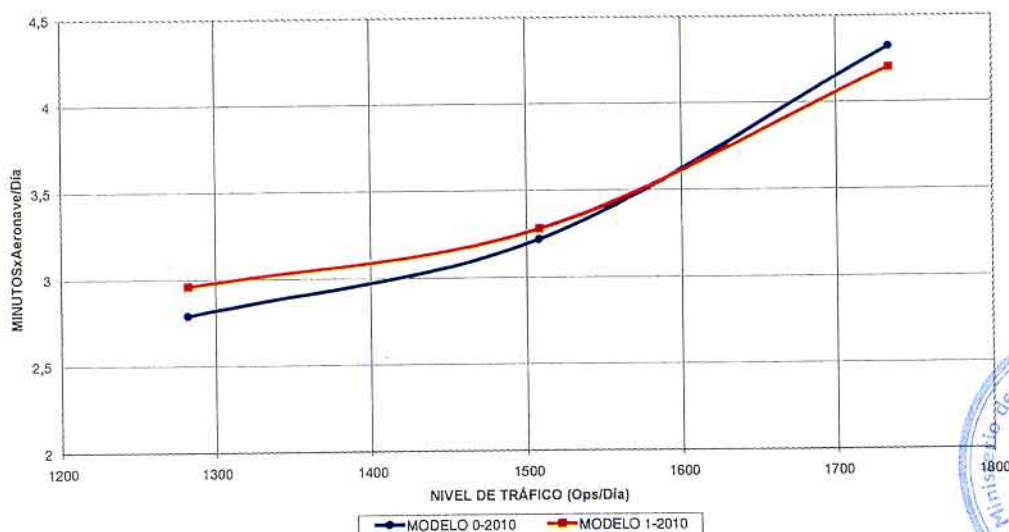






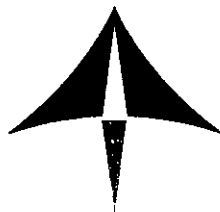
**Figura 8.- Tiempo de las Llegadas (Rodadura + Demora en Rodadura) en Área de Maniobras**

- Los valores de demora media de las salidas demoradas son muy similares en ambos modelos (Figura 9). Con los datos disponibles no se puede extraer una tendencia clara del comportamiento relativo ante incrementos de tráfico. Sería necesario ensayar un rango más amplio de cargas de tráfico para poder determinar si esa semejanza entre modelos se mantiene ó no para este parámetro.



**Figura 9.- Demora Media de las Salidas Demoradas**



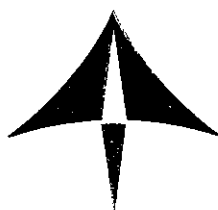


- Los efectos beneficiosos derivados de la ubicación entre pistas del satélite y posiciones remotas asociadas dependen de la proporción de tráfico absorbido por el satélite. Es de suponer que a medida que el satélite absorba más aeronaves, la mejora en la calidad de la operación del modelo 1-2010 se incrementará con respecto a la del modelo 0-2010 (modelo para el que no existe esa posibilidad de aislar tráficos). Para confirmar esta hipótesis, sería necesario realizar análisis adicionales con cargas de tráfico mayores y ensayar diferentes niveles de la fracción de tráfico absorbido por el satélite.

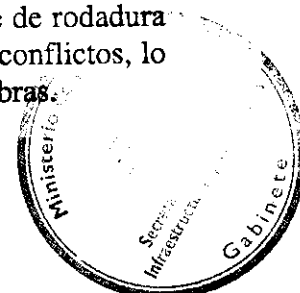
A continuación, se detallan los aspectos más sobresalientes referidos a la distribución de conflictos en ambos modelos:

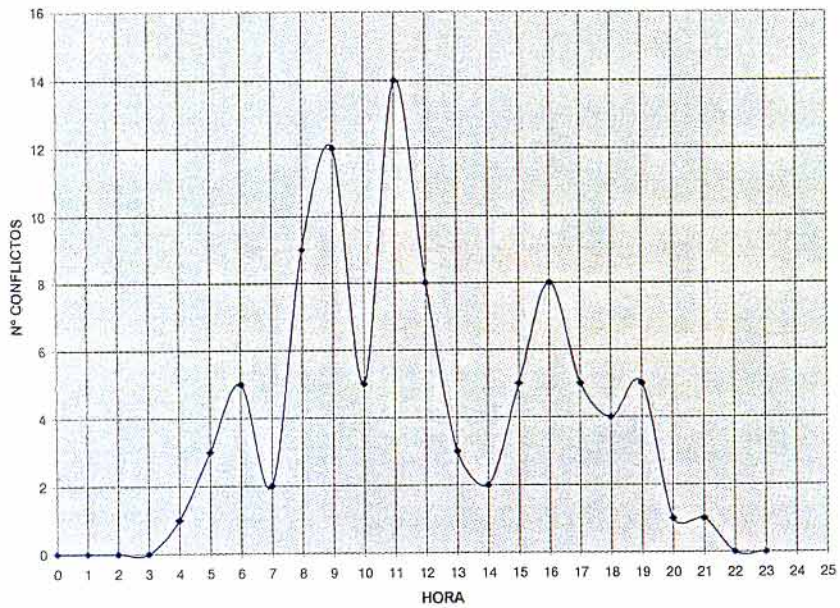
- Número total de conflictos y número de zonas: el número total de conflictos es muy inferior en el modelo 1-2010 (en torno al 20% menos). La cantidad de zonas conflictivas es del mismo orden, aunque en la zona del NAT y sobre todo en sus accesos, el número de zonas de conflicto es menor.
- Distribución geográfica de las zonas de conflictos: en lo referente a cada una de las zonas conflictivas del área de maniobras, cabe destacar los siguientes aspectos:
  1. La zona de la actual plataforma de estacionamiento (terminales T1, T2, T3, dique Sur, etc), experimenta ligeros cambios. El modelo 1-2010 presenta en general una leve disminución en el número de conflictos, debido a que las aeronaves con carrera de aterrizaje más corta y que se encaminen al NAT ó al satélite entre pistas disponen en el modelo 1-2010 de más calles de salida rápida a la derecha de la pista 33L, por lo que al utilizar dichas calles evitan su paso por la zona de estacionamiento actual, reduciendo su congestión.
  2. Zona de acceso al NAT, situada al Sur-Oeste de la cabecera de la pista 36L. El modelo 1-2010 presenta menores zonas de conflicto y en general con menor número de ellos. En este modelo el tráfico que utiliza el satélite entre pistas (tanto llegadas como salidas) no circula por esa zona, por lo que la congestión es menor. Sólo en uno de los cruces aumenta el número de conflictos (el que pasa de color azul a rojo en una de las calles de subida al NAT) y es porque al haber desaparecido el satélite del NAT esa calle pasa a ser la más utilizada, ya que proporciona el acceso más corto a muchas de las posiciones.



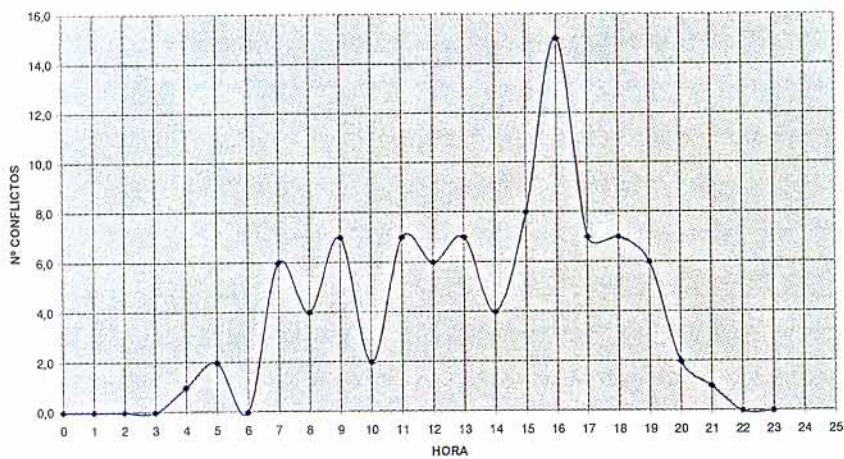


3. NAT: en el área ocupada por el NAT el número de conflictos también disminuye en el modelo 1-2010 ya que parte de su tráfico migra con el satélite a su ubicación entre pistas.
  4. Accesos a colas de despegue de la pista 36L: en el modelo 0-2010 solo existe acceso por el Oeste, lo que hace que esa zona esté muy congestionada y con elevado número de conflictos (zona de color negro en el mapa de distribución de conflictos). En el modelo 1-2010 el acceso a esa pista se diversifica ya que las aeronaves procedentes del NAT y actual plataforma acceden por el Oeste y las procedentes del satélite por el Este. Aunque aparecen zonas nuevas de conflictos en los accesos Este de dicha pista, el resultado global de todos los accesos es de disminución.
  5. Satélite y zonas circundantes: son zonas que no existen en el modelo 0-2010 y que lógicamente producen conflictos cuando se habilitan en el modelo 1-2010. Aún así, el nivel de conflictos es pequeño.
- **Distribución temporal de los conflictos:** en las Figuras 10 y 11 se observa que la distribución de conflictos en la zona de acceso al NAT y la cabecera de la pista 36L no es uniforme a lo largo del día, presentándose máximos de 14 y 15 conflictos/hora en ambos modelos. En ese área aparecen 4 zonas de interés en ambos modelos, denominadas G1 (salida a la izquierda por el final de la pista 33L y acceso más al Sur del NAT), G2 (acceso al NAT situado más al Norte) , G3 (acceso por el Oeste a las colas de despegue de la pista 36L) y G4 (final de la salida rápida a la derecha de la pista 33L). Para el modelo 0-2010 (figura 12), las G1 y G3 presentan perfiles no homogéneos de distribución de conflictos, con valores pico pronunciados en varias horas. En cambio, en el modelo 1-2010 (figura 13) sólo la zona G2 presenta un pico horario destacado de conflictos. Por tanto, en el modelo 1-2010 se observa una mejora respecto del modelo 0-2010 al ser la distribución de conflictos más homogénea a lo largo del día en la mayoría de las zonas.
  - **Criterios operativos:** en ambos modelos el nudo de acceso al NAT (situado al Sur-Oeste de la cabecera de la pista 36L) es una zona especialmente problemática. Ya se ha comentado que el modelo 1-2010 experimenta menor número de conflictos en esa zona (y en todo el aeropuerto) además de ver reducido el número de puntos problemáticos en la zona. Adviertase también que para el modelo 0-2010 el hecho de haber añadido una tercera calle de rodadura paralela a la pista 33L aumenta el número de puntos de cruce con conflictos, lo que desaconseja la inclusión de este nuevo vial en el área de maniobras.





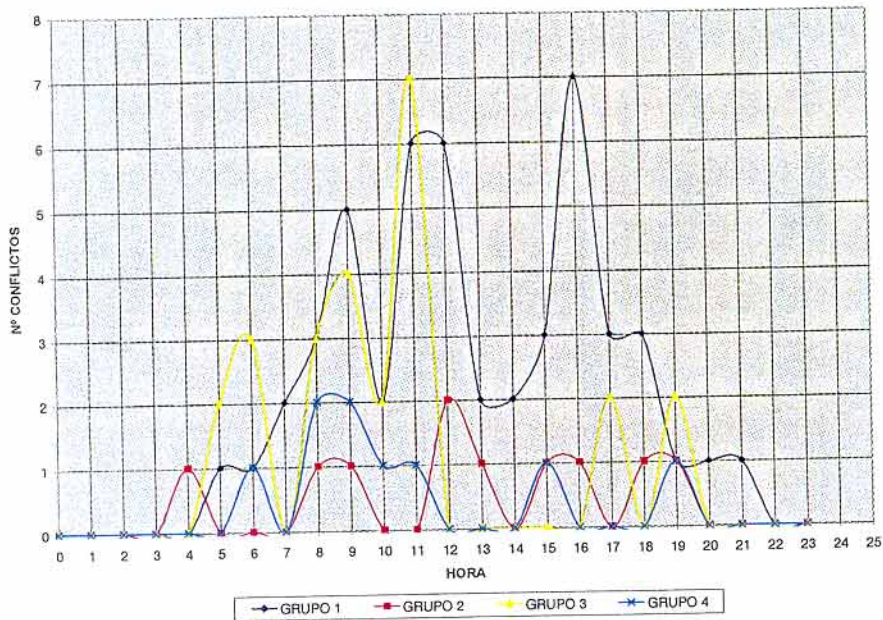
**Figura 10.- Número de Conflictos/hora en zona de salida de la pista 33L, acceso al NAT y acceso a colas de la pista 36L. Modelo 0-2010**



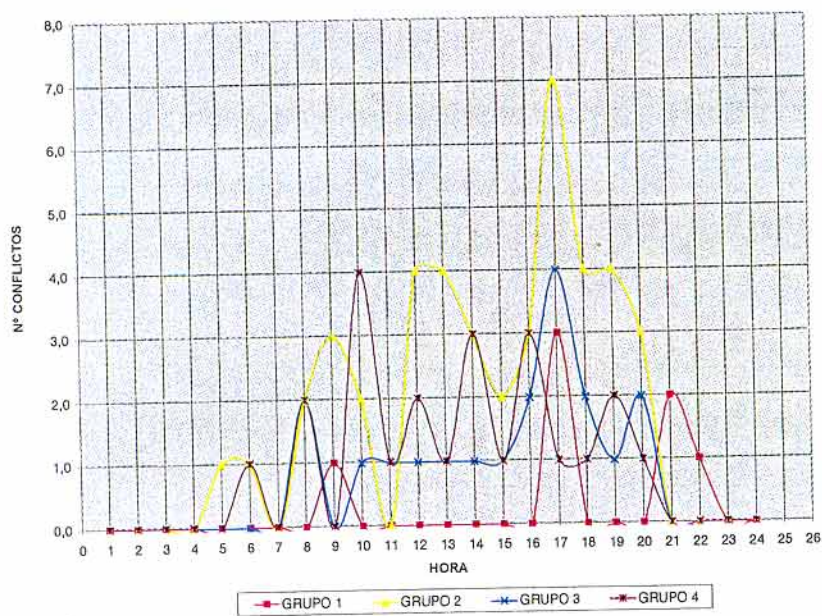
**Figura 11.- Número de Conflictos/hora en zona de salida de la pista 33L, acceso al NAT y acceso a colas de la pista 36L. Modelo 1-2010**





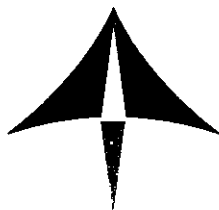


**Figura 12.- Número de Conflictos/hora distribuido según zonas de salida de la pista 33L, acceso al NAT y acceso a colas de la pista 36L. Modelo 0-2010**



**Figura 13.- Número de Conflictos/hora distribuido según zonas de salida de la pista 33L, acceso al NAT y acceso a colas de la pista 36L. Modelo 1-2010**





## 6.- CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Analizados los resultados se puede concluir que:

- El modelo 1-2010 (satélite entre pistas) ofrece un nivel de calidad de operación superior al modelo 0-2010. La mejora se produce además en prácticamente todos los parámetros de interés.
- Comparando uno por uno los parámetros analizados se observa que:

Conflictos: El modelo 0-2010 propicia un número mucho más elevado de conflictos en superficie, un 20% más.

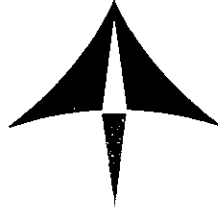
Demoras de las salidas: ambos modelos están prácticamente igualados.

Tiempo de rodadura de las salidas: el modelo 0-2010 implica en general recorridos de salida un 10% más largos.

Tiempo de las llegadas en área de maniobras: en el modelo 0-2010 estos tiempos son por término medio un 5% superiores a los correspondientes al modelo 1-2010.

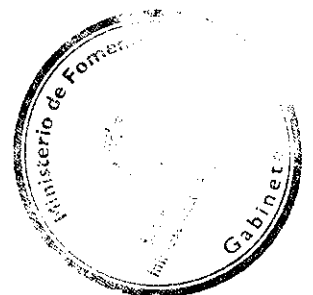
- El parámetro más importante desde el punto de vista de la rodadura (conflictos) experimenta una reducción notable en el modelo 1-2010 no sólo en su número, sino que además las zonas más críticas en el modelo 0-2010 (zona de acceso al NAT y zona de acceso a colas de despegue de la pista 36L) experimentan un alivio considerable en el modelo 1-2010.
- El resto de zonas también experimentan disminuciones en los conflictos en el modelo 1-2010, con la excepción de las zonas mencionadas en el apartado 5 (fundamentalmente el satélite entre pistas, que no existe en el modelo 0-2010).
- El hecho de añadir una tercera calle de rodadura paralela a la pista 33L en el modelo 0-2010 (en el acceso al NAT y cabecera a la pista 36L) aumenta el número de puntos conflictivos.

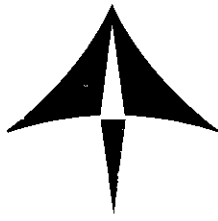




## 7.- RECOMENDACIONES

- El modelo 1-2010 resulta superior al 0-2010. La ventaja podría ser mayor aún si se desviase una fracción mayor de tráfico al satélite entre pistas. Sin embargo, para confirmar esta suposición, sería necesario efectuar análisis específicos.
- Criterios operativos desaconsejan el desdoblamiento de las calles de rodaje en las cercanías de los accesos al NAT y la pista 36L, opción contemplada en el modelo 0-2010.
- Es necesario completar el presente estudio con más cargas de tráfico para confirmar la evolución de las tendencias observadas.





## **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LAS ALTERNATIVAS DEL FSAM. CASO C+B. HORIZONTE TEMPORAL AÑO 2010 (1373 OPS./DÍA)**

### **1.- OBJETIVO DEL ANÁLISIS**

El objetivo principal de este análisis de sensibilidad consiste en analizar el comportamiento de los dos modelos 0-2010 y 1-2010 del caso C+B-FSAM al modificar el perfil del día tipo empleado en el estudio principal de este documento. La nueva distribución de tráfico posee características similares a las del tráfico original, en cuanto a su naturaleza (HUB), y tiene en cuenta las nuevas alianzas internacionales de la compañía Iberia. Para completar el análisis se realiza una comparativa de los modelos 0-2010 y 1-2010 para el escenario inicial (1508 movimientos al día y para el escenario con perfil de tráfico modificado (1373 ops./día)

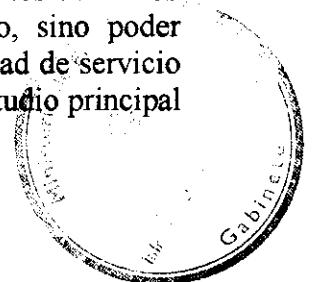
### **2.- DATOS DE PARTIDA**

Los modelos evaluados 0-2010 y 1-2010 se han simulado en Configuración Norte, no siendo modificados para este estudio de sensibilidad ninguno de los parámetros de partida con respecto al modelo original. Los datos de entrada empleados para las simulaciones han sido:

- Trazado del área de movimientos de ambas alternativas, con los correspondientes sentidos de rodadura y asignaciones de compañías según estacionamientos, teniendo en cuenta las futuras alianzas internacionales de la compañía Iberia. Información suministrada por Grupo FSAM y Oficina del Plan Barajas.
- Tráfico correspondiente a un día tipo con horizonte temporal del año 2010 (un total de 1373 ops/día), de acuerdo a los análisis y pronósis de tráfico de Madrid-Barajas operando como un centro HUB distribuidor de tráfico. Estas pronósis han sido efectuadas por el Grupo FSAM.

Las diferencias en cuanto a perfiles de flujos de llegada y salida para cada uno de los escenarios a comparar (1508 movimientos/día y 1373 movimientos/día), se muestran a continuación en las figuras 1 y 2.

El tráfico empleado en este estudio de sensibilidad corresponde a un día tipo de 1373 ops/día. No se ensayan en este estudio adicional los incrementos y decrementos de tráfico del 15% ya que no se precisa analizar sus evoluciones en un intervalo, sino poder comprobar que en cualquier punto de esta evolución los parámetros de calidad de servicio de un modelo con respecto a otro confirman los resultados obtenidos en el estudio principal de este documento.





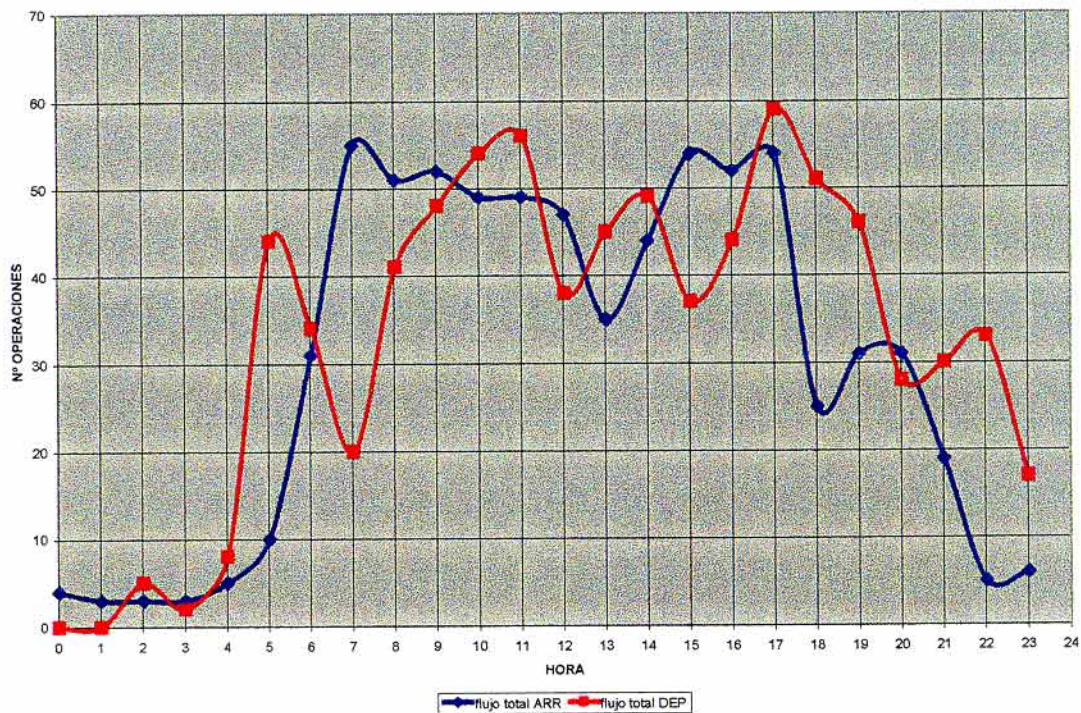


Figura 1.- Perfiles de flujo de llegadas y salidas.1508 ops./día.

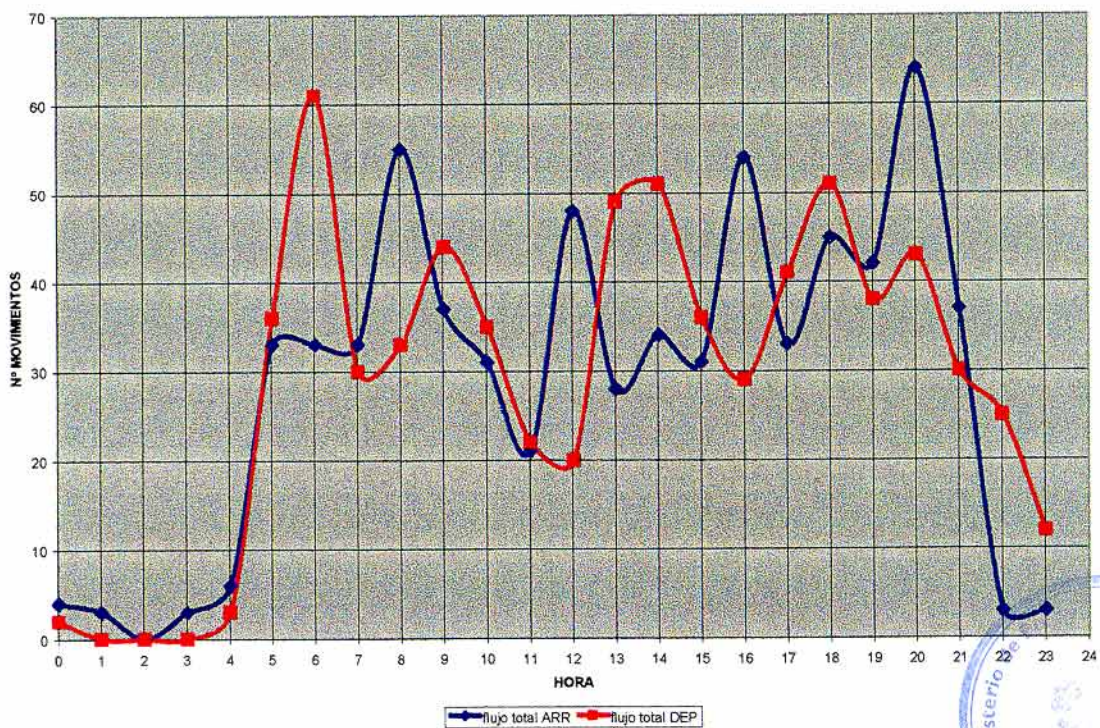
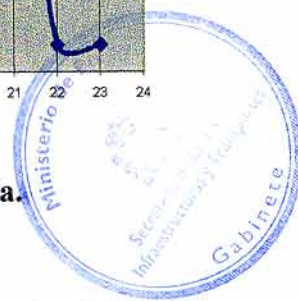
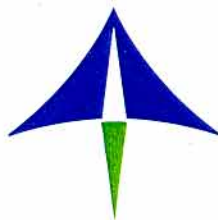


Figura 2.- Perfiles de flujo de llegadas y salidas.1373 ops./día.







Como se aprecia en las figuras 1 y 2, la distribución de llegadas y salidas para el perfil correspondiente a 1373 movimientos/h presenta una alternancia muy marcada entre los picos de flujos de llegada y salida, siendo la segunda distribución una configuración HUB mucho más marcada que la anterior.

### 3.- METODOLOGÍA Y PARÁMETROS DE ANÁLISIS

Los parámetros y metodología de análisis empleados en este anexo son idénticos a los empleados en el estudio principal, de forma que se pueda establecer una comparativa fiable de los indicadores principales del estudio original y de este análisis de sensibilidad. Estos parámetros principales son:

C: Número de conflictos entre aeronaves en el área de maniobras.

D: Demora media de las salidas demoradas en superficie.

L: Tiempo en el área de maniobras de las llegadas. Incluye tiempo de rodadura y demora.

S: Tiempo de rodadura de las salidas.

### 4.- RESULTADOS COMPARATIVOS

Los valores de los parámetros analizados figuran en la Tabla 1 para los dos modelos considerados.

	Carga de Tráfico	Nº Conflictos	Demora media salidas demoradas	T rodadura salidas	Tiempo de las llegadas en área maniobras
Modelo 0-2010	1373 ops/día	188 (0.84)	3.57 (0.78)	11.5 (0.89)	8.53 (0.95)
Modelo 1-2010	1373 ops/día	168 (0.940)	3.65 (0.77)	10.28 (1.00)	8.07 (1.00)

**Tabla 1. Parámetros e Índices relativos de los modelos analizados**

Aplicando los factores de ponderación correspondientes a cada uno de los índices, se obtienen los valores de calidad globales mostrados en la Tabla 2 (sobre un máximo posible de 25 puntos) para ambos escenarios:





Cargas de Tráfico	Modelo 0-2010	Modelo 1-2010
1373 ops/día	21.25	22.77

**Tabla 2.- Valores de calidad global de la operación en área de maniobras**





## 5.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio adicional se comparan de forma general con los ya obtenidos del estudio principal con objeto de conocer el beneficio que aporta el empleo de un perfil de tráfico frente a otro. De igual forma, se sopesan de forma particular las ventajas e inconvenientes entre los modelos 0-2010 y 1-2010 para esta nueva carga de tráfico.

### Calidad Global de la Operación

- El modelo 1-2010 proporciona niveles de calidad de operación superiores a los del modelo 0-2010 para la carga de tráfico de 1373 ops./día, al igual que ocurría en el modelo inicial (1508 ops./día). Por otra parte, los resultados globales proporcionados por el tráfico de 1373 ops./día y 1508 ops./h suponen en general valores similares de calidad para ambos escenarios.

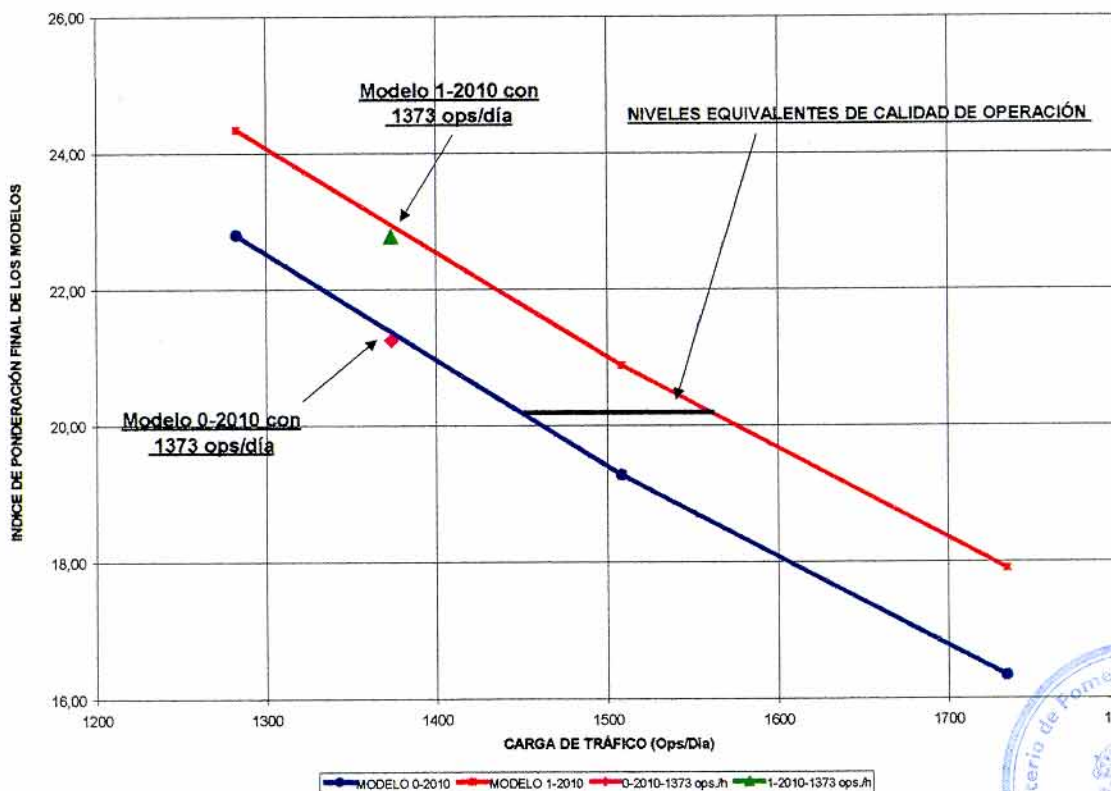


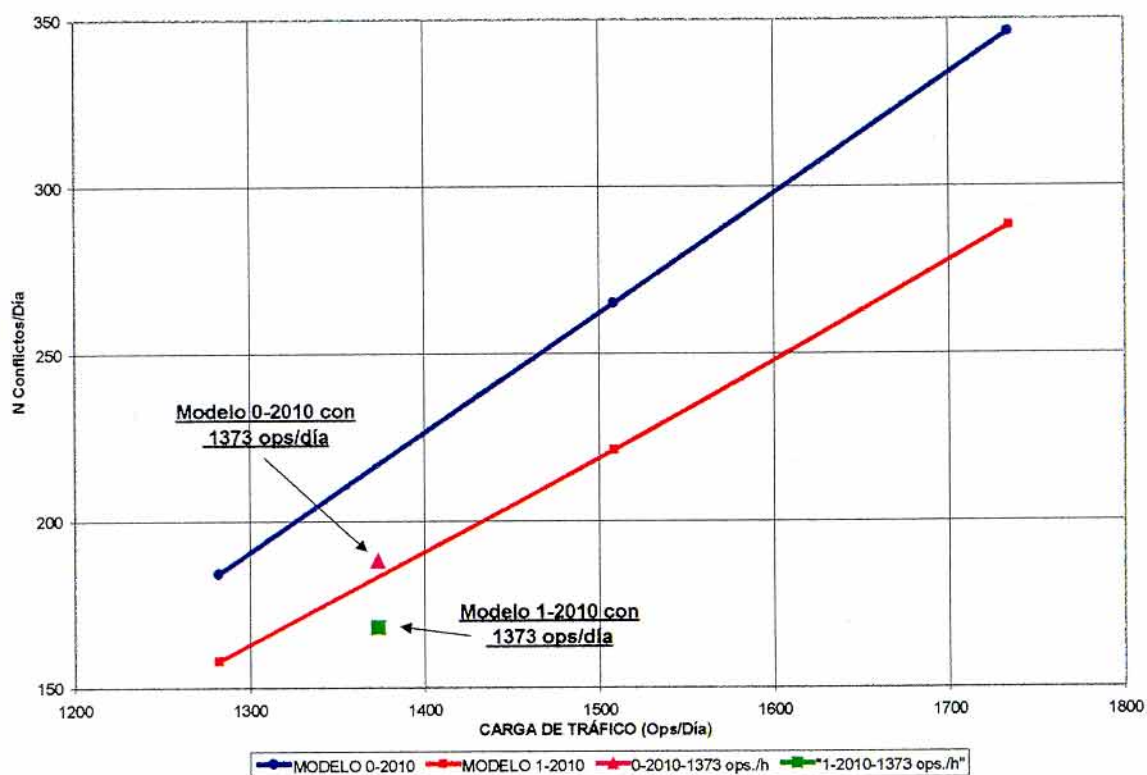
Figura 3.- Niveles de Calidad Globales de la Operación en el Área de Maniobras.





## Conflictos

- La tendencia presentada por el escenario de 1508 ops./día se mantiene, es decir, El modelo 1-2010, al disponer del satélite entre pistas, permite una mayor segregación de tráfico con la consiguiente disminución del número de conflictos y de los tiempos de rodadura.
- La disminución del n° de conflictos para el nuevo día tipo (1373 ops./h) se debe a la alternancia de las operaciones de llegada y salida (las horas pico de llegada se solapan con horas valle en salidas y viceversa).



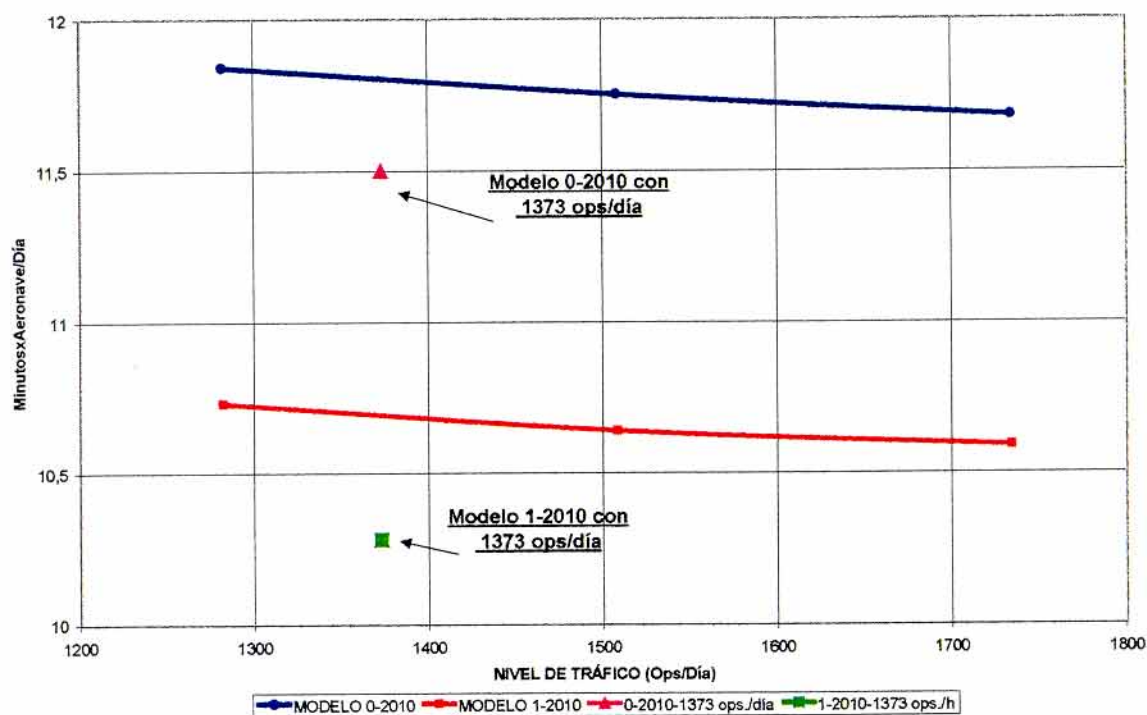
**Figura 4.- Evolución de los Conflictos en el Área de Maniobras**





## Tiempos Medios de Rodadura de las Salidas

- Los tiempos medios de rodadura de las salidas para los modelos 0-2010 y 1-2010 se comportan de igual manera que el resto de parámetros vistos hasta ahora, es decir, el modelo con satélite entre pistas ofrece mejores tiempos medios de rodadura frente al modelo con satélite situado al oeste de la pista 36L.



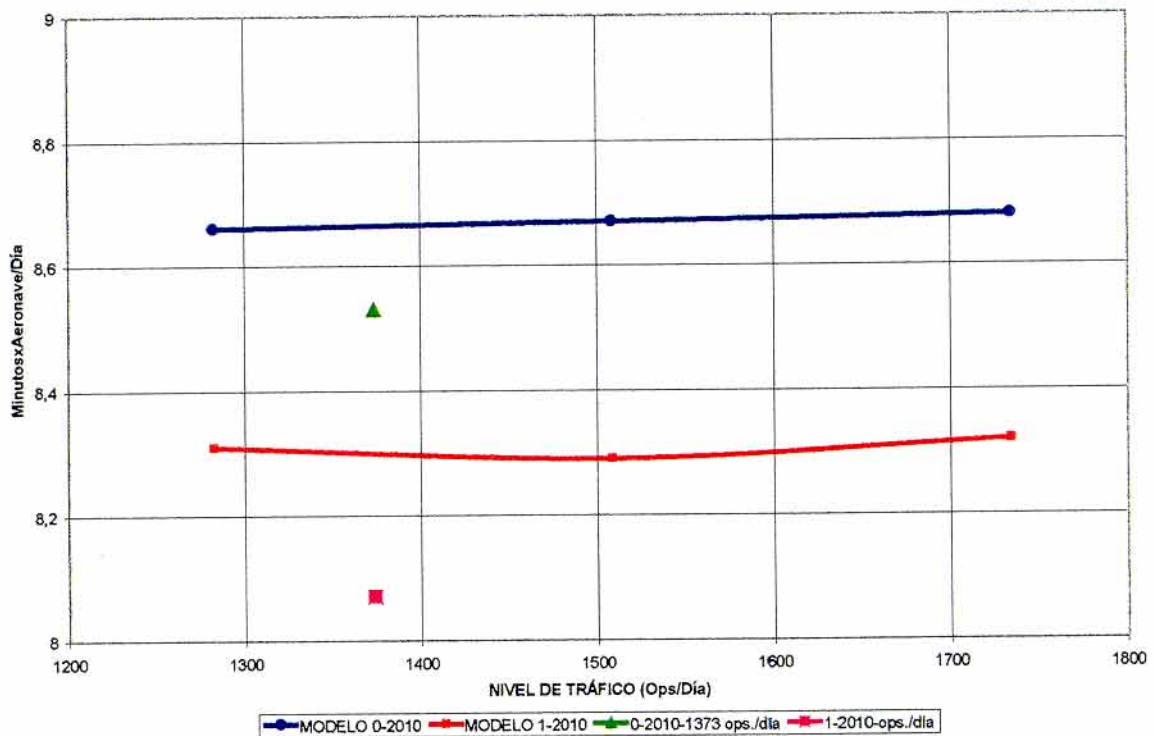
**Figura 5.- Tiempos Medios de Rodadura de las Salidas**





### Tiempo de las Llegadas (Rodadura + Demora en Rodadura) en Área de Maniobra

- Los tiempos de las llegadas en el área de maniobras siguen la misma tónica que el resto de parámetros. El modelo 1-2010 presenta menores tiempos de rodadura en área de maniobras. Este hecho está relacionado con la disminución del número de conflictos ya que el parámetro *Tiempo de las Llegadas* incluye valores de demora en rodadura.
- El aumento de los vuelos de la Compañía Iberia para esta nueva distribución de tráfico HUB es otro de los motivos por los que disminuyen los tiempos de rodadura para ambos modelos, ya que estos vuelos tienen fácil acceso desde las pistas de llegada a los estacionamientos (NAT y Satélite entre pistas).



**Figura 6.- Tiempo de las Llegadas (Rodadura + Demora en Rodadura) en Área de Maniobras**

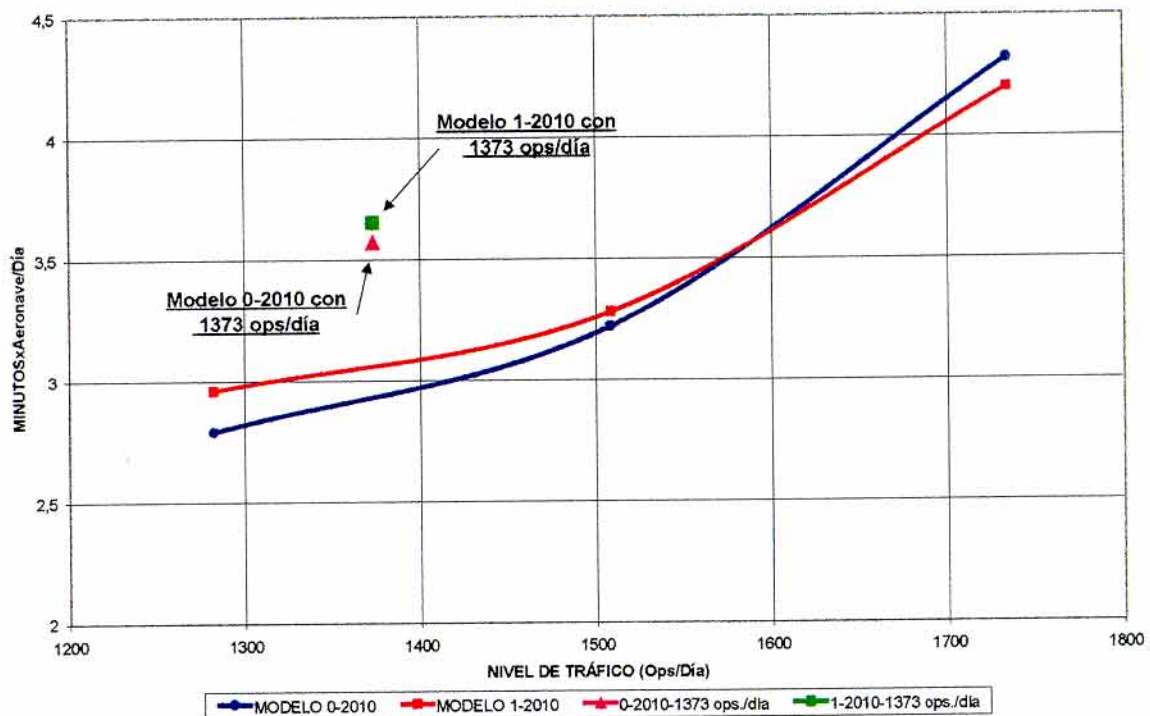
### Demora Media de las Salidas Demoradas

- Los valores de demora media de las salidas demoradas son muy similares en ambos modelos 0-2010 y 1-2010 (Figura 9).





- En términos generales los valores de demora media son más elevados para el perfil del día tipo de 1373 ops./día, al contrario que ocurriera con el resto de parámetros principales. Esto es debido, en parte, a la programación de vuelos tipo HUB que produce concentraciones de llegadas y salidas más acusadas, alternándose unas con otras.



**Figura 7.- Demora Media de las Salidas Demoradas**

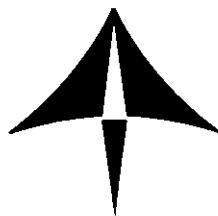
### Distribución geográfica de las zonas de conflictos

A continuación, en las figuras 3 y 4 se detalla la distribución zonal de conflictos para ambos modelos 0-2010 y 1-2010.

El análisis de conflictos se ha centrado, exclusivamente, en las zonas de mayor interés.







- El nivel de conflictos en el área de maniobras presentado en las figuras 3 y 4 experimenta una reducción notable en el modelo 1-2010 para las zonas más críticas (zona de acceso al NAT, zona de acceso a colas de despegue de la pista 36L y calles de salida a la derecha de la pista 33L).

## 6.- CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Las conclusiones alcanzadas tras analizar todos los datos son:

- Este estudio corrobora la conclusión fundamental del estudio principal, es decir, el modelo denominado 1-2010 es mejor frente al modelo 0-2010.
- El modelo 1-2010 (satélite entre pistas) ofrece un nivel de calidad de operación superior al modelo 0-2010. La mejora se produce en prácticamente todos los parámetros de interés.
  - Conflictos: el modelo 0-2010 presenta un 12% más de conflictos totales que el modelo 1-2010.
  - Demoras de las salidas: los valores de este parámetro para cualquiera de los dos modelos es muy similar.
  - Tiempo de rodadura de las salidas: el modelo 0-2010 implica en general recorridos de salida más largos para la nueva distribución de tráfico.
  - Tiempo de las llegadas en área de maniobras: en el modelo 0-2010 este tiempo es por término medio un 6% superior al correspondiente al modelo 1-2010.
- El número de conflictos registrado para las zonas consideradas de interés, (zona de acceso al NAT, zona de acceso a colas de despegue de la pista 36L y calles de salida a la derecha de la pista 33L) es menor para el modelo 1-2010 que para el 0-2010, como sucediera en el estudio correspondiente a 1508 ops./día.







## RESUMEN EJECUTIVO

### OBJETIVO DEL ANÁLISIS

Determinar, en primer lugar, cual de las alternativas de desarrollo planteadas para el área de movimientos del futuro aeropuerto de Madrid-Barajas caso C+B ofrece mejores valores de calidad de operación en el área de maniobras. El horizonte temporal contemplado es el año 2020. En segundo lugar, obtener para aquella alternativa que ofrezca los mejores resultados, la capacidad de saturación del conjunto Aeropuerto-TMA, operando éste como un centro distribuidor de tráfico (HUB).

### MODELOS Y CARGAS DE TRÁFICO ANALIZADOS

Son dos los modelos evaluados, denominados 1-2020 y 1-2020-bis, cuyas características más destacadas son:

- Modelo 1-2020: un solo edificio satélite de gran tamaño, situado entre las pistas.
- Modelo 1-2020-bis: dos edificios satélite entre pistas, existiendo una doble calle de rodadura entre ambos edificios que permite la comunicación directa en sentido Este-Oeste y viceversa.

El tráfico empleado es el de un día tipo (HUB) con horizonte temporal en el año 2020 (total de 1691 ops/día), de acuerdo a las prognosis facilitadas por el Grupo FSAM para Madrid-Barajas operando como un centro HUB distribuidor de tráfico. Se ha tenido en cuenta la estrategia de futuras alianzas de Iberia.

### CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Del análisis de los resultados (descritos en el informe principal) se concluye que:

#### **Análisis del área de movimientos:**

- El modelo denominado 1-2020-bis (dos satélites entre pistas) ofrece un nivel de calidad de operación superior al modelo 1-2020 (un satélite) en el área de maniobras. Para niveles de calidad equivalentes, el modelo 1-2020 gestiona un 6% menos de tráfico.
- La mejora se produce en la práctica totalidad de los parámetros considerados (número de conflictos en rodadura, tiempo de rodadura de las salidas y tiempo de las llegadas en el área de maniobras).
- El parámetro más relevante (número de conflictos) experimenta una reducción del 6.5% con el modelo 1-2020-bis. El parámetro que ofrece los mejores resultados comparativos es el tiempo de las llegadas en el área de maniobras, que experimenta reducciones del 21% en el modelo 1-2020-bis.

#### **Análisis de Capacidad del conjunto Aeropuerto-TMA**

Para el modelo 1-2020-bis, los resultados más relevantes obtenidos son:

##### **A) Configuración Norte:**

- El nivel de tráfico de saturación es de 1962 ops/día. Se alcanza un valor pico de 127 ops/h (7:00 h) en una hora aislada, que no pueden mantenerse de forma sostenida. Análisis de sensibilidad efectuados demuestran que el máximo de operaciones durante varias horas consecutivas es de 123 ops/h.
- Con el perfil de tráfico ensayado propio de día tipo con distribución HUB, el máximo nº de ops/h en cada pista y los máximos globales de operaciones de salida y llegada son:





	LLEGADAS		SALIDAS	
PISTA	33L	33R	36L	36R
Ops/h Máx.	33 (8:00 h)	32 (8:00 h)	41 (7:00 h)	37 (7:00h)
Picos de Lleg/h y Sal/h	LLEGADAS		SALIDAS	
	65 (8:00 h)		78 (7:00 h)	

- La saturación se presenta de forma simultánea en el Área de Maniobras y en el Espacio Aéreo (rutas de llegada al TMA).
- El principal problema identificado es el desequilibrio existente en el tráfico absorbido por las diferentes pistas, aunque dicho desequilibrio no es muy acusado.

	LLEGADAS		SALIDAS	
PISTA	33L	33R	36L	36R
Proporción de ops absorbidas	44.12%	55.88%	54.25%	45.75%

#### B) Configuración Sur:

- El nivel de tráfico de saturación es de 1633 ops/día. Se alcanza un valor pico de 104ops/h (9:00 h). El motivo de esa reducción frente a los valores de la Configuración Norte es el mayor desequilibrio entre los tráficos absorbidos por las distintas pistas, consecuencia del reparto de las rutas según pistas. Si se compensaran esos desequilibrios, la capacidad sería próxima a la de Configuración Norte. Dicha solución requiere actuar sobre el diseño del TMA, lo cual es factible y se encuentra en fase de estudio, esperando resultados preliminares a corto-medio plazo.
- Con el perfil de tráfico ensayado propio de día tipo con distribución HUB, el máximo n° de ops/h en cada pista y los máximos globales de operaciones de salida y llegada son:

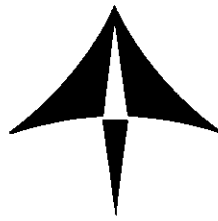
	LLEGADAS		SALIDAS	
PISTA	18L	18R	15L	15R
Ops/h Máx.	32 (8:00 h)	26 (5:00 h)	28 (9:00 h)	34 (7:00h)
Picos de Lleg/h y Sal/h	LLEGADAS		SALIDAS	
	53 (5:00 h)		59 (9:00 h)	

- El inconveniente principal detectado en Configuración Sur es el desequilibrio en el tráfico absorbido entre las diferentes pistas, mucho más acusado que en Configuración Norte.

	LLEGADAS		SALIDAS	
PISTA	18L	18R	15L	15R
Proporción de ops absorbidas	68.58%	31.42%	42.64%	57.36%

#### RECOMENDACIONES

- El modelo 1-2020-bis (dos satélites) resulta claramente superior al 1-2020 (un satélite).
- Resulta de la máxima importancia corregir los desequilibrios en los tráficos absorbidos por las diferentes pistas. Resulta ser un factor limitador de la capacidad en Configuración Sur.

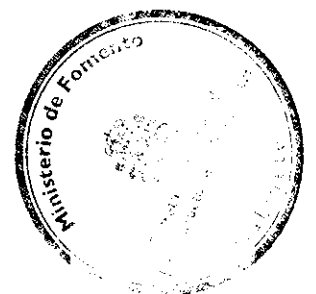


## ÍNDICE

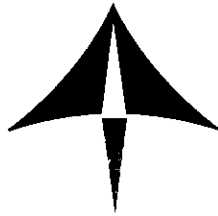
1.- OBJETIVO DEL ANÁLISIS .....	1
2.- ALCANCE DEL ESTUDIO .....	1
3.- ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DEL ÁREA DE MANIOBRAS .....	2
3.1.- Introducción .....	2
3.2.- Modelos analizados y datos de partida .....	2
3.3.- Metodología y parámetros de análisis .....	5
3.4.- Resultados comparativos .....	7
3.5.- Análisis de resultados .....	10
3.6.- Tiempos de rodadura desglosados por compañías .....	14
3.7.- Conclusiones .....	15
4.- ANÁLISIS CAPACIDAD/DEMORA DEL CONJUNTO AEROPUERO/TMA. ....	17
4.1.- Introducción .....	17
4.2.- Datos de partida .....	17
4.3.- Metodología de trabajo .....	17
4.3.1.- Planteamiento y características particulares .....	18
4.3.2.- Parámetros objeto de análisis .....	18
4.3.3.- Límites de admisibilidad de los parámetros principales .....	19
4.3.4.- Descripción de los modelos. ....	20
4.3.5.- Cargas de tráfico .....	21
4.4.- Resultados de las simulaciones .....	22
4.4.1.- Resultados de los parámetros principales .....	22
4.4.2.- Parámetros secundarios .....	34
4.4.2.1.- Configuración Norte .....	34
4.4.2.2.- Configuración Sur .....	35
4.4.3.- Distribución de operaciones para los diferentes niveles de tráfico de saturación .....	35
4.5.- Análisis de resultados .....	36
4.5.1.- Configuración Norte .....	36
4.5.2.- Configuración Sur .....	38
4.6.- Conclusiones del estudio .....	40

### ANEXO I

A.1.- INTRODUCCIÓN. ....	1
A.2.- OBJETIVO .....	1
A.3.- METODOLOGÍA DE ANÁLISIS .....	2
A.3.1.- Análisis de parámetros principales .....	2
A.4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	3
A.5.- CONCLUSIONES .....	12







## **ANÁLISIS DEL AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS CASO C+B. HORIZONTE TEMPORAL AÑO 2020**

### **1.- OBJETIVO DEL ANÁLISIS**

El objetivo del estudio es determinar que alternativa de desarrollo del área de maniobras del futuro aeropuerto de Madrid-Barajas (caso C+B FSAM) es la más adecuada, así como determinar el nivel de tráfico de saturación del conjunto Aeropuerto-TMA operando como un centro distribuidor de tráfico (HUB). El análisis consta de dos fases diferenciadas:

- Fase 1. Análisis de alternativas del área de maniobras del futuro aeropuerto. En esta fase se estudian dos modelos denominados 1-2020 y 1-2020-bis, con objeto de determinar cual de ellos resulta ser la opción más adecuada desde el punto de vista de la rodadura. Ambos modelos son variantes del denominado caso C+B del futuro aeropuerto de Madrid-Barajas, con horizonte temporal en el año 2020.
- Fase 2. Análisis de capacidad del conjunto aeropuerto-TMA. Se centra en la opción resultante de la Fase 1, añadiendo toda la estructura de rutas y reglas de funcionamiento del TMA. El objetivo es determinar la capacidad de saturación del sistema.

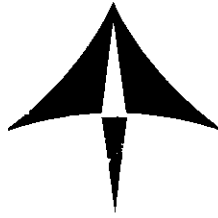
El análisis se efectúa en ambas fases mediante técnicas de simulación en tiempo acelerado mediante la herramienta simmod 2.03.

### **2.- ALCANCE DEL ESTUDIO**

Los análisis efectuados parten de información detallada del trazado del área de maniobras, sentidos de rodadura, distribución y asignación de estacionamientos, pronosis correspondiente a un día tipo con distribución de tráfico tipo HUB para el horizonte temporal del año 2020, rutas del futuro TMA, etc.

Para cada una de las fases del estudio se describen en los apartados correspondientes las características más importantes de los modelos, la metodología empleada, los parámetros analizados y los resultados obtenidos. Finalmente se detallan para cada uno de los estudios abordados los resultados y las conclusiones que de ellos se derivan.





### 3.- ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DEL ÁREA DE MANIOBRAS

#### 3.1.- Introducción

El objetivo de esta primera fase del estudio es determinar cual de las alternativas de diseño del área de maniobras del futuro aeropuerto resulta más favorable desde el punto de vista de la operación. La alternativa resultante se analiza en la segunda fase del estudio con objeto de determinar su capacidad de saturación.

#### 3.2.- Modelos analizados y datos de partida

Los modelos evaluados se denominan 1-2020 y 1-2020-bis. El análisis se centra en el aeropuerto operando en Configuración Norte. Los datos de entrada empleados para las simulaciones han sido:

- Trazado del área de movimientos de ambas alternativas, con los correspondientes sentidos de rodadura y asignaciones de compañías según estacionamientos. Información suministrada por Grupo FSAM y Oficina del Plan Barajas.
- Tráfico correspondiente a un día tipo con horizonte temporal del año 2020 (un total de 1691 ops/día), de acuerdo a los análisis y pronosis de tráfico de Madrid-Barajas operando como un centro HUB distribuidor de tráfico. Se han tenido en cuenta para ello las futuras políticas de alianzas internacionales de la compañía Iberia. Estas pronosis han sido efectuadas por el Grupo FSAM.

En las *Figuras 1 y 2* se representan de manera esquemática las alternativas analizadas.<sup>1</sup>



---

<sup>1</sup> Si bien los detalles constructivos de los modelos simulados han tenido en cuenta las últimas informaciones disponibles acerca del trazado geométrico del aeropuerto, los planos adjuntos a este informe **no recogen, por simplificación, la totalidad de los detalles contemplados**

FIGURA 1.- ESCENARIO 1 2020  
CONFIGURACION NORTE

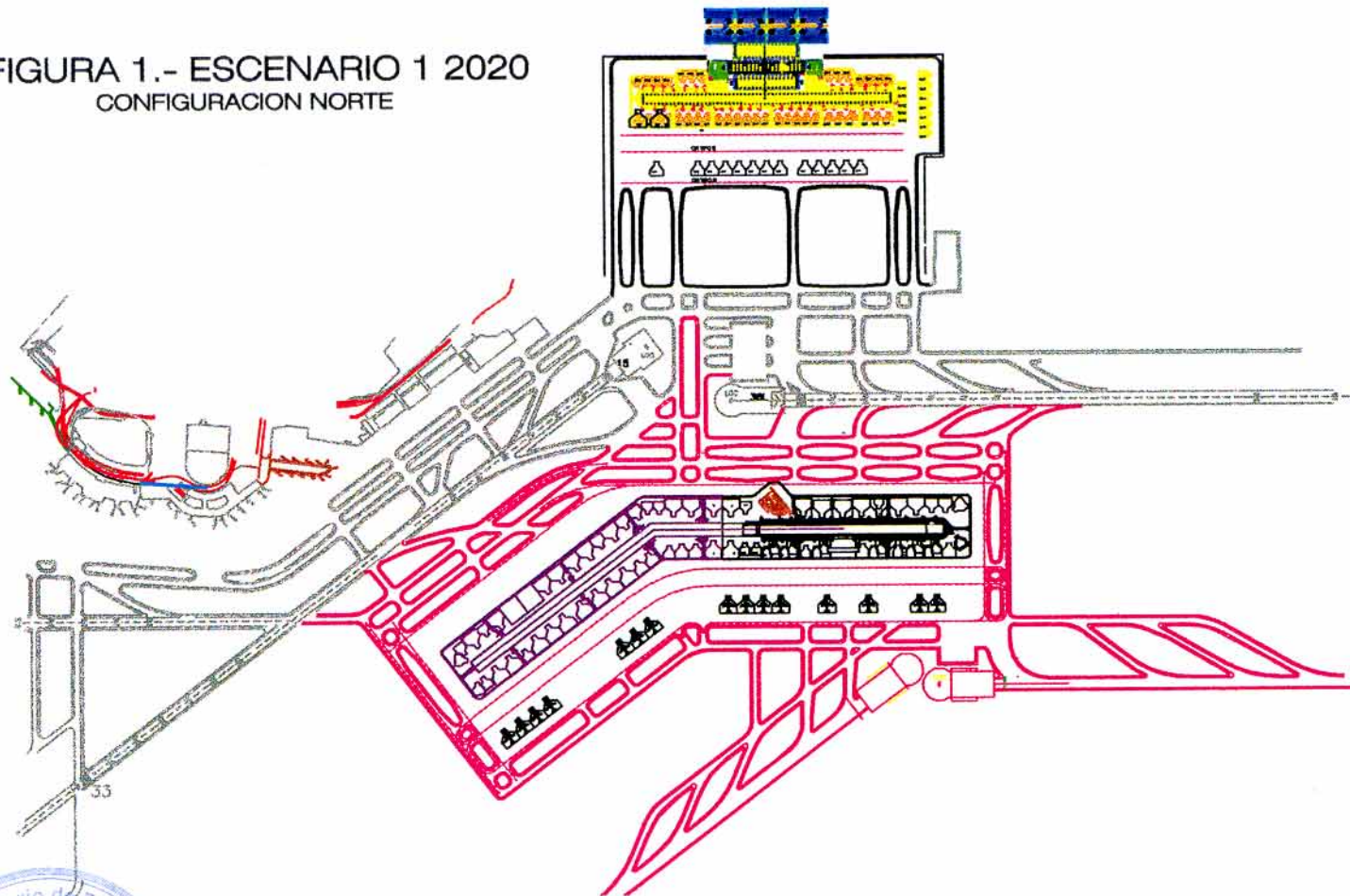
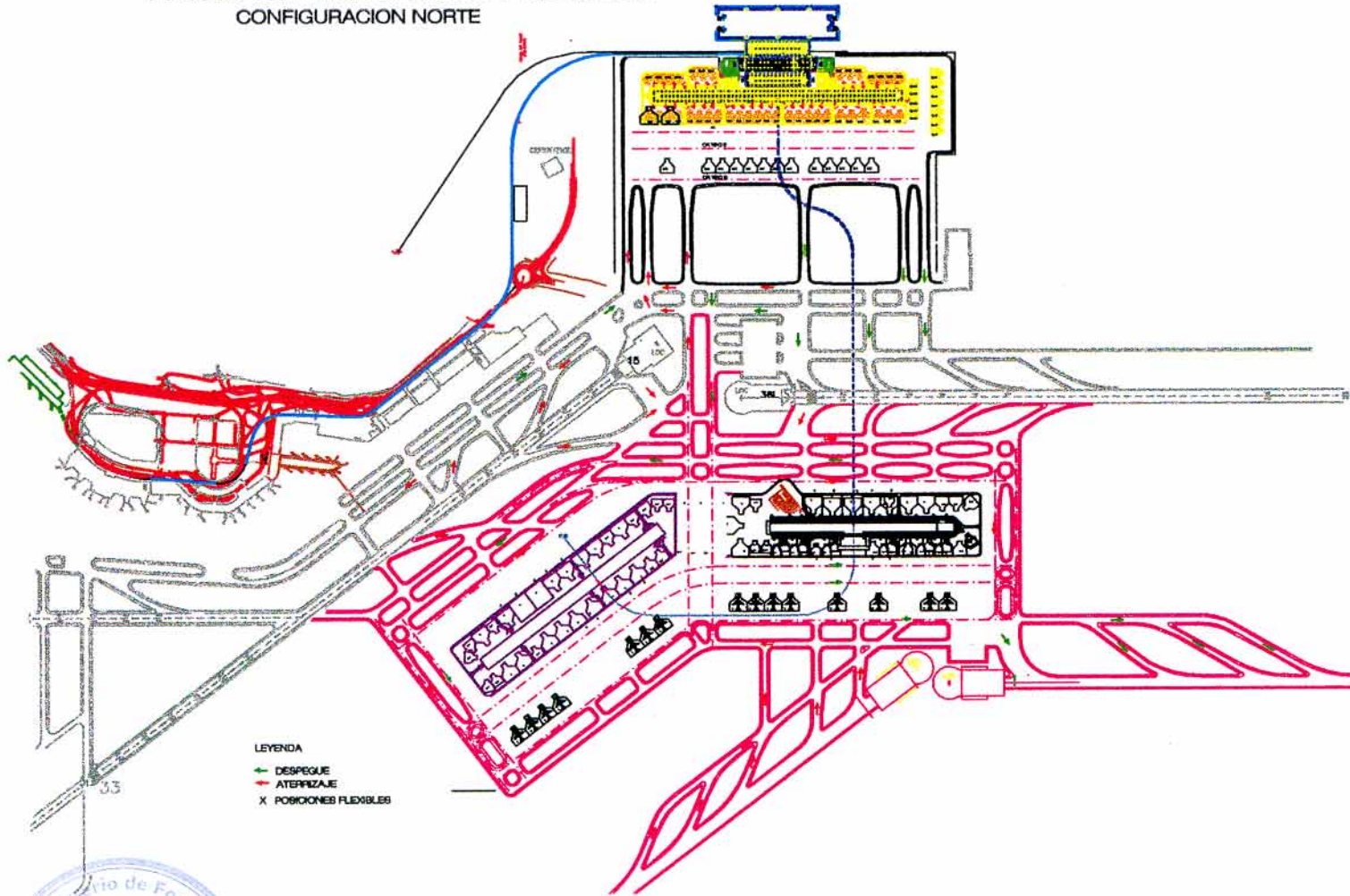
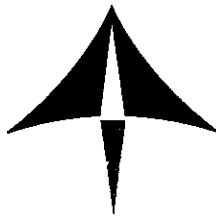


FIGURA 2.- ESCENARIO 1 2020-bis  
CONFIGURACION NORTE







Las características diferenciadoras más importantes existentes entre ambos modelos se limitan al edificio satélite ubicado entre pistas. Dichas diferencias se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Modelo 1-2020. Un solo edificio satélite entre pistas de gran tamaño, que se adapta a la geometría de las pistas con objeto de no vulnerar las diferentes superficies de protección.
- Modelo 1-2020-bis. Dos edificios satélites situados en la zona entre pistas. Su ubicación es la misma que la del edificio del modelo anterior, si bien ahora se han dispuesto dos calles de rodadura que permiten la comunicación Este-Oeste y viceversa, en esa zona del área de maniobras. Esa doble calle establece la separación entre los dos edificios satélite y a priori, permitirá reducir los trayectos de rodadura al permitir accesos más directos entre las pistas y los diferentes estacionamientos.

El tráfico empleado en los modelos corresponde a un día tipo de 1691 ops/día (fecha prevista en el año 2020). Se ensaya tanto ese valor como los niveles correspondientes a 1420 y 1962 ops/día (incrementos y decrementos del 15% respectivamente). Se pretende no limitar el análisis de ambos modelos con una sola carga de tráfico, sino considerar su evolución en un intervalo de tráfico. De esa manera se obtienen las curvas de tendencia de ambos modelos. Serían necesarios análisis posteriores que confirmaran que los comportamientos observados se mantienen fuera de ese intervalo de cargas de tráfico y que por tanto, obedecen a la tendencia intrínseca de los modelos.

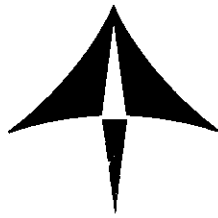
### 3.3.- Metodología y parámetros de análisis

El análisis se centra en el funcionamiento del área de maniobras, por lo que los indicadores principales son:

- C: Número de conflictos entre aeronaves en el área de maniobras.
- D: Demora media de las salidas demoradas en superficie.
- L: Tiempo en el área de maniobras de las llegadas. Incluye tiempo de rodadura y demora.
- S: Tiempo de rodadura de las salidas.

Se entiende por conflictos en el área de maniobras aquellas situaciones propias del tráfico en superficie que requieren la intervención del personal ATC.





Los pasos aplicados de manera secuencial para realizar el análisis comparativo de ambos modelos son (metodología de la DDSNA para análisis de operaciones en superficie):

1. Determinación de los valores de los indicadores principales para cada modelo.
2. Obtención para cada indicador de un índice relativo, refiriendo su valor al del modelo más eficiente (mayor eficiencia a menor número de conflictos y menores valores de demoras y tiempos).
3. Ponderación de los índices relativos de acuerdo a su nivel de importancia en la operatividad del área de maniobras:

$$\text{Ponderación}=(10 \times C)+(7 \times D)+(4 \times L)+(4 \times S).$$

4. Obtención, mediante la ponderación, de un único valor indicativo de la calidad de los modelos analizados, para poder proceder a su comparación.
5. Repetición del mismo proceso para cada modelo con la carga de tráfico de 1691 ops/día original (año 2020), incrementada un 15% y reducida en un 15%.

Además de obtener este parámetro global de calidad que permite comparar de manera cuantitativa los modelos analizados, se efectúa un análisis particularizado de los conflictos en el área de maniobras, dada la importancia que tienen sobre la gestión del tráfico en superficie. El análisis de los conflictos se centra en los siguientes aspectos:

1. Número total de conflictos y número de zonas en las que se distribuyen.
2. Distribución geográfica de esos conflictos, es decir, si se producen concentraciones especialmente intensas de los mismos en zonas vitales para la operatividad del aeropuerto.

Como resultado final, se obtiene cual de las alternativas de diseño del área de maniobras (1-2020 y 1-2020-bis) es la más adecuada. El modelo resultante será analizado junto con la estructura del TMA asociado en la segunda fase del estudio, donde se determinará la capacidad del conjunto aeropuerto-TMA.





### 3.4.- Resultados comparativos

Los valores de los parámetros analizados figuran en la *Tabla 1* para los dos modelos considerados.

	Carga de Tráfico	Nº Conflictos	Demora media salidas demoradas	T rodadura salidas	Tiempo de las llegadas en área maniobras
<b>Modelo 1-2020</b>	1420 ops/día	195 (0.90)	3.35 min (1.00)	10.51 min (0.98)	10.87 min (0.79)
	1691 ops/día	262 (0.67)	4.81 min (0.70)	10.51 min (0.98)	10.84 min (0.79)
	1962 ops/día	348 (0.50)	7.57 min (0.44)	10.48 min (0.99)	10.84 min (0.79)
<b>Modelo 1-2020-bis</b>	1420 ops/día	175 (1.00)	3.37 min (1.00)	10.33 min (1.00)	8.63 min (0.99)
	1691 ops/día	245 (0.71)	4.60 min (0.73)	10.38 min (0.99)	<b>8.58 min</b> (1.00)
	1962 ops/día	338 (0.52)	7.78 min (0.43)	<b>10.32 min</b> (1.00)	8.59 min (1.00)

**Tabla 1. Parámetros e Índices relativos de los modelos analizados**

La mayor diferencia se aprecia en los tiempos de las llegadas en el área de maniobras, para los que el modelo 1-2020-bis supone una mejora del 20% con respecto al otro diseño.

Aplicando los factores de ponderación correspondientes a cada uno de los índices, se obtienen los valores de calidad globales mostrados en la *Tabla 2* (sobre un máximo posible de 25 puntos) para ambos escenarios:

Cargas de Tráfico	Modelo 1-2020	Modelo 1-2020-bis
1420 ops/día	23,06	<b>24,94</b>
1691 ops/día	18,64	20,22
1962 ops/día	15,23	16,19






**Tabla 2.- Valores de calidad global de la operación en área de maniobras**

En las *figuras 3 y 4* aparecen mapas de distribución de conflictos (carga de tráfico 1691 ops/día) para cada uno de los escenarios analizados, donde se pueden observar las diferencias entre ambos modelos y las zonas del área de maniobras que resultan más críticas.



FIGURA 3.- ESCENARIO 1 2020

CONFIGURACION NORTE

-  1-5 CONFLICTOS
-  6-10 CONFLICTOS
-  11-20 CONFLICTOS
-  21-35 CONFLICTOS
-  >35 CONFLICTOS

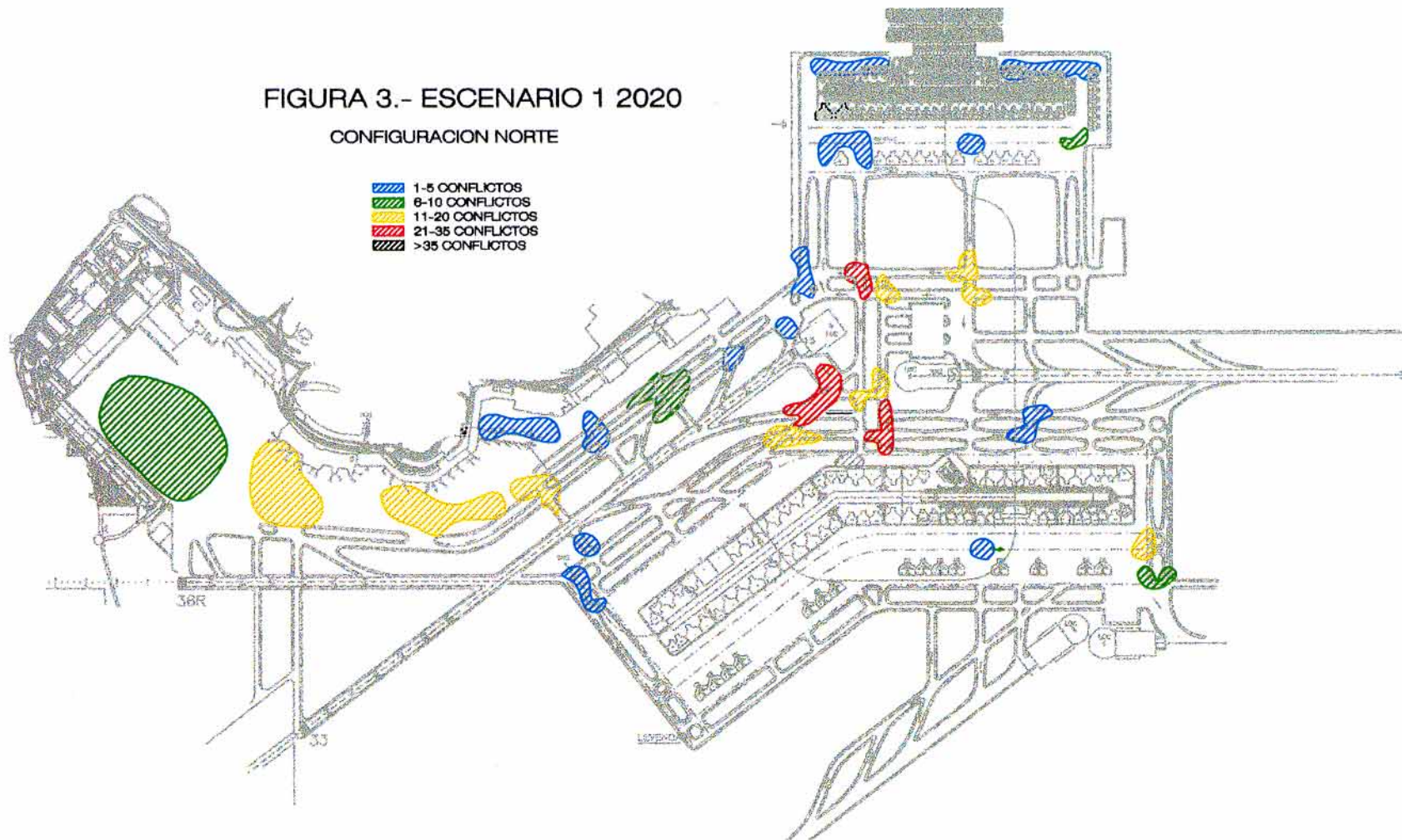
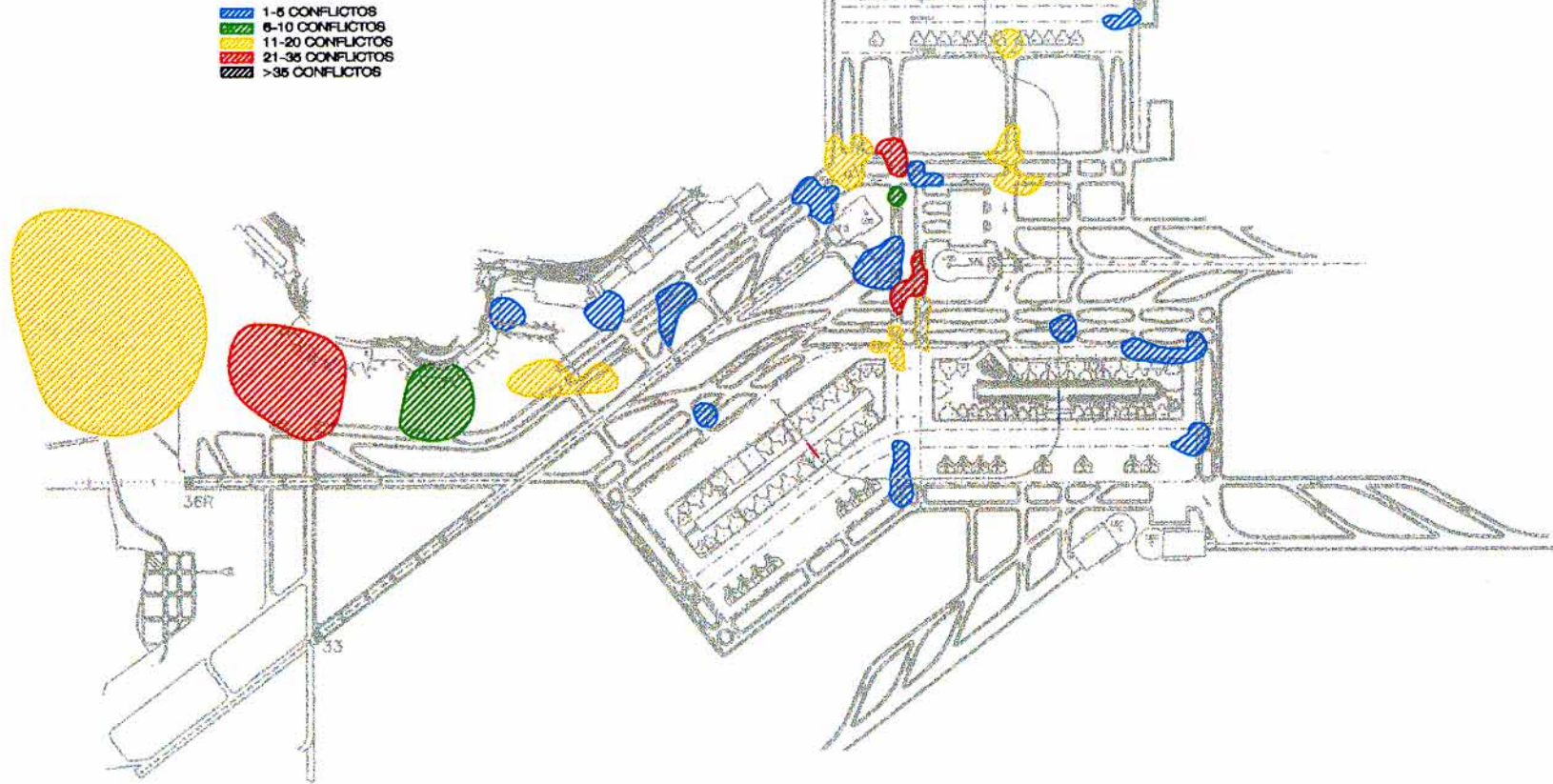




FIGURA 4.- ESCENARIO 1 2020-bis  
CONFIGURACION NORTE





### 3.5.- Análisis de resultados

Destacan los siguientes aspectos:

#### Calidad global de operación:

- El modelo 1-2020-bis (dos edificios satélite entre pistas) proporciona niveles globales de calidad de operación superiores a los del modelo 1-2020 (un edificio satélite) para todas las cargas de tráfico analizadas (Figura 5). Se puede concluir que el modelo 1-2020-bis alcanza con 1690 ops/día el mismo nivel de calidad del modelo 1-2020 con 1590 ops/día (6% menos de tráfico).

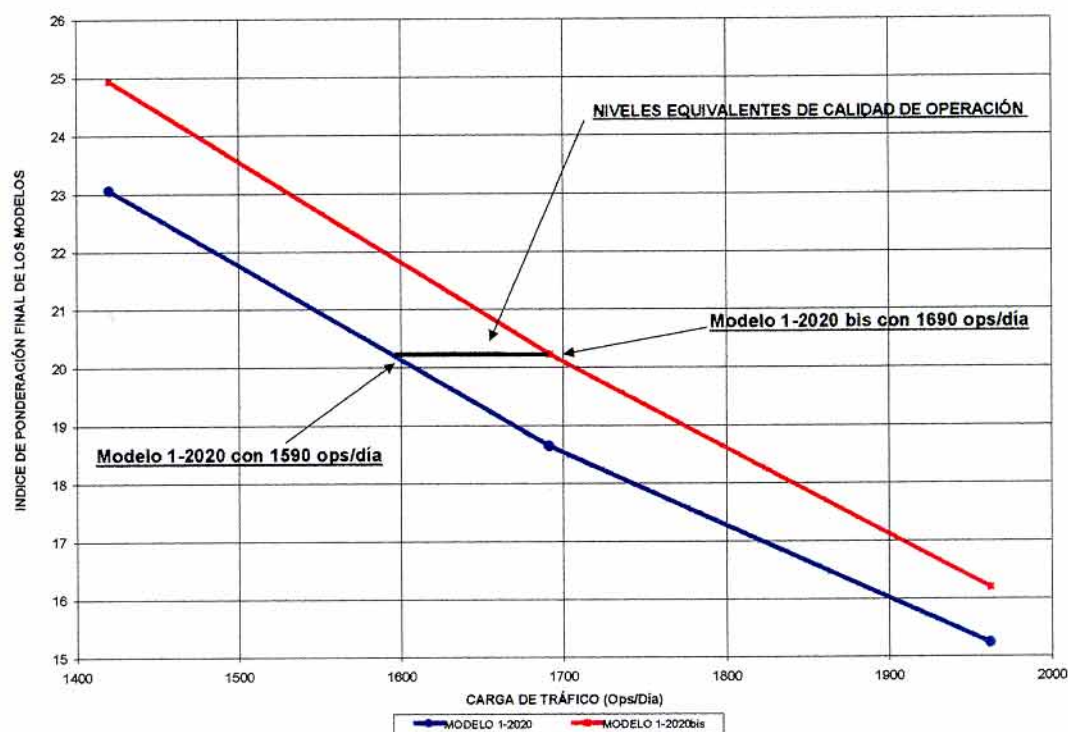


Figura 5.- Niveles de Calidad Globales de la Operación en el Área de Maniobras.

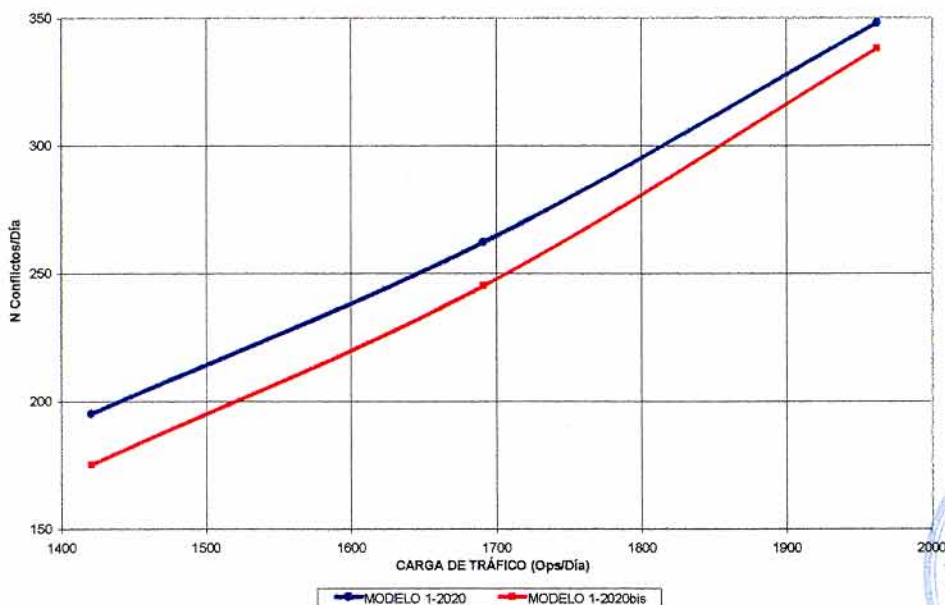
#### Número y distribución de Conflictos:

- Número total de conflictos y número de zonas: el número total de conflictos es inferior en el modelo 1-2020-bis (en torno al 6.5% menos). La cantidad de zonas conflictivas es del mismo orden.





- Distribución geográfica de las zonas de conflictos: en lo referente a cada una de las zonas conflictivas del área de maniobras, cabe destacar que en ambos modelos son prácticamente las mismas. La única diferencia existente entre ambos modelos es la existencia de dos calles de rodadura entre los edificios satélites en el modelo 1-2020-bis, que permite accesos más directos a las colas de despegue de la pista 36R. Como consecuencia de ello, en dicho modelo (dos satélites) se dan dos efectos contrapuestos:
  1. Aparecen nuevas zonas de conflicto en los cruces de dichas calles adyacentes a los satélites. El número de conflictos en esas zonas es bajo.
  2. Las zonas de conflicto situadas cerca de las colas de despegue de la pista 36R ven disminuidos el número de conflictos, ya que ahora existe en esa zona menor interferencia entre los flujos de salidas por la pista 36R y el flujo de llegadas por la 33R. La razón es que el grueso de los aterrizajes por la pista 33R hacen uso de una de las calles de rodadura entre los satélites y por tanto no invaden la zona adyacente a las colas de despegue de la 36R.
- El resultado final es una reducción del número total de conflictos en el modelo 1-2020-bis, efecto derivado en parte de la reducción de los tiempos de rodadura originada por la doble calle de rodadura entre los edificios satélites. En la *Figura 6* se compara la evolución de este parámetro en ambos modelos.



**Figura 6.- Evolución de los Conflictos en el Área de Maniobras**

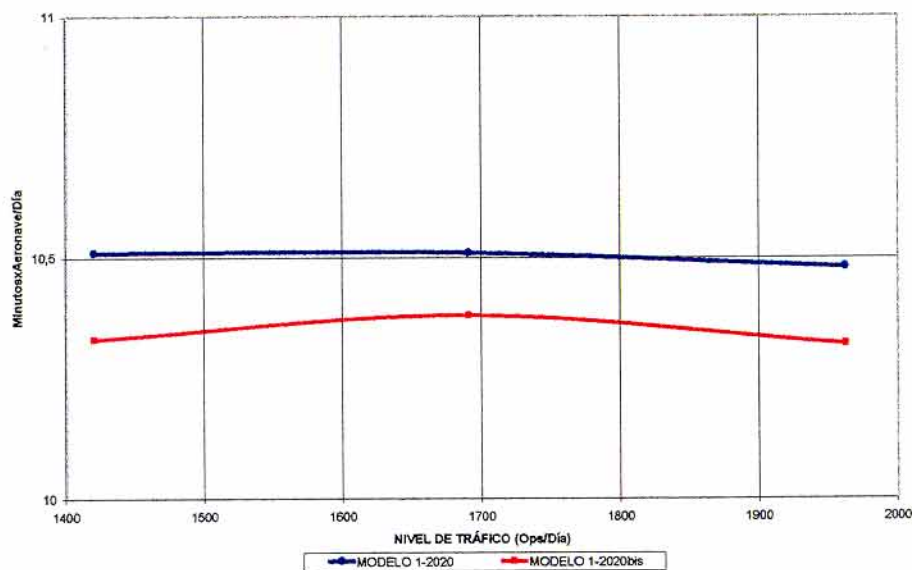






### Tiempo de rodadura de las salidas y tiempo de las llegadas en área de maniobras:

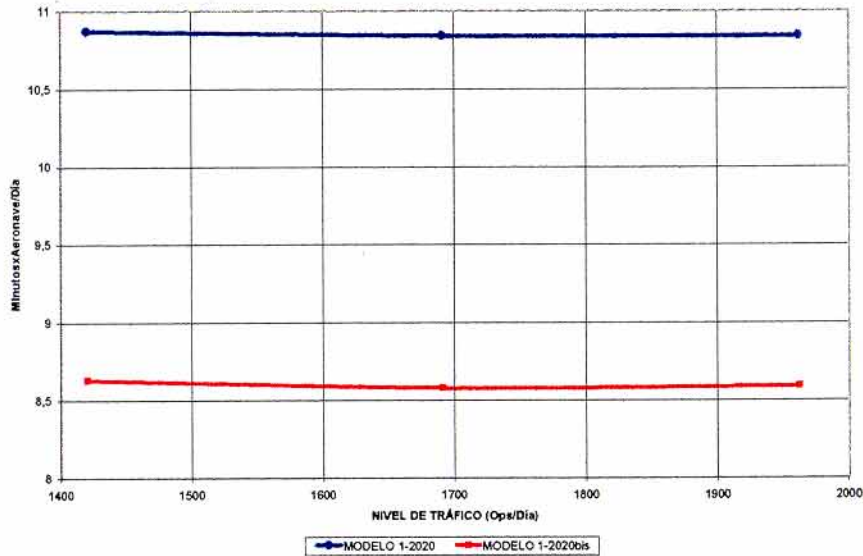
- El modelo 1-2020-bis permite unos trayectos más directos para las operaciones de despegue por las pistas 36L y 36R y para los aterrizajes por la 33R (de forma especialmente intensa para estas últimas operaciones). Ese efecto es consecuencia de haber habilitado dos calles de rodadura en sentidos Este-Oeste y Oeste-Este entre los edificios satélite. El modelo 1-2020 al situar un sólo edificio satélite elimina esa posibilidad, obligando a las aeronaves a dar un rodeo mucho mayor, bordeando el contorno del edificio. Esa reducción en los trayectos y tiempos de rodadura se traduce en una reducción en el número de conflictos. El comportamiento de cada uno de estos parámetros para ambos modelos se muestra en las *figuras 7 y 8*.
- Ante variaciones del nivel de tráfico apenas se observan cambios en estos tiempos. Los tiempos de rodadura sólo dependen de la ubicación relativa de los estacionamientos con respecto a las pistas.



**Figura 7.- Tiempos Medios de Rodadura de las Salidas**





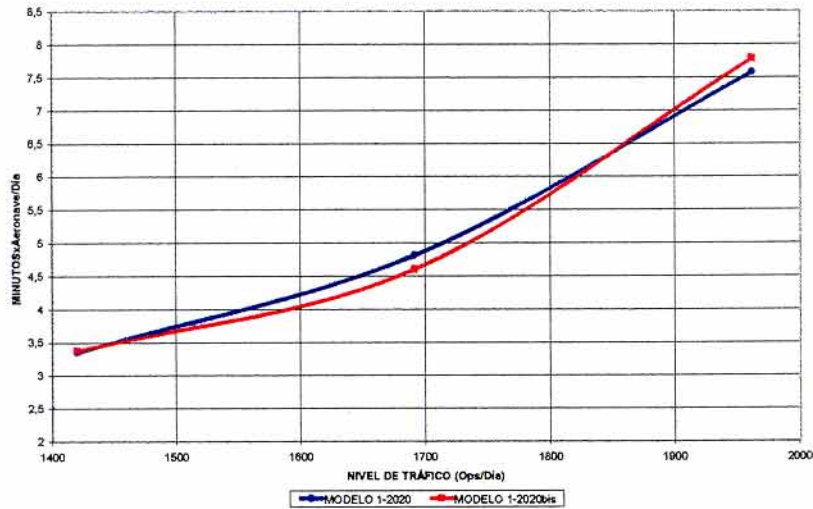


**Figura 8.- Tiempo de las Llegadas (Rodadura + Demora en Rodadura) en Área de Maniobras**

**Demoras medias de las salidas demoradas:**

- Los valores de demora media de las salidas demoradas son muy similares en ambos modelos (*Figura 9*). Con los datos disponibles no se puede extraer una tendencia clara del comportamiento relativo ante incrementos de tráfico. Sería necesario ensayar un rango más amplio de cargas de tráfico para poder determinar si esa semejanza entre modelos se mantiene ó no para este parámetro.





**Figura 9.- Demora Media de las Salidas Demoradas**

### 3.6.- Tiempos de rodadura desglosados por compañías

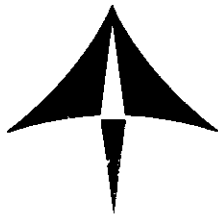
A continuación se muestran en la *tabla 3* los resultados obtenidos para los tiempos de rodadura de las aeronaves de la compañía Iberia y los del resto de operadores.

T en minutos	MODELO 1-2020 (un satélite)		MODELO 1-2020-bis (dos satélites)	
	Llegadas	Salidas	Llegadas	Salidas
<b>Compañía</b>				
<b>IBERIA</b>	9.31	9.51	7.47 (-19.76%)	9.29 (-2.31%)
<b>NO IBERIA</b>	12.91	11.95	10.05 (-22.15%)	11.95 (-0.0%)
<b>TOTAL</b>	10.77	10.51	8.52 (-20.89%)	10.38 (-1.24%)

**Tabla 3.- Tiempos medios de rodadura por aeronave.**

Se pueden realizar los siguientes comentarios:





- Para las operaciones de llegada se observa una reducción muy importante en el modelo 1-2020-bis en sus tiempos de rodadura, con independencia de su pertenencia a Iberia ó al resto de compañías. La razón fundamental es que las aeronaves que aterrizando por la pista 33L se dirijan a la actual plataforma, al NAT ó a la vertiente Oeste de los satélites entre pistas ven acortado su trayecto al poder utilizar una de las dos rodaduras dispuestas entre los edificios satélite (la situada más al Sur, con circulación Este-Oeste). Para las llegadas por la pista 33L solamente aquellas que estacionen en la vertiente Este de los satélites obtienen una disminución en sus recorridos en el modelo 1-2020-bis, siendo ambos modelos iguales para el resto de llegadas por dicha pista.
- Las operaciones de salida se ven ligeramente beneficiadas en el modelo 1-2020-bis. Esa mejora se debe en exclusiva a las aeronaves de Iberia. Las dos calles de rodaje entre satélites permiten un acceso más directo por un lado hacia la pista de despegues 36L para las aeronaves estacionadas en la vertiente Este de los satélites entre pistas y por otro lado también a los despegues por la pista 36R que estacionan en la cara Oeste ó en el NAT.

El total de vuelos en el horizonte temporal del año 2020 es de 1691 ops/día, repartidos como sigue:

- Iberia y futuras alianzas: 1002 ops/día (59.25%).
- Resto de compañías: 689 ops/día (40.75%).

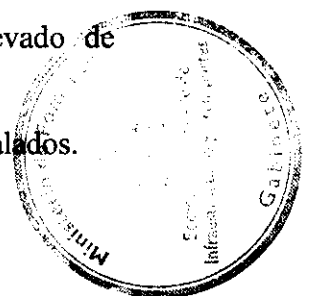
### 3.7.- Conclusiones

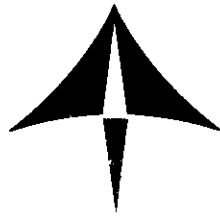
Analizados los resultados se puede concluir que:

- El modelo 1-2020-bis (dos satélites entre pistas) ofrece un nivel de calidad de operación superior al modelo 1-2020 (un solo satélite). La mejora se produce además en prácticamente todos los parámetros de interés.
- Comparando uno por uno los parámetros analizados se observa que:

Conflictos: El modelo 1-2020 propicia un número más elevado de conflictos en superficie, un 6.5% más.

Demoras de las salidas: ambos modelos están prácticamente igualados.

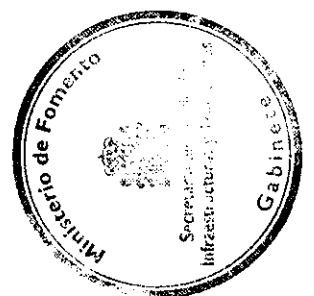




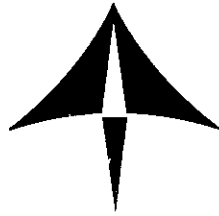
Tiempo de rodadura de las salidas: el modelo 1-2020-bis implica en general recorridos de salida ligeramente inferiores, un 1.23% menores.

Tiempo de las llegadas en área de maniobras: en el modelo 1-2020-bis estos tiempos son por término medio un 20.85% inferiores a los correspondientes al modelo 1-2020.

Por tanto, el modelo seleccionado para determinar la capacidad de saturación del conjunto Aeropuerto-TMA es el denominado 1-2020-bis, es decir, el que dispone de dos edificios satélite entre pistas. Este análisis se detalla en la segunda fase del estudio.







## 4.- ANÁLISIS CAPACIDAD/DEMORA DEL CONJUNTO AEROPUERO/TMA.

### 4.1.- Introducción

El objeto de este estudio adicional es determinar el nivel de saturación de las operaciones en el futuro aeropuerto-TMA de Madrid-Barajas , para el modelo denominado 1-2020-bis (mejor alternativa de la fase primera de este estudio), atendiendo a los niveles de demora y calidad de servicio aceptables en la operación, tanto para los modelos de Configuración Norte como Sur.

### 4.2.- Datos de partida

En esta 2ª Fase se determina el comportamiento previsible de la operación en el aeropuerto, y en particular, el punto de saturación de la operación del conjunto Aeropuerto-TMA en función de la demora admisible al considerar el escenario completo, con las siguientes premisas de operación:

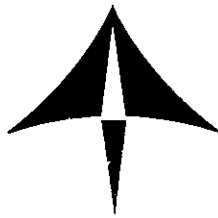
- Distribución de tráfico de acuerdo al perfil del día tipo (tráfico HUB), elaborado por Grupo FSAM y Oficina del Plan Barajas.
- Distribución de tráfico en pistas según origen, destino y rutas de llegada y salida del aeropuerto.
- Diseño detallado del área de maniobras.
- Políticas concretas de asignación de estacionamientos (se ha tenido en cuenta la futura política de alianzas internacionales de Iberia).
- Diseño detallado de las rutas y procedimientos operativos del TMA.

En esta 2ª Fase el tráfico corresponde a un día tipo con horizonte temporal 2020, con el adecuado reparto según rutas, que se incrementará progresivamente hasta los niveles de saturación y donde el aeropuerto de Madrid-Barajas funciona como un centro HUB.

### 4.3- Metodología de trabajo

El método analítico empleado para el análisis Capacidad/Demora del conjunto Aeropuerto-TMA es el empleado anteriormente en el estudio "*Análisis Capacidad/Demora del Sistema Aeropuerto/TMA. FSAM caso C+B*", diciembre 1998.





#### **4.3.1.- Planteamiento y características particulares**

El objetivo buscado con este estudio es determinar el nivel de operación del conjunto Aeropuerto-TMA dentro de unos márgenes de calidad de servicio aceptables. A fin de que los resultados sean realistas, ha de tomarse una aproximación global que considere todos los efectos, tanto los debidos a la rodadura y estacionamientos como los propios de espacio aéreo con el consiguiente reparto de tráfico.

Los márgenes de calidad de servicio se establecen en función de las demoras admisibles, tanto en el lado tierra como en el lado aire de la operación. **Se establece como límite de admisibilidad que las demoras en el futuro desarrollo de Madrid-Barajas han de ser inferiores a las experimentadas en el escenario de referencia con 2 pistas cruzadas.**

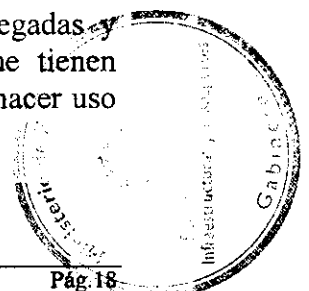
Este criterio ha sido empleado con carácter general en las actividades de diseño y simulación de la 3ª pista de Madrid-Barajas, y en el asociado rediseño tanto de la rodadura y área de maniobras como del TMA; y como tal, validado por los diferentes grupos de trabajo del Plan ATM y FSAM.

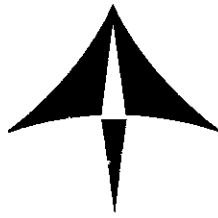
#### **4.3.2.- Parámetros objeto de análisis**

Los parámetros analizados son los siguientes:

##### **A) Conjunto Aeropuerto de Barajas-TMA:**

- **Parámetros principales:** con ellos se determina el nivel de tráfico para el que se produce saturación del conjunto Aeropuerto-TMA.
  - Valores de demora media en lado tierra, a lo largo del día, para las salidas. (Se tiene en cuenta la demora en cola de despegue, en rodadura y en estacionamiento por saturación de cola de despegue).
  - Número y porcentaje sobre el total de salidas demoradas en tierra. Se consideran como tales aquellas con demora superior a 1 minuto.
  - Demora media en Espacio Aéreo de las llegadas. Se especifican los valores correspondientes a las llegadas a cada pista por separado y para el total de llegadas.
  - Perfiles, a lo largo del día, de la relación Demanda/Flujo de llegadas y salidas a Barajas. (Es decir, la relación entre las aeronaves que tienen previsto el uso de la pista y las aeronaves que realmente pudieron hacer uso de ella en el intervalo horario previsto).





- **Parámetros secundarios:** pretenden aportar información adicional acerca del funcionamiento del sistema.
  - Tiempos nominales de rodadura en Madrid-Barajas para llegadas y salidas.

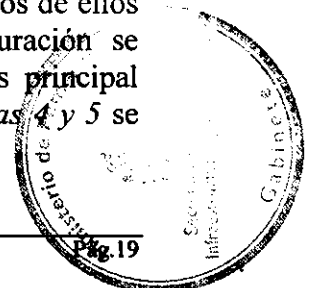
#### **4.3.3.- Límites de admisibilidad de los parámetros principales**

El nivel de tráfico aceptable desde el punto de vista operativo (dado en nº de ops/día, en perfil horario y en hora punta) se determina a partir de los parámetros denominados principales al imponerles unos límites de admisibilidad. Los criterios de admisibilidad son fijados en los estudios para la construcción de la 3ª pista, cuantificados por la DDSNA en el documento “*Simulación del Área de Maniobras en el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas*” junio 1997, y validados por el “Grupo de Movimientos de Aeronaves en Superficie” del Plan ATM.

En este informe se establece como límite para futuros desarrollos del Aeropuerto los niveles de demora experimentados por el Aeropuerto con 2 pistas cruzadas y un nivel de tráfico de 783 ops/día y perfil horario de día tipo. Estos son:

- **Demora media de las salidas en el área de maniobras: 4.0-4.5 min.** de demora media por aeronave y día. De forma adicional se consideraría como límite el punto de inflexión de la curva de demora media.
- **Proporción (%) de salidas demoradas más de 1 minuto en el área de maniobras (salidas demoradas):** se considera un margen comprendido entre el 60-70% de todas las salidas, es decir, 2/3 o más de las salidas experimentan demoras apreciables en el área de maniobras.
- **Demora media, en espacio aéreo, de las llegadas:** debido al desequilibrio existente entre los flujos absorbidos por las 2 pistas de aterrizaje de cada configuración, se fija como límite el **punto de inflexión para el que se dispara el ritmo de crecimiento** de esta demora al incrementarse el tráfico.

De acuerdo a los límites impuestos a los tres primeros parámetros fundamentales se determinará el nivel de operación del conjunto TMA-Aeropuerto en ambas Configuraciones (Norte y Sur). Estos límites deben entenderse como un conjunto, es decir, que para considerar que el sistema se encuentra saturado no basta con que uno de ellos, de manera aislada, supere su límite, sino que será necesario el que varios de ellos sobrepasen los valores fijados. Una vez determinado el tráfico de saturación se comprobará mediante los perfiles de Demanda/Flujo cuál de las pistas es principal causante del estado de saturación de conjunto aeropuerto-TMA. En las *tablas 4 y 5* se resumen los parámetros principales y secundarios del análisis.





PARÁMETROS PRINCIPALES	LÍMITES DE ADMISIBILIDAD
Demora media de las salidas en el área de maniobras	4.0-4.5 minutos/aeronave
Proporción de salidas demoradas más de 1 min. en área maniobras	60-70%
Demora media de las llegadas en espacio aéreo	Aumento del ritmo de crecimiento de la demora al aumentar el tráfico

**Tabla 4.- Parámetros Principales y Límites Admisibilidad. Barajas-TMA.**

PARÁMETROS SECUNDARIOS	ÁREA DE APLICACIÓN
Tiempos nominales de rodadura de las llegadas y salidas	Área de maniobras de Barajas

**Tabla 5.- Parámetros Secundarios**

#### 4.3.4.- Descripción de los modelos.

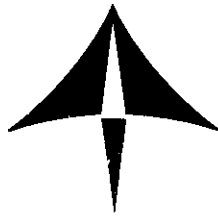
Estos modelos incorporan al diseño del área de maniobras la estructura completa del diseño de TMA, con sus rutas de salida, llegada, puntos de divergencia en las salidas, alimentadores en las llegadas, rangos de velocidades, procedimientos de control y reglas de separación.

Configuración LEMD	Modelos	Nº Pistas LEMD operat.+inact.	Configuración de Pistas LEMD	Configuración de Terminales
NORTE	C+B II	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 36 L Dep</li> <li>• 36 R Dep</li> <li>• 33 L Arr</li> <li>• 33 R Arr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma actual</li> <li>• NAT</li> <li>• 2 Satélites entre pistas</li> </ul>
SUR	C+B II	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 L Dep</li> <li>• 15 R Dep</li> <li>• 18 L Arr</li> <li>• 18 R Arr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma actual</li> <li>• NAT</li> <li>• 2 Satélites entre pistas</li> </ul>

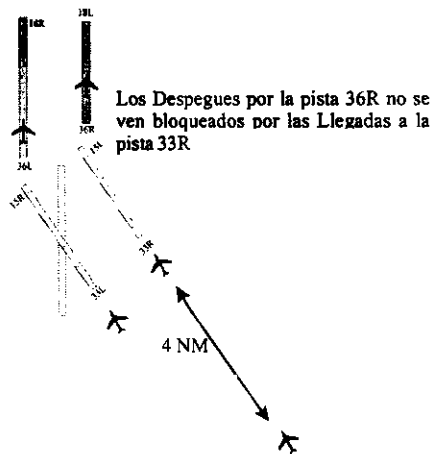
**Tabla 6.- Descripción de los Modelos del Estudio**

La dependencia entre pistas para las operaciones de llegada y salida se resumen en la figura 6 para Configuración Norte y Sur, respectivamente.





Los Despegues por la pista 36L son bloqueados por las Llegadas a la pista 33R



Los Despegues por la pista 36R no se ven bloqueados por las Llegadas a la pista 33R

4 NM

CONFIGURACIÓN NORTE

4 NM



Los Despegues por la Pista 15L no se ven bloqueados por las Llegadas a la pista 18L

Los Despegues por la Pista 15R son bloqueados por las Llegadas a la pista 18L

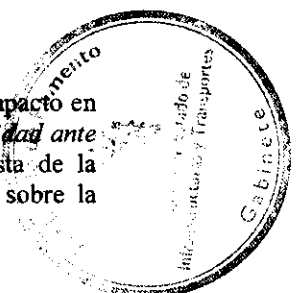
CONFIGURACIÓN SUR

Figura 6.- Descripción de los modelos. Bloqueos entre pistas<sup>2</sup>

#### 4.3.5.- Cargas de tráfico

La carga de tráfico empleada en el análisis del nivel de demora y conflictos corresponde a un día tipo con horizonte temporal 2020, adaptado a las nuevas pistas (procurando el máximo nivel de equilibrio posible entre éstas) e incrementado de forma uniforme hasta el número de operaciones totales necesario para saturar el conjunto aeropuerto-TMA (Tabla 7).

<sup>2</sup> Los procedimientos empleados son diferentes de los considerados en anteriores estudios. Su impacto en la operación del conjunto Aeropuerto-TMA ya fue analizado en el estudio "Análisis de Sensibilidad ante Variaciones en los Procedimientos Operativos. FSAM caso C+B", febrero 1999, a propuesta de la División ATS de la Dirección Regional Centro. El impacto de esos nuevos procedimientos sobre la capacidad del sistema es muy reducido si se compara con los considerados anteriormente.





CONFIGURACIÓN NORTE				
Carga Tráfico	LLEGADAS		SALIDAS	
1691 Op/día	33L(44.12%)	33R (55.88%)	36L(54.25%)	36R (45.75%)
CONFIGURACIÓN SUR				
Carga Tráfico	LLEGADAS		SALIDAS	
1691 Op/día	18L(68.58%)	18R (31.42%)	15L(42.70%)	15R (57.30%)

**Tabla 7.- Distribución de las Operaciones del Día Tipo original en Barajas.**

NIVELES NOMINALES DE TRÁFICO. Nº de Ops/día en Barajas							
Conf. Norte	1513 (-10%)	1691 (0%)	1790 (6%)	1869 (10%)	1962 (15%)	2065 (21%)	2185 (28%)
Conf. Sur	1513 (-10%)	1593 (-5%)	1633 (-3%)	1691 (0%)	1790 (5%)	1869 (10%)	1962 (15%)

**Tabla 8.- Incrementos Nominales de Tráfico.**

Los porcentajes que aparecen en la tabla 8 corresponden a las proporciones en las que se ha aumentado o disminuido el número de vuelos respecto al día tipo original para poder conseguir el tráfico que satura el conjunto aeropuerto-TMA.

#### 4.4.- Resultados de las simulaciones

En los siguientes subapartados se presentan y analizan mediante tablas y figuras los resultados obtenidos:

- Parámetros principales.
- Parámetros secundarios.

##### 4.4.1.- Resultados de los parámetros principales

- **Demoras en área de maniobras de las salidas y proporción demoradas**

En la *Tabla 9* se recogen los valores correspondientes a los diversos niveles de tráfico nominales empleados.





Configuración Norte			
CARGA TRÁFICO NOMINAL	SALIDAS		
	DEMORA MEDIA (minutos) Límite: 4-4.5 min (rodadura+cola despegue+estacionamiento)	N° SALIDAS DEMORADAS Límite: 60%-70% N° OPS. / (% sobre el total)	DEMORA MEDIA DEMORADOS (minutos)
1513 Ops./día	1.46	304 (39.58%)	3.69
1691 Ops./día	2.15	385 (44.92%)	4.79
1790 Ops./día	3.01	447 (49.23%)	6.11
1869 Ops./día	3.59	506 (53.45%)	6.71
1962 Ops./día	4.13	563 (56.75%)	7.28
2065 Ops./día	4.97	621 (59.39%)	8.38
2185 Ops./día	7.37	723 (65.37%)	11.28

Configuración Sur			
CARGA TRÁFICO NOMINAL	SALIDAS		
	DEMORA MEDIA (minutos) Límite: 4-4.5 min (rodadura+cola despegue+estacionamiento)	N° SALIDAS DEMORADAS Límite: 60%-70% N° OPS. / (% sobre el total)	DEMORA MEDIA DEMORADOS (minutos)
1513 Ops./día	2.94	397 (51.69%)	5.70
1593 Ops./día	3.62	439 (54.26%)	6.67
1633 Ops./día	3.92	467 (56.40%)	6.94
1691 Ops./día	4.96	517 (60.33%)	8.22
1790 Ops./día	7.07	584 (64.53%)	10.95
1869 Ops./día	10.84	637 (67.34%)	16.10
1962 Ops./día	14.97	728 (73.24%)	20.44

**Tabla 9.- Valores de Demora en Área de Maniobras de las Salidas.**

Se puede comprobar que los límites de admisibilidad fijados para estos parámetros principales se alcanzan de la siguiente forma:

- El límite de admisibilidad de la demora media se alcanza con un nivel de 1962 ops/día en Configuración Norte y de 1633 ops./día en Configuración Sur.
- El límite de proporción de salidas demoradas más de 1 minuto, se alcanza en Configuración Norte para 2065 ops/día, aunque el valor obtenido para 1962 ops./día se aproxima bastante a dicho límite. En Configuración Sur el nivel de salidas demoradas permitido se alcanza para (1691 ops./h).







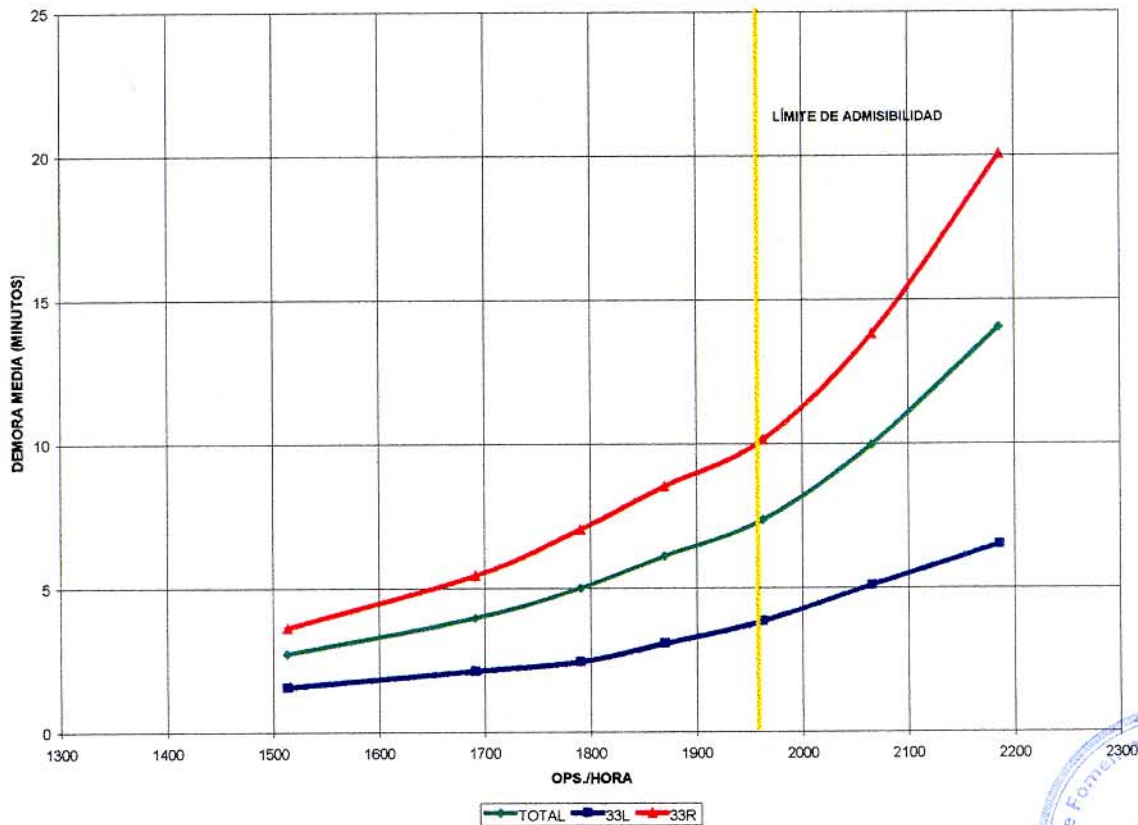
- **Demora media en espacio aéreo de las llegadas:**

La *Tabla 10* recoge los correspondientes valores de este parámetro principal.

Configuración Norte							
DEMORA MEDIA EN AIRE PARA LAS LLEGADAS(minutos)							
Nº Vuelos	1513	1691	1790	1869	1962	2065	2185
33L	1.56	2.12	2.45	3.07	3.84	5.09	6.5
33R	3.63	5.44	7.03	8.51	10.13	13.81	20.04
TOTAL	2.72	3.97	5.01	6.10	7.35	9.95	14.03
Configuración Sur							
DEMORA MEDIA EN AIRE PARA LAS LLEGADAS(minutos)							
Nº Vuelos	1513	1593	1633	1869	1962	2065	2185
18L	8.15	10.09	11.35	14.76	21.36	27.24	38.77
18R	0.71	0.76	0.78	0.81	0.97	1.11	1.47
TOTAL	5.80	7.15	8.03	10.38	14.97	19.08	26.96

**Tabla 10.- Demora Media de las Llegadas en Espacio Aéreo.**

En las *Figuras 7 y 8* se representa de manera gráfica esta información para Configuración Norte y Sur , respectivamente, siendo el límite de admisibilidad el punto de inflexión en la demora.



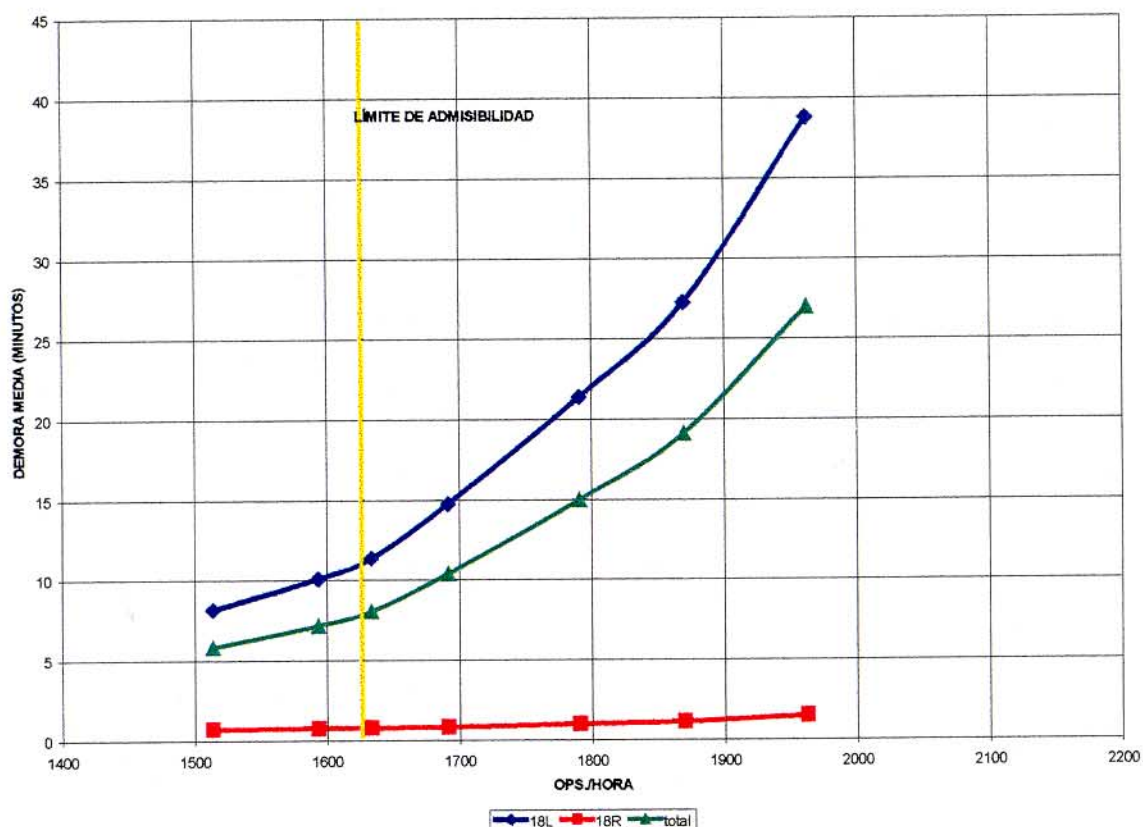
**Figura 7.- Demora Media en Espacio Aéreo de las Llegadas. Conf. Norte.**







De acuerdo a la *Figura 7* el límite de admisibilidad para la Configuración Norte marca las 1962 ops/día, que es el mismo nivel señalado por las demoras medias en área de maniobras de las salidas.



**Figura 8. Demora Media en Espacio Aéreo de las Llegadas. Conf. Sur.**

El valor de saturación para este parámetro en Configuración Sur viene marcado por las 1633 ops/día, que coincide con los valores límites señalados por la demora media de las salidas en el área de maniobras.

- **Perfiles de demanda/flujo de las llegadas y salidas**

Se representan en la *tabla 11* la relación demanda/flujo para la carga de saturación en Configuración Norte correspondiente a 1962 ops/día, por ser éste el nivel de tráfico indicado por el resto de parámetros principales. Para este nivel de tráfico en Configuración Norte la pista de llegadas 33R experimenta problemas importantes de





absorción completa de demanda en varias horas pico distribuidas a lo largo del día, no pudiendo absorber, para esta distribución de tráfico, más que 32 ops./h. La pista de llegadas 33L apenas presenta problemas de absorción, excepto en dos horas aisladas en las que se sobrepasa la capacidad práctica de esta pista que está en torno a las 30-33 ops./h, para esta programación de tráfico.

Las pistas de salida 36L/R no presentan problemas de absorción de la demanda. En las Figuras 9, 10, 11 y 12 se han representado los valores de demanda/flujo para cada una de las pistas.

DEMANDA/FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE. 1962 OPS/DÍA								
HORA	Deman 33L	Flujo 33L	Deman 33R	Flujo 33R	Deman 36L	Flujo 36L	Deman 36R	Flujo 36R
0.00.00	2	2	9	9	6	6	2	2
1.00.00	3	3	6	6	5	5	3	3
2.00.00	4	4	7	7	2	2	0	0
3.00.00	7	7	8	8	6	6	1	1
4.00.00	7	7	13	13	10	10	8	8
5.00.00	37	32	26	26	31	30	22	22
6.00.00	22	26	18	16	42	39	35	33
7.00.00	21	21	27	28	38	41	37	37
8.00.00	34	33	48	32	24	25	23	26
9.00.00	27	28	18	30	42	40	32	27
10.00.00	19	20	18	20	31	33	31	35
11.00.00	13	12	10	13	17	17	14	14
12.00.00	29	29	39	29	26	26	10	10
13.00.00	18	17	22	30	29	29	24	22
14.00.00	7	7	29	28	34	35	23	24
15.00.00	12	12	23	24	22	22	25	25
16.00.00	32	30	38	32	15	15	18	18
17.00.00	21	23	24	27	25	25	29	26
18.00.00	19	19	33	31	33	31	30	31
19.00.00	31	31	23	27	19	20	23	24
20.00.00	37	32	43	30	26	27	17	17
21.00.00	17	23	36	32	19	20	24	22
22.00.00	6	6	14	30	28	28	13	14
23.00.00	4	4	9	12	9	9	9	9

**Tabla 12.- Relación Demanda/Flujo en Configuración Norte para un nivel de Tráfico de 1962 Ops/día**

El número de ops/hora realmente absorbidas (flujo) se representa en la *tabla 13* agrupando las operaciones también según el total de salidas, llegadas y global de operaciones.







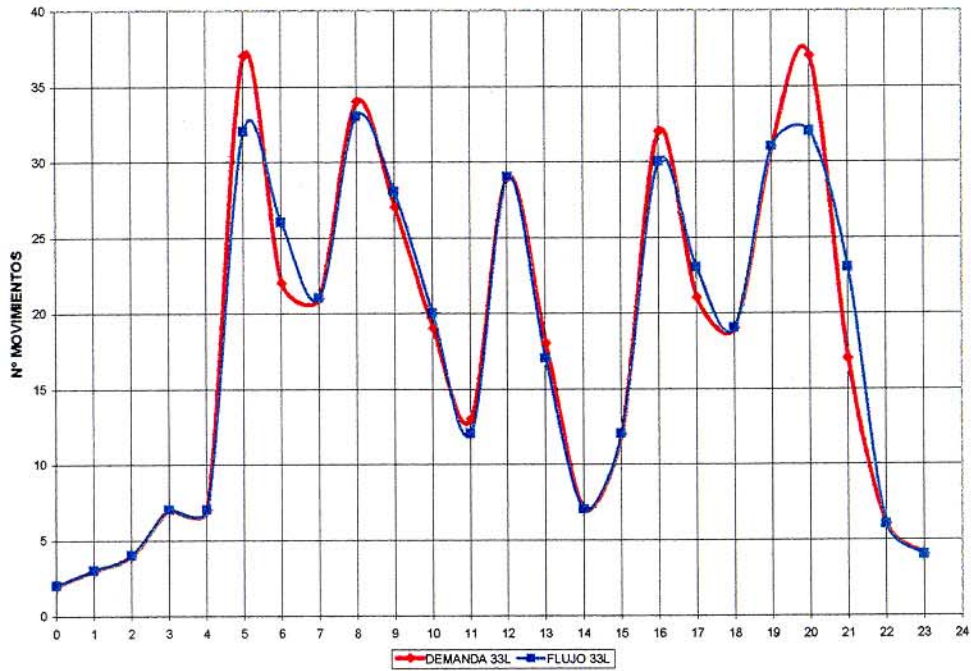
FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE							
HORA	LLEGADAS		SALIDAS		TOTAL LLEGAD.	TOTAL SALIDAS	TOTAL MOVIMIEN.T.
	FLUJO 33L	FLUJO 33R	FLUJO 36L	FLUJO 36R			
0.00.00	2	9	6	2	11	8	19
1.00.00	3	6	5	3	9	8	17
2.00.00	4	7	2	0	11	2	13
3.00.00	7	8	6	1	15	7	22
4.00.00	7	13	10	8	20	18	38
5.00.00	32	26	30	22	58	52	110
6.00.00	26	16	39	33	42	72	114
7.00.00	21	28	41	37	49	78	127
8.00.00	33	32	25	26	65	51	116
9.00.00	28	30	40	27	58	67	125
10.00.00	20	20	33	35	40	68	108
11.00.00	12	13	17	14	25	31	56
12.00.00	29	29	26	10	58	36	94
13.00.00	17	30	29	22	47	51	98
14.00.00	7	28	35	24	35	59	94
15.00.00	12	24	22	25	36	47	83
16.00.00	30	32	15	18	62	33	95
17.00.00	23	27	25	26	50	51	101
18.00.00	19	31	31	31	50	62	112
19.00.00	31	27	20	24	58	44	102
20.00.00	32	30	27	17	62	44	106
21.00.00	23	32	20	22	55	42	97
22.00.00	6	30	28	14	36	42	78
23.00.00	4	12	9	9	16	18	34

**Tabla 13.- Valores de Flujo resultante en Configuración Norte para el Modelo de Saturación (1962 operaciones/día)**

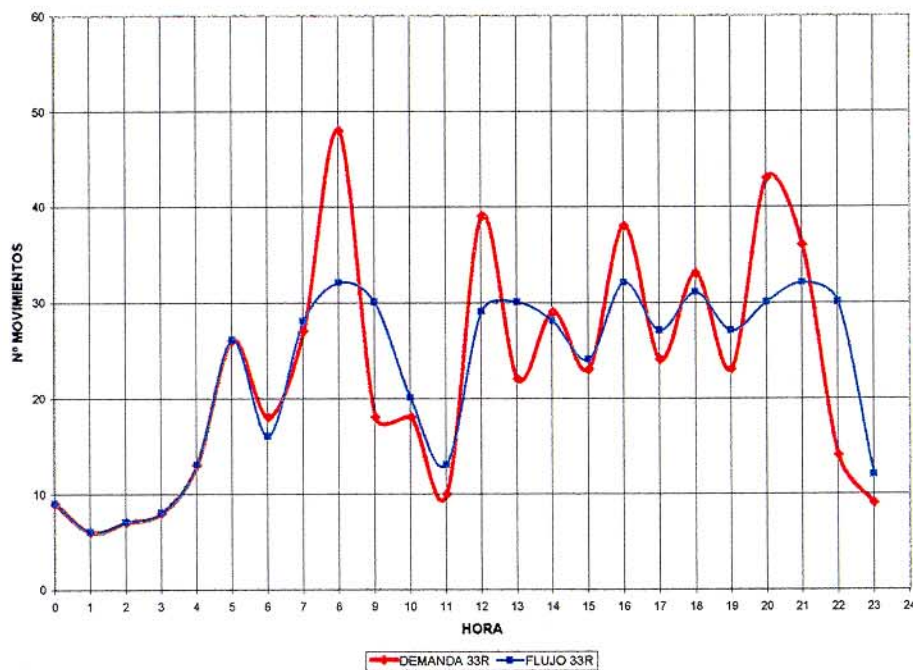
El máximo de ops/hora se consigue con 127 movimientos a las 7:00 h, si bien a esa hora sólo las pistas de salida están al límite de su capacidad.

El máximo de operaciones de llegada es de 65 aterrizajes/hora a las 8:00h, mientras que para las salidas, el valor punta es de 78 despegues/hora a las 7:00 h.





**Figura 9.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Llegadas a la Pista 33L. Configuración Norte. 1962 ops/día**



**Figura 10.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Llegadas a la Pista 33R. Configuración Norte. 1962 ops/día**





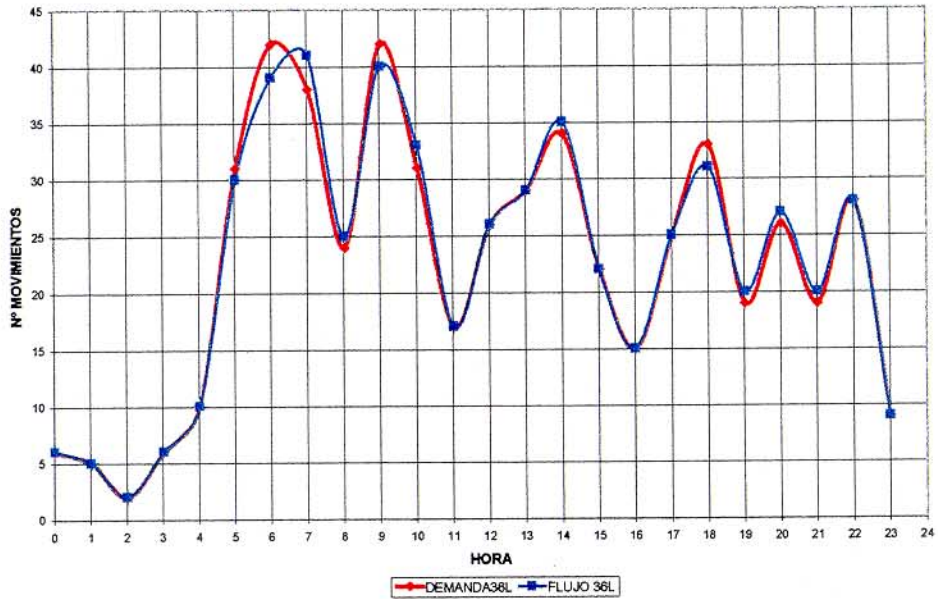


Figura 11.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Salidas de la Pista 36L. Configuración Norte. 1962 ops/día

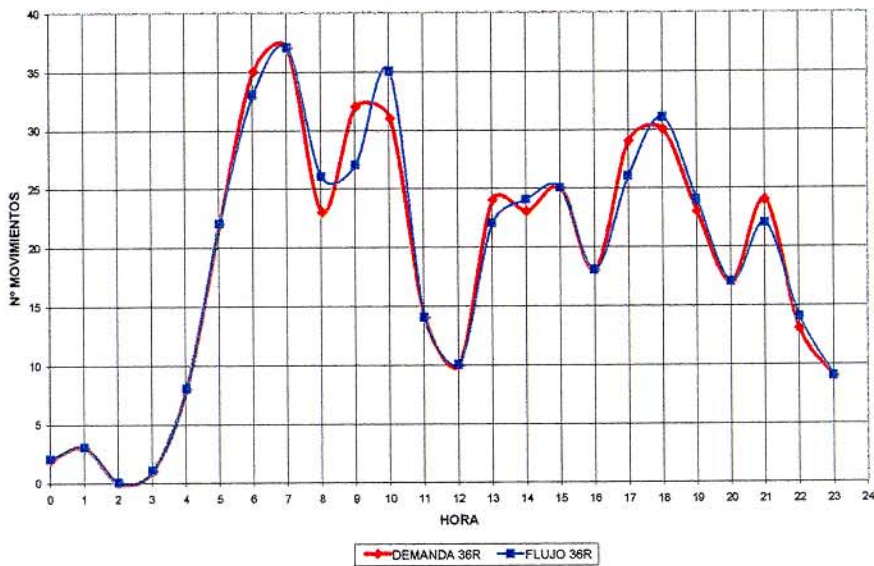


Figura 12.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Salidas de la Pista 36R. Configuración Norte. 1962 ops/día





Se presentan en la *tabla 14* la relación demanda/flujo en Configuración Sur correspondiente a 1633 ops/día, por ser éste el nivel de tráfico de saturación indicado por los parámetros principales ya analizados. Para este nivel de tráfico la pista de llegadas 18L, que es la que soporta una mayor carga de tráfico, experimenta problemas importantes de absorción completa de la demanda en varias horas alternas. En las *figuras 13, 14, 15 y 16* se representa de manera gráfica los perfiles de Demanda/Flujo para cada pista a lo largo del día.

DEMANDA/FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN SUR								
HORA	Demanda 18L	Flujo 18L	Demanda 18R	Flujo 18R	Demanda 15L	Flujo 15L	Demanda 15R	Flujo 15R
0.00.00	7	7	3	3	2	2	5	5
1.00.00	5	5	3	3	3	3	5	5
2.00.00	8	8	2	2	1	1	1	1
3.00.00	12	12	2	2	2	2	4	4
4.00.00	12	12	4	4	8	8	7	7
5.00.00	27	27	26	26	18	17	27	24
6.00.00	22	20	8	8	30	27	36	34
7.00.00	28	26	19	19	20	23	35	34
8.00.00	43	32	21	20	23	23	22	26
9.00.00	24	31	13	14	31	28	34	31
10.00.00	24	28	9	9	17	20	29	33
11.00.00	13	17	4	4	15	15	11	11
12.00.00	43	32	13	13	6	6	25	25
13.00.00	21	30	12	12	24	21	26	25
14.00.00	28	28	6	6	17	20	29	29
15.00.00	18	18	11	11	21	21	16	18
16.00.00	38	30	18	18	9	9	20	19
17.00.00	25	29	8	8	22	22	23	22
18.00.00	31	30	15	15	20	20	32	31
19.00.00	31	31	10	10	18	18	18	18
20.00.00	43	32	23	22	12	12	24	26
21.00.00	31	31	14	15	19	19	17	17
22.00.00	11	28	6	6	10	11	24	23
23.00.00	8	9	2	2	6	6	7	8

**Tabla 14.- Relación Demanda/Flujo en Conf. Sur para un Nivel de Tráfico de 1663 Movimientos/Día**

El número de ops/hora realmente absorbidas (flujo) aparece en la *tabla 15*, agrupando las operaciones según llegadas, salidas por cada pista y global de operaciones.







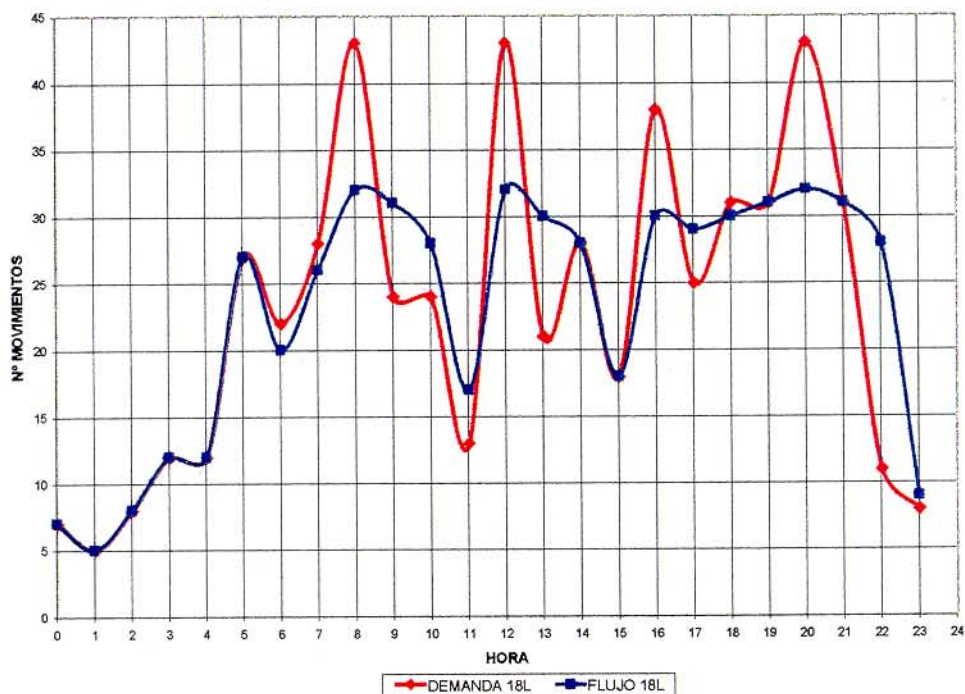
FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN SUR							
HORA	LLEGADAS		SALIDAS		TOTAL LLEGAD	TOTAL SALIDAS	TOTAL MOVIMIEN.
	FLUJO 18L	FLUJO 18R	FLUJO 15L	FLUJO 15R			
0.00.00	7	3	2	5	10	7	17
1.00.00	5	3	3	5	8	8	16
2.00.00	8	2	1	1	10	2	12
3.00.00	12	2	2	4	14	6	20
4.00.00	12	4	8	7	16	15	31
5.00.00	27	26	17	24	53	41	94
6.00.00	20	8	27	34	28	61	89
7.00.00	26	19	23	34	45	57	102
8.00.00	32	20	23	26	52	49	101
9.00.00	31	14	28	31	45	59	104
10.00.00	28	9	20	33	37	53	90
11.00.00	17	4	15	11	21	26	47
12.00.00	32	13	6	25	45	31	76
13.00.00	30	12	21	25	42	46	88
14.00.00	28	6	20	29	34	49	83
15.00.00	18	11	21	18	29	39	68
16.00.00	30	18	9	19	48	28	76
17.00.00	29	8	22	22	37	44	81
18.00.00	30	15	20	31	45	51	96
19.00.00	31	10	18	18	41	36	77
20.00.00	32	22	12	26	54	38	92
21.00.00	31	15	19	17	46	36	82
22.00.00	28	6	11	23	34	34	68
23.00.00	9	2	6	8	11	14	25

**Tabla 15.- Valores de Flujo Resultante en Configuración Sur para el Modelo de Saturación (1633 Operaciones/Día)**

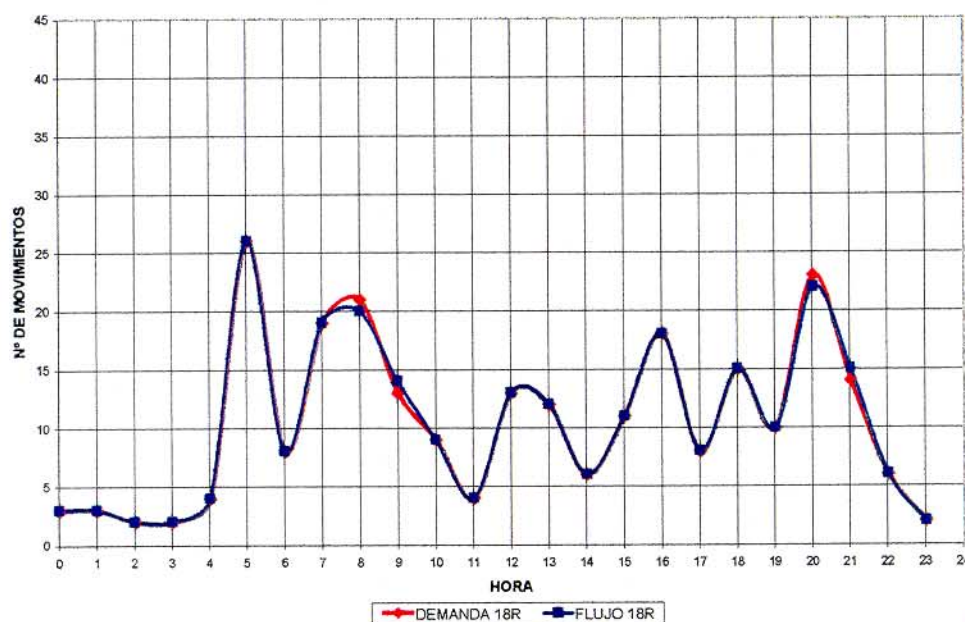
El máximo de ops/hora se consigue con 104 movimientos a las 9:00 h, aunque las pistas 18R y 15R no se encuentran al límite de su capacidad.

El máximo de operaciones de llegada es de 53 aterrizajes/hora a las 5:00h, mientras que para las salidas, el valor punta es de 59 despegues/hora a las 9:00 h.





**Figura 13.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Llegadas a la Pista 18L. Configuración Sur. 1633 Movimientos/Día.**



**Figura 14.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Llegadas a la Pista 18R. Configuración Sur. 1633 Movimientos/Día.**





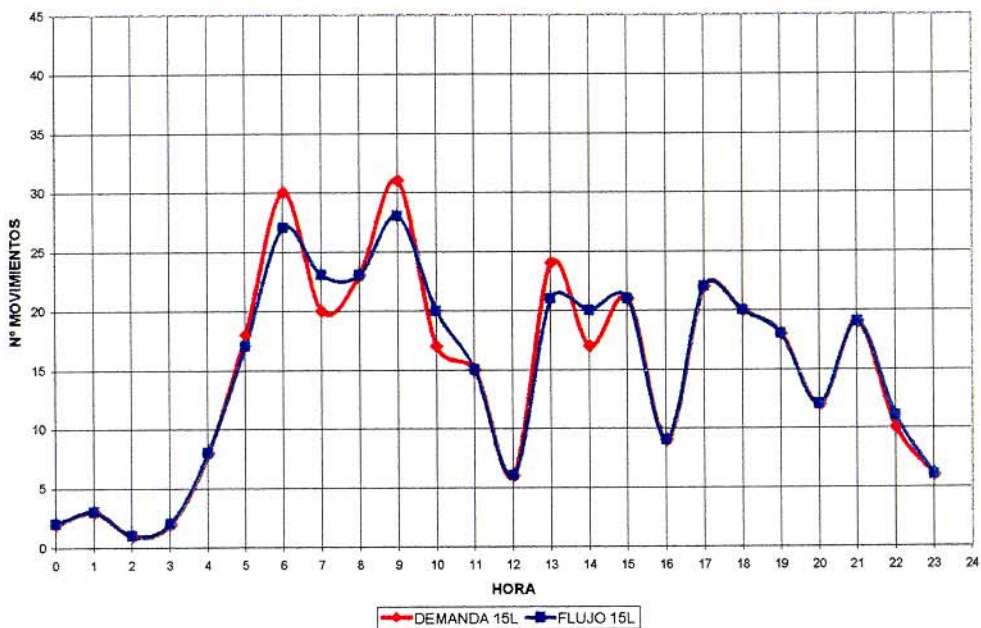


Figura 15.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Salidas de la Pista 15L. Configuración Sur. 1633 Movimientos/Día.

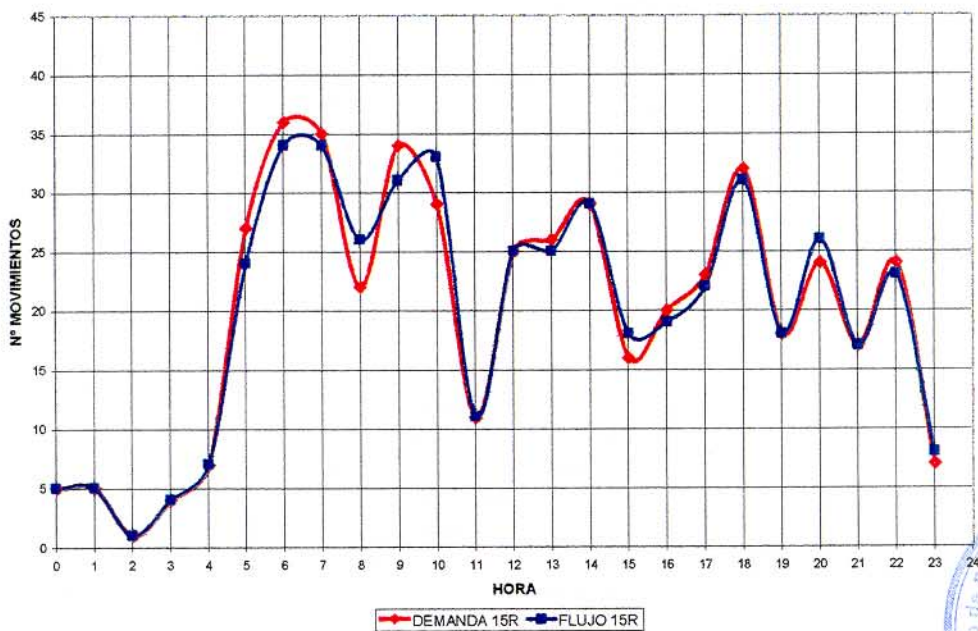


Figura 16.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Salidas de la Pista 15R. Configuración Sur. 1633 Movimientos/Día.





#### 4.4.2.- Parámetros secundarios

Estos parámetros tienen el objetivo de aportar información adicional acerca del comportamiento del conjunto Aeropuerto-TMA una vez determinado el punto de saturación.

##### 4.4.2.1.- Configuración Norte

- **Tiempos nominales de recorrido en rodadura**

En la *tabla 16* se muestran los tiempos nominales de rodadura (es decir, tiempos de recorridos, descontando las posibles demoras, entre pista de aterrizaje y estacionamiento o entre estacionamiento y pista de despegue).

LLEGADAS			SALIDAS		
PISTA 33L	PISTA 33R	OPERACIONES GLOBALES	PISTA 36L	PISTA 36R	OPERACIONES GLOBALES
6.21 minutos	10.37 minutos	8.53 minutos	8.73 minutos	12.24 minutos	10.32 minutos

**Tabla 16.- Tiempos Nominales de Rodadura de las Operaciones de Llegada y Salida. Configuración Norte.**

- El tiempo de rodadura de la pista de llegadas 33R es superior al de la pista 33L debido a que esta última está más proxima a todas las posiciones de estacionamiento y dispone además de calles de salida a ambos lados permitiendo una mayor segregación de su tráfico.
  - La configuración de las calles de salida de la pista 33L favorece el acceso fácil y directo de las aeronaves con destino a la plataforma actual, NAT y edificio satélite entre pistas situado más al sur.
  - El acceso desde esta misma pista 33L al Satélite entre Pistas situado al Norte también se ve favorecido por la calle de rodaje central que separa a ambos satélites.
- La pista 36R presenta mayores tiempos de rodadura ya que la mayoría de posiciones de estacionamiento (NAT y plataforma actual) se encuentran muy alejadas de dicha pista.





#### 4.4.2.2.- Configuración Sur

- **Tiempos nominales de recorrido en rodadura**

En la *tabla 17* se muestran los tiempos nominales de rodadura (es decir, tiempos de recorrido, descontando las posibles demoras, entre pista de aterrizaje y estacionamiento o entre estacionamiento y pista de despegue).

LLEGADAS			SALIDAS		
PISTA 18L	PISTA 18R	OPERACIONES GLOBALES	PISTA 15L	PISTA 15R	OPERACIONES GLOBALES
11.40 minutos	7.48 minutos	10.17 minutos	11.26 minutos	8.37 minutos	9.60 minutos

**Tabla 17.- Tiempos Nominales de Rodadura de las operaciones de llegada y salida. Configuración Sur.**

Las nuevas pistas (15L-33R y 18L-36R) suponen distancias de rodadura mucho mayores al estar la mayoría de posiciones de estacionamiento (NAT y plataforma actual) muy alejadas de dichas pistas.

#### **4.4.3.- Distribución de operaciones para los diferentes niveles de tráfico de saturación**

Para el nivel de tráfico de saturación se han obtenido las correspondientes distribuciones según operaciones de despegue y aterrizaje por pista, y reparto en función del tipo de aeronave. En la *tabla 18* se presentan todos estos resultados de carácter general referentes a ambas configuraciones.







CONFIGURACIÓN NORTE									
LLEGADAS									
TRÁFICO	33L				33R				
SATURACIÓN	L	M	P	TOT	L	M	P	TOT	TOT
1962 ops./día	36	257	136	429	92	392	57	541	970
SALIDAS									
TRÁFICO	33L				33R				
SATURACIÓN	L	M	P	TOT	L	M	P	TOT	TOT
1962 ops./día	51	350	141	542	77	315	58	450	992
CONFIGURACIÓN SUR									
LLEGADAS									
TRÁFICO	18L				18R				
SATURACIÓN	L	M	P	TOT	L	M	P	TOT	TOT
1633 ops./día	84	360	108	552	22	181	50	253	805
SALIDAS									
TRÁFICO	15L				15R				
SATURACIÓN	L	M	P	TOT	L	M	P	TOT	TOT
1633 ops./día	33	260	60	353	73	295	10 7	475	828

**Tabla 18- Distribución de Operaciones/día obtenidas para las Cargas de tráfico de saturación**

- (L, M, P, aeronaves Ligeras, Medias y Pesadas respectivamente)

#### 4.5.- Análisis de resultados

##### 4.5.1.- Configuración Norte

De los resultados correspondientes a los parámetros principales del modelo de Configuración Norte se deduce que los límites de admisibilidad marcados se alcanzan para todos ellos, excepto para el número de salidas demoradas, con el mismo nivel de tráfico, el correspondiente a 1962 ops/día.

Analizando la manera con la que cada parámetro alcanza su límite se determina que la situación más crítica se produce en las llegadas en espacio aéreo, en particular, para las que aterrizan en la pista 33R. Esta pista está sobrecargada, ya que absorbe más de la mitad de todos los aterrizajes, en concreto el 55.88% de ellos. Ese desequilibrio conduce a que para el nivel de tráfico de saturación (1962 ops/día) se alcancen demoras medias, para las llegadas a la 33R, del orden de 3 veces superiores a las demoras habidas para las llegadas a la 33L (10.13 minutos de media frente a 3.84 minutos).







Contemplando las gráficas de demanda/flujo para ambas pistas 33L y 33R, se observa que la pista 33R se satura completamente para las cuatro horas pico de demanda localizadas a las 8:00h, 12:00h, 16:00h y 20:00h GMT, mientras que la pista paralela 33L se encuentra ligeramente saturada en dos horas a lo largo del día, alcanzándose un máximo de operaciones que está en torno a las 32 ops./hora.

Como resultado final para la Configuración Norte y como consecuencia directa del perfil de tráfico tipo HUB, se obtienen los siguientes valores de número de operaciones:

- 1. Nivel de Saturación Configuración Norte: 1962 ops/día**
- 2. N° máximo de ops./h (h. Punta): 127 ops.**

Este valor máximo de ops/h se presenta de manera aislada (7:00 h). Al final del documento se incluye un análisis de sensibilidad (Anexo I) con objeto de determinar si es posible mantener un número de ops/h semejante de manera sostenida durante varias horas consecutivas.

El máximo n° de ops/hora alcanzado en cada pista, si bien no de forma simultanea, es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	33L	33R	36L	36R
Ops/h Máx.	33 (08:00)	32 (08:00)	41 (7:00)	37 (07:00)

**Tabla 19.- Máximo Número de Ops/h por Pista. Configuración Norte. 1962 Ops/día.**

Con respecto a los valores de ops/h máximos por pista conviene hacer varias puntualizaciones:

1. Esas ops/h máximas no se dan a la misma hora en las 4 pistas, sino que se distribuyen en diferentes horas a lo largo del día.
2. Las ops./h máximas para las pistas de salida se producen cuando el N° de ops./h total es máximo.





#### 4.5.2.- Configuración Sur

De los tres parámetros principales analizados, demora media de las salidas en área de maniobras, proporción de salidas demoradas y demoras en espacio aéreo de las llegadas, se deduce que el nivel de saturación en Configuración Sur es de 1633 ops./h.

Son dos los factores determinantes del peor comportamiento de la Configuración Sur en lo referente a la organización de los flujos de llegada en espacio aéreo:

1. El desequilibrio entre la demanda a las dos pistas de llegada es muy elevado (18L absorbe el 68.82% de las llegadas, el 31.41% restante se dirige a la 18R), muy superior al existente en Conf. Norte.
2. Debido a las particularidades de las aproximaciones en Conf. Sur (zonas delta, obstáculos orográficos, aproximaciones RNAV), se imponen separaciones mayores en los IAF's, 5 MN como mínimo, frente a las 3.5-4 MN de mínima en Conf. Norte.

Se tiene por tanto un peor aprovechamiento de las capacidades del sistema Aeropuerto-TMA debido al fuerte desequilibrio entre las operaciones de llegada y en menor grado, también de las salidas.

Como resultado final obtenido para la Configuración Sur, se obtiene para un perfil de tráfico correspondiente al del día tipo elegido (tráfico HUB):

1. **Nivel de Saturación Configuración Sur: 1633 ops/día**
2. **Nº máximo de ops./h (h. Punta): 104 ops.**

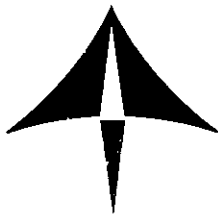
Comparados estos valores con los de la Configuración Norte, se observan unos niveles de tráfico de saturación muy inferiores. El motivo reside en los mayores desequilibrios entre las proporciones de tráfico absorbido por ambas pistas de llegada (también en las pistas de salida, aunque en menor medida). Si se consiguiera corregir en parte dichos desequilibrios, las diferencias entre las Configuraciones Norte y Sur no serían tan acusadas.

El máximo de ops/h alcanzado en cada pista a lo largo del día (1633 ops./día) es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	18L	18R	15L	15R
Ops/h	32	26	28	34
Máx.	(8:00)	(5:00)	(9:00)	(7:00)

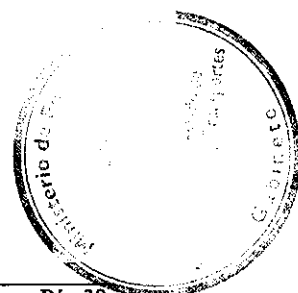
**Tabla 20.- Máximo Número de Ops/h por Pista. Configuración Sur. 1633 Ops/día.**





Con respecto a estos valores máximos de ops/h por cada pista, conviene hacer varias puntualizaciones:

1. Ese máximo de ops/h en cada pista no se producen a la misma hora, sino que se distribuyen a lo largo del día de acuerdo al perfil del día tipo.
2. La pista de llegadas 18R está por debajo de su nivel de saturación durante prácticamente todo el día.
3. Al igual que ocurre en Conf. Norte, estos valores máximos por pista no son aditivos en el caso de pretender obtener el máximo posible de ops/h para todo el aeropuerto, ya que existe influencia de las aproximaciones a la 18L por su maniobra de frustrada (33R en Conf. Norte) sobre ambas pistas de despegue.







#### 4.6.- Conclusiones del estudio

Se exponen por separado las conclusiones relativas a la Configuración Norte y a la Configuración Sur.

##### A) Configuración Norte

###### Aspectos generales:

- El nivel de tráfico de saturación es de 1962 ops/día (perfil tráfico HUB).
- El pico de operaciones hora es de 127 ops de manera aislada. Los valores máximos de hora punta sostenida se detallan en el Anexo I.
- La saturación se presenta de forma simultánea en el área de maniobras y en las rutas de llegada (STAR's) del espacio aéreo, por lo que el conjunto Aeropuerto-TMA no presenta grandes desequilibrios.
- El máximo n°de ops/hora alcanzado en cada pista, si bien no de forma simultánea, es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	33L	33R	36L	36R
Ops/h	33	32	41	37
Máx.	(8:00)	(8:00)	(7:00)	(7:00)

###### Espacio aéreo:

- El principal problema identificado en espacio aéreo es el desequilibrio entre la demanda de tráfico a ambas pistas de llegada 33L y 33R. Basta un desfase del 12% en el reparto del total de llegadas para que la demora media de las llegadas a la 33R (la más solicitada) sea casi tres veces superior.
- En el caso de las operaciones de salida desde la pista 36L, se consiguen máximas horarias de 41 salidas/hora, debido a que algunas de sus SID's divergen al poco de despegar.

###### Área de movimientos del aeropuerto:

- Un factor determinante en la gestión del área de movimientos es la posición relativa de las posiciones de estacionamiento con respecto a las pistas de aterrizaje y despegue.
- Esa disposición relativa estacionamientos-pistas es responsable de:







1. Tiempos de rodadura excesivamente prolongados, en concreto para las aeronaves operando en las pistas 36R y 33R, del orden de un 70% y un 50% superiores a los de sus homólogas 36L y 33L, respectivamente. Se reseña especialmente el hecho de que la mayoría del tráfico se distribuye en la plataforma actual y en el NAT

## B) Configuración Sur

### Aspectos generales:

- El nivel de tráfico de saturación es de 1633 ops/día (perfil de tráfico HUB).
- El pico de operaciones hora es de 104 ops.
- La saturación se presenta en espacio aéreo, y en rodadura de forma simultánea.
- El máximo nº de ops/hora alcanzado en cada pista, si bien no de forma simultánea, es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	18L	18R	15L	15R
Ops/h	32	26	28	34
Máx.	(8:00)	(5:00)	(9:00)	(7:00)

- El nivel de saturación de este modelo en Conf. Sur (1633 ops./día) con respecto al modelo de Conf. Norte es muy bajo debido a que existe un gran desequilibrio de tráfico entre pistas, concretamente, la pista de llegadas 18L y la de salidas 15R, se encuentran saturadas por esta descompensación, según se comprueba en las tablas de demanda/flujo (Tabla 14) y demoras (Tabla 21). En el caso de reducir esos desequilibrios en Configuración Sur, sus valores de capacidad no mostrarían tanta diferencia con respecto a los de Configuración Norte.

PISTAS	15L				15R			
	L	M	H	TOT	L	M	H	TOT
Nº OPS/DÍA	33	260	60	353	73	295	107	475
DEMORA MEDIA (min)	1.54				5.68			

**Tabla 21.- Demora en salidas y Número de Ops/día por pista. 1633 Ops/día. Configuración Sur.**



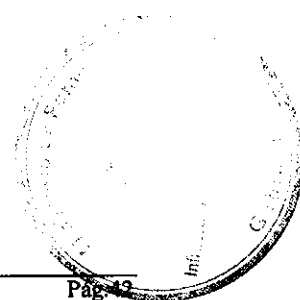


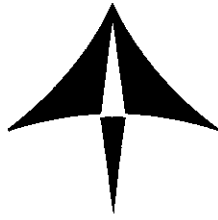
### **Espacio aéreo:**

- En Configuración Sur son dos los factores principales que limitan la capacidad del espacio aéreo:
  1. El desequilibrio entre la demanda de tráfico a ambas pistas de llegada 18L y 18R. Es además mucho mayor que en Configuración Norte, llegando a valores de un 37.16%. El resultado es que las demoras en aire de las llegadas a la pista 18L (pista más solicitada) son del orden de quince veces las correspondientes a las llegadas por la 18R.
  2. Las peculiaridades de las aproximaciones en Configuración Sur (que obedecen a una serie de condicionantes), con puntos IAF's muy alejados de sus umbrales y en los que es necesario imponer separación de 5 MN, mayores de lo habitual.

### **Área de movimientos del aeropuerto:**

- La situación es análoga a la de Configuración Norte. Un factor determinante vuelve a ser la ubicación de las posiciones de estacionamiento con respecto a las 4 pistas.
- Esa disposición relativa estacionamientos-pistas es responsable de:
  1. Tiempos de rodadura excesivamente prolongados, en especial para las aeronaves operando en las pistas 18L y 15L, siendo para ellas del orden de un 52% y un 35% superiores a los de sus homólogos 18R y 15R, respectivamente.





## **ANEXO I**

### **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE NÚMERO DE MOVIMIENTOS EN HORA PUNTA SOSTENIDA**



## ANEXO I

### ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD EN HORA PUNTA PARA VARIACIONES DEL DÍA TIPO. MODELO DE SATURACIÓN 1-2020-BIS (LEMD-TMA)

#### A.1.- INTRODUCCIÓN.

Este estudio de sensibilidad surge ante la necesidad de conocer el comportamiento del modelo de saturación correspondiente al caso C+B-FSAM con horizonte 2020-bis, objeto principal de este estudio, ante variaciones del perfil del día tipo en hora punta empleado para las simulaciones.

#### A.2.- OBJETIVO

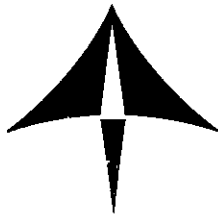
El objetivo de este estudio es comprobar para el modelo de saturación en Configuración Norte (1962 ops./día) si es posible ó no mantener el valor máximo de 127 ops./h (alcanzado de manera aislada en la franja 7:00-8:00 h) durante varias horas punta consecutivas de manera sostenida, sin penalizar excesivamente los niveles de saturación del conjunto Aeropuerto-TMA.

La franja horaria seleccionada es la comprendida entre las 6:00h-10:00h, por ser la de mayor número de movimientos en el perfil de tráfico original (*ver tabla A.1*).

FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE							
	LLEGADAS		SALIDAS				
HORA	FLUJO 33L	FLUJO 33R	FLUJO 36L	FLUJO 36R	TOTAL LLEGAD.	TOTAL SALIDAS	TOTAL MOVIMIEN.
6.00.00	26	16	39	33	42	72	114
7.00.00	21	28	41	37	49	78	127
8.00.00	33	32	25	26	65	51	116
9.00.00	28	30	40	27	58	67	125

**Tabla A.1.- Valores de Flujo resultante en Configuración Norte para el Modelo de Saturación (1962 operaciones/día)**





Se ensayan dos valores de operaciones/hora como límites del intervalo (129 y 123 ops./h).

Dado que las pistas de llegada o salida no se encuentran al límite de su capacidad durante todas las horas de ese intervalo, se recurre a añadir vuelos extra con objeto de conseguir las 129 ops./h sostenidas, manteniendo la proporción y distribución de aeronaves original. En el caso de intentar conseguir 123 ops./h sostenidas, además se desplazan de hora algunos vuelos desde la franja horaria más saturada (7:00h-8:00h).

### **A.3.- METODOLOGÍA DE ANÁLISIS**

La metodología de análisis consiste en modificar ligeramente el perfil del día tipo incrementando o bien desplazando vuelos (llegadas y salidas) según se ha detallado en el apartado anterior.

Una vez establecidos los incrementos de demanda en operaciones de llegada y salida se determinará el estado de saturación del conjunto Aeropuerto-TMA, evaluando los niveles de demora tanto en el lado tierra como en aire considerando admisibles un número de operaciones/h sostenidas que no introduzcan penalizaciones excesivas en el estado global del aeropuerto-TMA a lo largo de todo el día.

La elección de los vuelos incrementados se ha elaborado de forma que el reparto según rutas, compañías y pistas, se mantenga acorde con las proporciones del día tipo original.

#### **A.3.1.- Análisis de parámetros principales**

Una vez incrementado el tráfico se analizan los siguientes parámetros primarios, indicativos del grado de saturación y calidad en la operación del aeropuerto-TMA:

- Perfiles de Demanda-Flujo para llegadas y salidas en las 4 horas pico sostenidas
- Demora media en el área de maniobras para las operaciones de salida, N° de salidas demoradas más de 1 minuto (%) y Demora Media de las salidas demoradas
- Demora media de las llegadas en espacio aéreo

Los criterios de admisibilidad de los parámetros son los establecidos con anterioridad para el estudio principal de este documento.





#### A.4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se exponen los resultados obtenidos en este análisis de sensibilidad.

- **Demoras en el área de maniobras de las salidas**

En la *tabla A.2* se recogen los valores correspondientes a demoras medias en área de maniobras de las salidas y la proporción de salidas demoradas (demora superior a 1 minuto), para cada un de los perfiles ensayados (129 y 123 ops./h sostenida).

Configuración Norte			
CARGAS DE TRÁFICO DE SATURACIÓN	SALIDAS		
	DEMORA MEDIA (minutos) Límite: 4-4.5 min	Nº SALIDAS DEMORADAS Límite: 60%-70%	DEMORA MEDIA DEMORADOS
1962 Ops./día	4.13	563 (56.75%)	7.28
Modelo Hora Punta Sostenida (123 ops./h)	3.90	549 (55.34%)	7.04
Modelo Hora Punta Sostenida (129 ops./h)	4.65	602 (59.19%)	7.86

**Tabla A.2.- Valores de Demora en Área de Maniobras de las Salidas.**

En las *tabla A.3* se presentan los valores de demora máxima en las horas de demanda pico sostenida para cada uno de los perfiles analizados, siendo este parámetro un indicador explicativo del aumento de la demora media.

DEMORA MÁXIMA PARA LAS SALIDAS EN EL ÁREA DE MANIOBRAS (min.)			
	Modelo Saturación 1962 ops./día	Modelo Hora Punta sostenida (129 ops./h)	Modelo Hora Punta sostenida (123 ops./h)
6:00h-7:00h	8.81	12.36	12.59
7:00h-8:00h	15.36	24.92	23.69
8:00h-9:00h	9.06	14.41	10.56
9:00h-10:00h	15.17	17.61	14.24
10:00h-11:00h	17.34	17.72	14.73

**Tabla A.3.- Demoras Máximas de las salidas en el área de maniobras.  
Configuración Norte.**





- Como se puede apreciar en la *tabla A.2* el nivel demora media para el modelo de Hora Punta sostenida (129 ops./h) aumenta un 11.18% superando de esta forma los límites permitidos para este parámetro. Igualmente, los valores de demora media de demorados y n° de salidas demoras ven incrementado su valor. El aumento de la demora media para todo el día es ocasionado por las demoras acumuladas en las cuatro horas pico, no viéndose afectados los vuelos que operan fuera de este margen. Esta situación se pone de manifiesto si se observa como aumentan los valores de Demora Máxima en todas esas horas pico si se compara con el tráfico de 1962 ops/día, tal y como se muestra en la *Tabla A.3*.

Para el caso correspondiente a 123 ops./h sostenidas se observa que la Demora Media está justo por debajo del intervalo de admisibilidad fijado. Es incluso ligeramente inferior al valor obtenido con el perfil de 1962 ops./día sin modificar. La razón es que de las cuatro horas punta consideradas se ha aumentado el nivel de tráfico en tres de ellas hasta conseguir 123 ops/h, mientras que en la franja horaria más saturada (7:00-8:00 h) se reducen los movimientos al pasar de 127 a 123 ops/h.

- **Demora media de las llegadas en espacio aéreo**

La *tabla A.4* recoge los correspondientes valores de este parámetro principal.

<i>Configuración Norte</i>			
<b>DEMORA MEDIA EN AIRE PARA LAS LLEGADAS(minutos)</b>			
<i>Nº Vuelos</i>	<b>Modelo Saturación</b>	<b>Modelo Hora Punta Sostenida (129 ops./h)</b>	<b>Modelo Hora Punta Sostenida (123 ops./h)</b>
33L	3.84	3.95	3.59
33R	10.13	10.64	10.35
TOTAL	7.35	7.69	7.37

**Tabla A.4.- Demora media de las llegadas en espacio aéreo**

La demora media en aire para las llegadas empeora más rápidamente para la pista que absorbe más tráfico (33R) para cualquiera de los perfiles analizados.







- **Demanda-Flujo**

En las *tablas A.5 y A.6* se presenta las relaciones Demanda/Flujo para llegadas y salidas a lo largo del día para el modelo de 129 ops/h y 123 ops/h sostenidas, respectivamente.

DEMANDA/FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE. 1962 OPS/DÍA								
HORA	Demanda 33L	Flujo 33L	Demanda 33R	Flujo 33R	Demanda 36L	Flujo 36L	Demanda 36R	Flujo 36R
0.00.00	3	3	9	9	6	6	3	3
1.00.00	4	4	6	6	6	6	3	3
2.00.00	4	4	7	7	2	2	0	0
3.00.00	8	8	8	8	6	6	1	1
4.00.00	7	7	12	12	10	10	8	8
5.00.00	38	32	26	26	32	31	20	20
6.00.00	29	31	26	22	43	41	38	35
7.00.00	20	21	26	30	38	40	37	36
8.00.00	36	33	50	32	29	28	34	36
9.00.00	25	29	18	31	42	40	32	30
10.00.00	21	20	16	21	29	32	30	34
11.00.00	12	12	11	13	19	19	15	15
12.00.00	29	29	37	29	25	25	9	9
13.00.00	17	17	22	28	30	29	24	21
14.00.00	8	8	29	28	35	35	23	24
15.00.00	12	12	23	25	24	25	24	25
16.00.00	31	29	38	32	15	14	20	20
17.00.00	20	21	22	27	26	25	29	27
18.00.00	18	18	33	31	35	34	29	31
19.00.00	30	30	22	26	18	18	25	25
20.00.00	36	32	45	29	28	28	17	17
21.00.00	16	20	36	32	19	21	22	21
22.00.00	6	6	15	31	26	26	12	14
23.00.00	4	4	10	14	9	9	8	8

**Tabla A.5.- Relación Demanda/Flujo en Configuración Norte para el nivel de Tráfico de saturación 1962 Ops/día, hora pico sostenida (129 ops./h)**







DEMANDA/FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE. 1962 OPS/DÍA								
HORA	Demanda 33L	Flujo 33L	Demanda 33R	Flujo 33R	Demanda 36L	Flujo 36L	Demanda 36R	Flujo 36R
0.00.00	2	2	10	10	6	6	2	2
1.00.00	3	3	6	6	6	6	3	3
2.00.00	4	4	7	7	2	2	0	0
3.00.00	7	7	8	8	6	6	1	1
4.00.00	7	7	14	14	10	10	8	8
5.00.00	36	33	26	26	32	30	21	21
6.00.00	28	29	23	22	39	38	37	34
7.00.00	20	21	25	26	37	40	35	36
8.00.00	33	32	46	32	27	26	30	31
9.00.00	25	28	14	29	42	39	28	28
10.00.00	19	19	17	15	27	31	30	31
11.00.00	12	12	11	14	18	18	14	14
12.00.00	29	29	37	30	25	25	10	10
13.00.00	17	16	22	29	29	29	24	22
14.00.00	7	8	28	27	35	35	24	26
15.00.00	13	13	23	24	23	23	24	24
16.00.00	32	30	36	32	15	14	19	19
17.00.00	19	22	23	25	25	25	28	27
18.00.00	20	20	35	31	33	33	30	31
19.00.00	29	29	23	29	17	18	24	24
20.00.00	37	31	45	30	28	26	18	17
21.00.00	15	21	36	31	19	21	23	22
22.00.00	6	6	16	31	27	27	12	13
23.00.00	4	4	8	14	10	10	8	8

**Tabla A.6.- Relación Demanda/Flujo en Configuración Norte para el nivel de Tráfico de saturación 1962 Ops/día, hora pico sostenida (123 ops/h)**

Las figuras A.1, A.2, A.3 y A.4 son la representación gráfica de los valores de Demanda flujo presentados en las tablas A.5 y A.6.



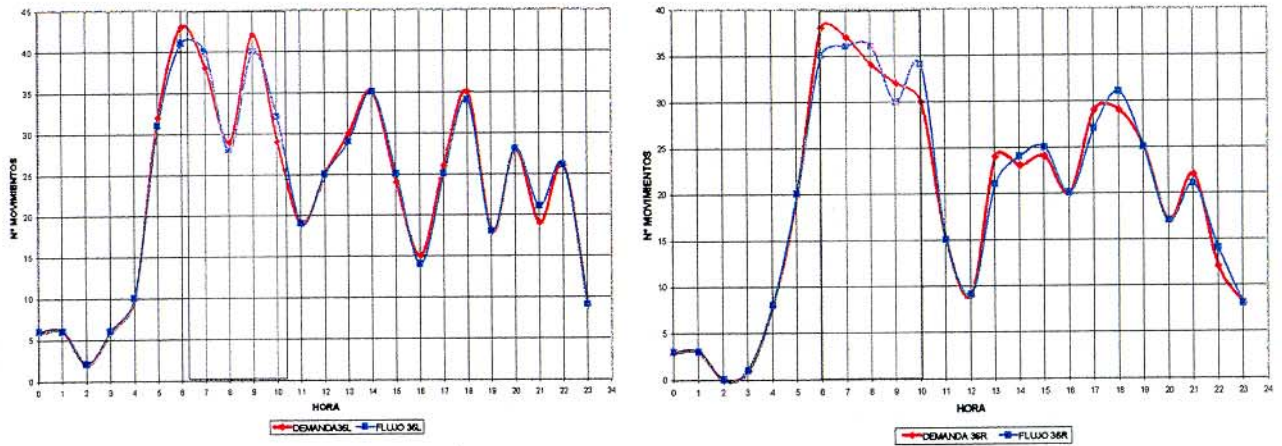


Figura A.1.-Perfiles de Demanda/Flujo para las pistas de salida 36R/L (129 ops./h)

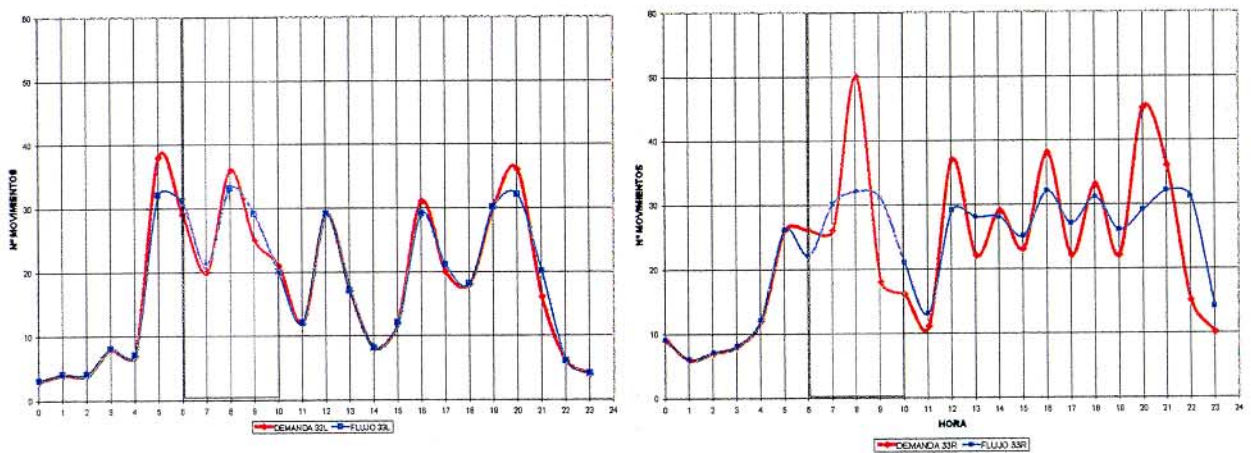


Figura A.2.-Perfiles de Demanda/Flujo para las pistas de llegada 33R/L (129 ops./h)





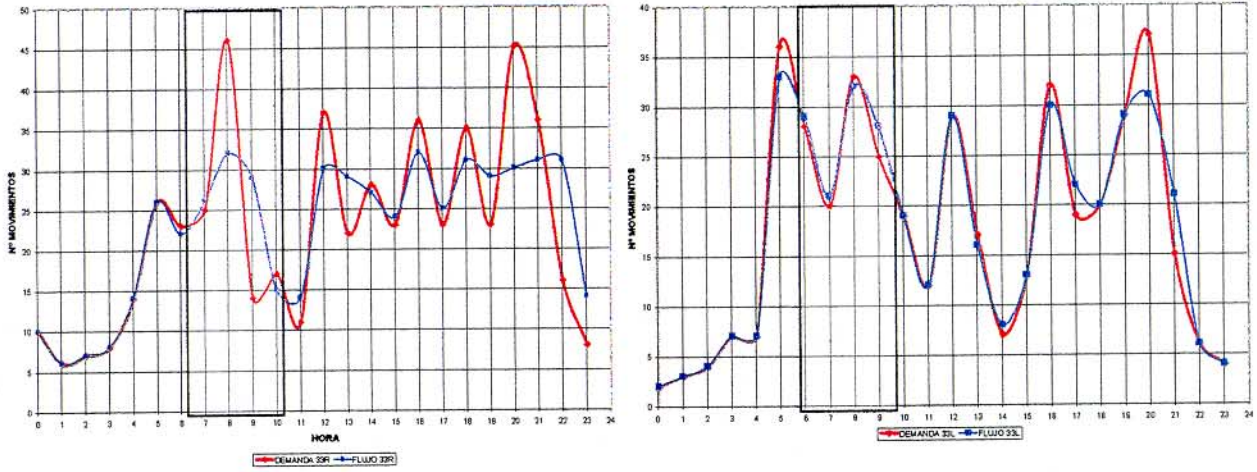


Figura A.3.-Perfiles de Demanda/Flujo para las pistas de salida 36R/L (123 ops./h)

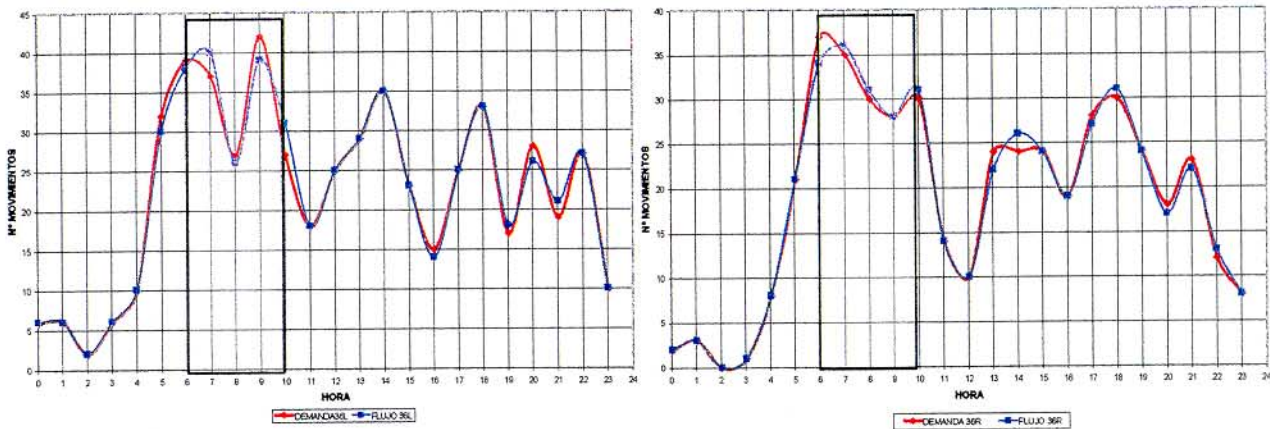


Figura A.4.-Perfiles de Demanda/Flujo para las pistas de salida 36R/L (123 ops./h)



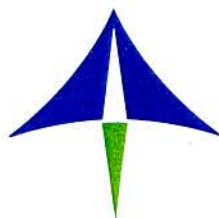


El número de ops/hora realmente absorbidas (flujo) se representa en las *tablas A.7 y A.8*, agrupando las operaciones también según el total de salidas, llegadas y global de operaciones.

<b>FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE</b>							
<b>HORA</b>	<b>LLEGADAS</b>		<b>SALIDAS</b>		<b>TOTAL LLEGAD.</b>	<b>TOTAL SALIDAS</b>	<b>TOTAL MOVIMIEN.T.</b>
	<b>FLUJO 33L</b>	<b>FLUJO 33R</b>	<b>FLUJO 36L</b>	<b>FLUJO 36R</b>			
0.00.00	3	9	6	3	12	9	21
1.00.00	4	6	6	3	10	9	19
2.00.00	4	7	2	0	11	2	13
3.00.00	8	8	6	1	16	7	23
4.00.00	7	12	10	8	19	18	37
5.00.00	32	26	31	20	58	51	109
6.00.00	31	22	41	35	53	76	129
7.00.00	21	30	40	36	51	76	127
8.00.00	33	32	28	36	65	64	129
9.00.00	29	31	40	30	60	70	130
10.00.00	20	21	32	34	41	66	107
11.00.00	12	13	19	15	25	34	59
12.00.00	29	29	25	9	58	34	92
13.00.00	17	28	29	21	45	50	95
14.00.00	8	28	35	24	36	59	95
15.00.00	12	25	25	25	37	50	87
16.00.00	29	32	14	20	61	34	95
17.00.00	21	27	25	27	48	52	100
18.00.00	18	31	34	31	49	65	114
19.00.00	30	26	18	25	56	43	99
20.00.00	32	29	28	17	61	45	106
21.00.00	20	32	21	21	52	42	94
22.00.00	6	31	26	14	37	40	77
23.00.00	4	14	9	8	18	17	35

**Tabla A.7.- Valores de Flujo resultante en Configuración Norte para el Modelo de Hora Punta Sostenida (129 ops./h)**





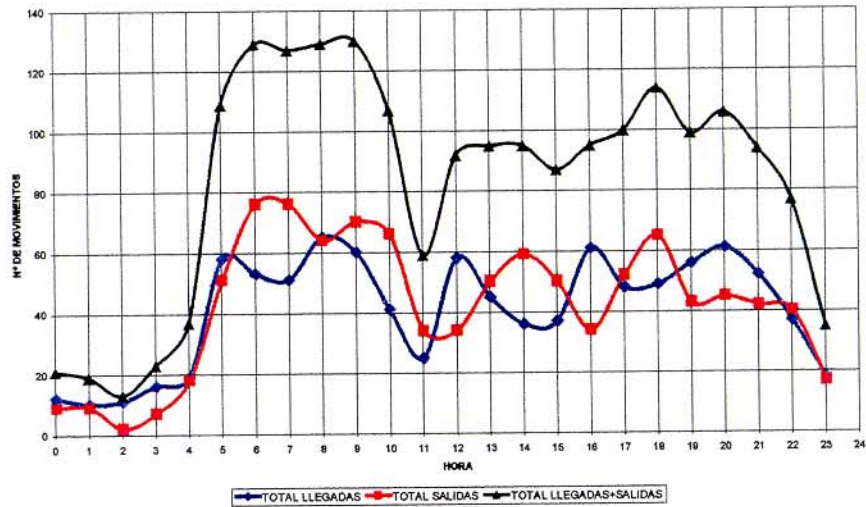
Las operaciones totales se ven incrementadas de manera sostenida durante las cuatro horas punta elegidas y se observa que los valores de operaciones/hora máximos de cada una de las pistas de llegada y salida se mantienen en los mismos valores que con el tráfico original de 1962 ops./día.

FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE							
HORA	LLEGADAS		SALIDAS		TOTAL LLEGAD.	TOTAL SALIDAS	TOTAL MOVIMIEN.
	FLUJO 33L	FLUJO 33R	FLUJO 36L	FLUJO 36R			
0.00.00	2	10	6	2	12	8	20
1.00.00	3	6	6	3	9	9	18
2.00.00	4	7	2	0	11	2	13
3.00.00	7	8	6	1	15	7	22
4.00.00	7	14	10	8	21	18	39
5.00.00	33	26	30	21	59	51	110
6.00.00	29	22	38	34	51	72	123
7.00.00	21	26	40	36	47	76	123
8.00.00	32	32	26	31	64	57	121
9.00.00	28	29	39	28	57	67	124
10.00.00	19	15	31	31	34	62	96
11.00.00	12	14	18	14	26	32	58
12.00.00	29	30	25	10	59	35	94
13.00.00	16	29	29	22	45	51	96
14.00.00	8	27	35	26	35	61	96
15.00.00	13	24	23	24	37	47	84
16.00.00	30	32	14	19	62	33	95
17.00.00	22	25	25	27	47	52	99
18.00.00	20	31	33	31	51	64	115
19.00.00	29	29	18	24	58	42	100
20.00.00	31	30	26	17	61	43	104
21.00.00	21	31	21	22	52	43	95
22.00.00	6	31	27	13	37	40	77
23.00.00	4	14	10	8	18	18	36

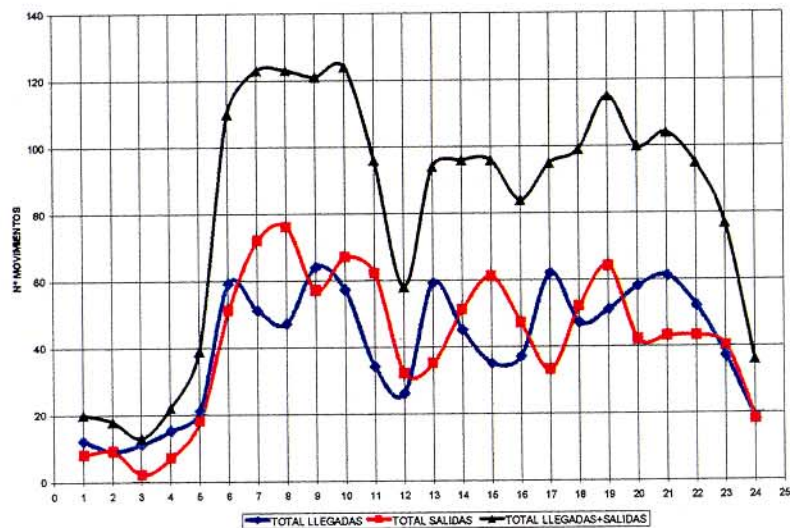
**Tabla A.8.- Valores de Flujo resultante en Configuración Norte para el Modelo de Hora Punta Sostenida (123 ops./h)**

En las *figuras A.5 y A.6* se han representado los perfiles de flujo del total de llegadas y salidas, así como la suma del total de operaciones, para los modelos de 129 ops./h y 123 ops./h.





**Figura A.5.-Perfiles de Flujo para el total de llegadas y salidas (129 ops./h)**



**Figura A.6.-Perfiles de Flujo para el total de llegadas y salidas (123 ops./h)**

La tabla A.9 que se presenta a continuación muestran las variaciones obtenidas del nº de operaciones totales/h. del modelo de saturación original y cada uno de los modelos modificados.







FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE									
HORA	MODELO DE SATURACIÓN (1962 OPS./DÍA)			MODELO HORA PICO SOSTENIDA 129 ops./h			MODELO HORA PICO SOSTENIDA 123 ops./h		
	TOTAL LLEGAD	TOTAL SALIDAS	TOTAL MOVIMIE N	TOTAL LLEGAD.	TOTAL SALIDAS	TOTAL MOVIMIE N	TOTAL LLEGAD.	TOTAL SALIDAS	TOTAL MOVIMIE N
6.00.00	42	72	114	53	76	129	51	72	123
7.00.00	49	78	127	51	76	127	47	76	123
8.00.00	65	51	116	65	64	129	64	57	121
9.00.00	58	67	125	60	70	130	57	67	124

**Tabla A.9.- Incrementos de flujo total (ops./hora). Configuración Norte**

#### **A.5.- CONCLUSIONES**

Las conclusiones derivadas de este análisis de sensibilidad son:

- No es posible mantener 129 ops/h sostenidas durante cuatro horas (6:00-10:00 h) sin que la calidad de la operación en el conjunto Aeropuerto-TMA exceda los límites de admisibilidad.
- Si los movimientos en las cuatro horas punta sostenidas se establecen en 123 ops/h la calidad de la operación no se ve afectada.



**Aena**



*Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea*

DIRECCIÓN DE SISTEMAS E INSTALACIONES DE NAVEGACIÓN AÉREA  
DIVISIÓN DE DESARROLLO DEL SNA

**CONSIDERACIONES GENERALES DE LAS  
ALTERNATIVAS DE DESARROLLO DEL  
ÁREA DE MANIOBRAS DEL FUTURO  
AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS.  
CASO C+B**

**Junio de 1999**







## **CONSIDERACIONES GENERALES DE LAS ALTERNATIVAS DE DESARROLLO DEL ÁREA DE MANIOBRAS DEL FUTURO AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS. CASO C+B**

### **1.- ALTERNATIVAS DE DESARROLLO PLANTEADAS**

En principio, se consideran tres opciones diferentes de diseño del área de maniobras planteadas por el Grupo FSAM durante el mes de junio de 1999. Todas ellas tienen un horizonte temporal situado en el año 2020 ó posterior. En todos los diseños se sitúan dos edificios satélite entre pistas, variando de un modelo a otro la posición relativa entre satélites y pistas. Las características de las opciones son:

1. Opción A. En esta opción los dos edificios satélite forman un ligero ángulo. El edificio más al Norte es paralelo a las pistas 18L-36R y 18R-36L, mientras que el situado al Sur tiene la dirección de las pistas 15L-33R y 15R-33L. Los extremos más cercanos de los satélites están situados de manera que el satélite Sur es la continuación del Norte. Este modelo ha sido analizado recientemente mediante técnicas de simulación en tiempo acelerado.
2. Opción B. Los dos satélites son paralelos entre sí y se disponen en dirección Norte-Sur. Están desplazados lateralmente entre sí, situándose uno al Nor-Oeste y el otro al Sur-Este de manera que sus extremos próximos no se solapan, existiendo espacio para dos calles de rodadura entre ellos en sentido Este-Oeste.
3. Opción C. Es un desarrollo posterior del modelo C, en el que se prolongan las longitudes de ambos edificios, existiendo solape entre sus extremos.

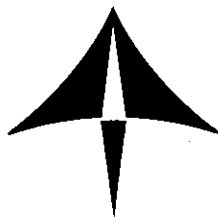
### **2.- COMPARATIVA DE LA SITUACIÓN EN ÁREA DE MANIOBRAS**

A continuación, se procede a comparar los modelos B y C con el A. Esta comparativa es de carácter cualitativo, atendiendo a los aspectos más generales de los modelos. Con objeto de poder confirmar estas afirmaciones y establecer valores cuantitativos, sería necesario recurrir a simulaciones de los modelos B y C.

#### **2.1.- Análisis de la alternativa B**

Comparando su diseño con el de la opción A se observa que:

- **Satélite Norte y Zonas Circundantes.** Es igual en ambos modelos. En principio, no parecen importantes las repercusiones que en esta zona pudieran tener las modificaciones del satélite Sur en el modelo B. No se obstruye ningún flujo con origen ó destino en el satélite Norte, por lo que los recorridos serían los mismos y el número de conflictos en principio no variaría en gran medida.



- **Satélite Sur y Zonas Circundantes.** Esta zona experimenta grandes cambios. Aparte de desplazar de manera relativa ambos satélites, el situado al Sur se aleja de las calles de salida y rodadura a la derecha de la pista 33L. La consecuencia es que el anillo de circunvalación del satélite Sur se reduce a dos calles paralelas en todo su contorno. Para esta zona se presentan tres alternativas:

1. Conservar el trazado y sentidos propuestos. Comparado con el modelo A, se verían afectadas las siguientes operaciones:

Salidas de la cara Este del Satélite. Experimentarán mayores interferencias de push-back, ya que la calle externa de rodadura (la más al Este) y libre de interferencias es en sentido Sur. Deberían pues progresar en sentido Norte por la calle de acceso adyacente al Satélite.

Salidas de la vertiente Oeste. Deben avanzar en dirección Sur por la calle de acceso a estacionamiento, sujetas a interferencias, además de ver incrementados sus recorridos hacia las pistas de despegue ya que deben descender hacia el Sur, enlazar con alguna calle de subida y volver a recorrer la misma distancia en sentido Norte.

Llegadas a la vertiente Oeste que procedan de la pista 33R. Sufrirán más interferencias por push-back al tener que avanzar por la calle de acceso a estacionamiento adyacente a la cara Oeste.

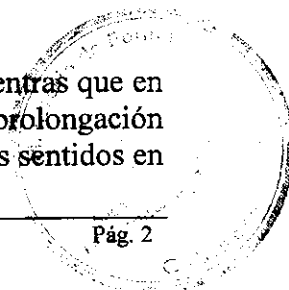
2. Conservar el trazado y cambiar los sentidos de recorrido del doble anillo de circunvalación. La situación sería semejante, sólo que ahora serían otras las operaciones perjudicadas con el cambio del modelo A al B.

Llegadas a la vertiente Este del satélite. Son las que avanzarían por la calle de acceso, ahora en sentido Sur.

Salidas de la vertiente Este. Deben avanzar en sentido Sur por la calle de acceso, sujetas a interferencias de push-back y luego enlazar con alguna calle de subida en dirección Norte para dirigirse a despegar, por lo que además aumentan sus recorridos.

Las llegadas y salidas de la vertiente Oeste también experimentarían mayores interferencias por push-back, al hacer uso de la calle de acceso adyacente a la vertiente Oeste, ahora de sentido Norte.

3. Conservar el trazado y sentidos de la vertiente Este del Satélite, mientras que en la vertiente Oeste se añade una calle adicional de rodadura, en la prolongación de la primera calle de salida rápida a la derecha de la pista 33L. Los sentidos en





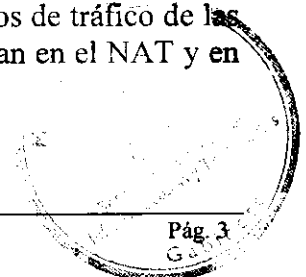
esta vertiente Oeste serían para la calle de acceso a estacionamiento y la calle de rodadura añadida hacia el Norte, mientras que la calle de rodadura en medio de las anteriores sería en dirección Sur. De esta manera se resolverían gran parte de los problemas del tráfico operando en el satélite Sur (reducción de interferencias y acortamiento de recorridos), reduciendo además el impacto de dicho satélite sobre las operaciones en el resto del aeropuerto.

## 2.2.- Análisis de la alternativa C

En este caso se presentan varios problemas añadidos:

1. Al prolongar ambos satélites, el situado al Sur eliminaría parte de las posiciones remotas situadas frente a la cara Este del satélite situado al Norte.
2. Las dos calles de rodadura en sentidos Este-Oeste que discurren entre los edificios satélite deberían adaptarse a la nueva geometría, con más recodos y con un tramo discurriendo en dirección Norte justo en el intervalo donde se solapan ambos satélites. Un inconveniente grave es que en este tramo probablemente ambas calles se verían interferidas por las operaciones de push-back del satélite más próximo a cada una de ellas y es por esas calles por donde transita todo el tráfico que, estacionando en el NAT y actual plataforma, aterriza por la pista 33R y despegas por la 36R. La repercusión que tendría el producir bloqueos en esas vías tan transitadas puede ser muy importante. Además, el hecho de tener que esas calles deban bordear los contornos de los satélites ampliados incrementará los tiempos de recorrido.
3. Las prolongaciones de los satélites podrían amenazar las áreas de maniobra adyacentes a las dos pistas de llegada en Configuración Norte:
  - Calles de salida a la derecha de la pista 33L. Quedarían próximas ó invadidas incluso a las dos calles de rodadura que comunican en sentido Este-Oeste, ya que deberían desplazarse más al Sur al ampliar el satélite occidental.
  - Calles de salida a la izquierda de la pista 33R. Quedarían próximas ó invadidas tanto por la prolongación del propio edificio satélite situado al Este como por las calles de rodadura que bordean el satélite. Además, los conflictos en esta zona quedarían próximos a los accesos a la cabecera de la pista 36R.

Como consecuencia sería muy difícil poder segregar los flujos de tráfico de las aeronaves que estacionan en los satélites de las que estacionan en el NAT y en la actual plataforma.

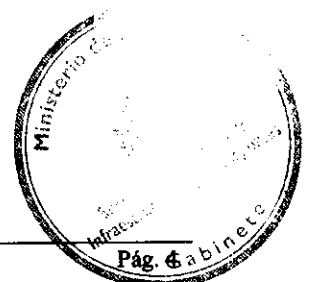




### 3.- CONCLUSIONES

Las conclusiones extraídas de este análisis preliminar son:

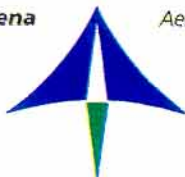
- El modelo B (satélites paralelos sin solape) puede suponer una situación peor que la del modelo A (satélites en ángulo), aunque los efectos perjudiciales probablemente se limiten a las aeronaves que operen en el Satélite Sur. Si se incluyera una calle de rodadura adicional al Oeste del satélite Sur, posiblemente los efectos perjudiciales fueran menores.
- El modelo C (satélites paralelos solapados) puede suponer un deterioro muy acusado en la operación, afectando además a todas las operaciones en las pistas 33R y 36R. El solape entre satélites puede dificultar notablemente la comunicación entre la mitad Oeste y Este del Aeropuerto.
- Sería necesario recurrir a simulaciones en tiempo acelerado para confirmar y cuantificar estos efectos.





**Aena**

*Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea*

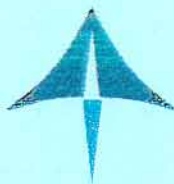


**DIRECCIÓN DE SISTEMAS E INSTALACIONES DE NAVEGACIÓN AÉREA  
DIVISIÓN DE DESARROLLO DEL SNA**

**ANÁLISIS DEL AEROPUERTO DE  
MADRID-BARAJAS CASO C+B-bis.  
HORIZONTE TEMPORAL AÑO 2020  
SATÉLITES PARALELOS**



**Octubre de 1999**



## RESUMEN EJECUTIVO

### OBJETIVO DEL ANÁLISIS

El objetivo del análisis es determinar, en primer lugar, cual de las alternativas de desarrollo planteadas para el área de movimientos del futuro aeropuerto de Madrid-Barajas caso C+B bis ofrece mejores valores de calidad de operación en el área de maniobras. El horizonte temporal contemplado es el año 2020. En segundo lugar, obtener para aquella alternativa que ofrezca los mejores resultados, la capacidad de saturación del conjunto Aeropuerto-TMA, operando éste como un centro distribuidor de tráfico (HUB).

### MODELOS Y CARGAS DE TRÁFICO ANALIZADOS

Se evalúan dos modelos, denominados 1-2020-bis y 2-2020-bis, cuyas características más destacadas son:

- Modelo 1-2020-bis: dos edificios satélites situados entre las pistas, orientados según las mismas formando ángulo entre sí.
- Modelo 2-2020-bis: dos satélite entre pistas, paralelos entre sí, extendidos en dirección Norte-Sur

El tráfico empleado es el de un día tipo (HUB) con horizonte temporal en el año 2020 (total de 1691 ops/día), de acuerdo a las prognosis facilitadas por el Grupo FSAM para Madrid-Barajas operando como un centro HUB distribuidor de tráfico. Se ha tenido en cuenta la estrategia de futuras alianzas de Iberia.

### CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Del análisis de los resultados (descritos en el informe principal) se concluye que:

#### Análisis del área de movimientos:

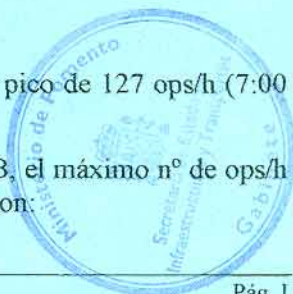
- El modelo denominado 2-2020-bis (dos satélites paralelos entre pistas) ofrece un nivel de calidad de operación superior al modelo 1-2020-bis (satélites en ángulo) en el área de maniobras.
- La mejora se produce en la práctica totalidad de los parámetros considerados (número de conflictos en rodadura, demora de las salidas demoradas y tiempo de las llegadas en el área de maniobras).
- El parámetro más relevante (número de conflictos) experimenta entre el 13-16% con el modelo 2-2020-bis, en función de la asignación de posiciones por compañías.
- La política de asignación de los satélites entre pistas a las diferentes compañías tiene una gran influencia en los resultados. Para el modelo 2-2020-bis se han ensayado dos estrategias diferentes, mejorando los valores de todos los parámetros al dirigir vuelos domésticos de Iberia al satélite 1 e internacionales de la misma compañía al satélite 2 que cuando se reservan ambos satélites a vuelos internacionales de Iberia.

#### Análisis de Capacidad del conjunto Aeropuerto-TMA

Para el modelo 2-2020-bis, los resultados más relevantes obtenidos son:

##### A) Configuración Norte:

- El nivel de tráfico de saturación es de 1962 ops/día. Se alcanza un valor pico de 127 ops/h (7:00 h) en una hora aislada.
- Con el perfil de tráfico ensayado propio de día tipo con distribución HUB, el máximo nº de ops/h en cada pista y los máximos globales de operaciones de salida y llegada son:







	LLEGADAS		SALIDAS	
<b>PISTA</b>	<b>33L</b>	<b>33R</b>	<b>36L</b>	<b>36R</b>
<b>Ops/h Máx.</b>	33 (8:00 h)	32 (8:00 h)	42 (7:00 h)	36 (7:00h)
<b>Picos de Lleg/h y Sal/h</b>	<b>LLEGADAS</b>		<b>SALIDAS</b>	
	65 (8:00 h)		78 (7:00 h)	

- La saturación se presenta de forma simultánea en el Área de Maniobras y en el Espacio Aéreo (rutas de llegada al TMA).
- El principal problema identificado es el desequilibrio existente en el tráfico absorbido por las diferentes pistas, aunque dicho desequilibrio no es muy acusado.

	LLEGADAS		SALIDAS	
<b>PISTA</b>	<b>33L</b>	<b>33R</b>	<b>36L</b>	<b>36R</b>
<b>Proporción de ops absorbidas</b>	44.12%	55.88%	54.25%	45.75%

#### B) Configuración Sur:

- El nivel de tráfico de saturación es de 1633 ops/día. Se alcanza un valor pico de 104ops/h (9:00 h). El motivo de esa reducción frente a los valores de la Configuración Norte es el mayor desequilibrio entre los tráficos absorbidos por las distintas pistas, consecuencia del reparto de las rutas según pistas. Si se compensaran esos desequilibrios, la capacidad sería próxima a la de Configuración Norte.
- Con el perfil de tráfico ensayado propio de día tipo con distribución HUB, el máximo n° de ops/h en cada pista y los máximos globales de operaciones de salida y llegada son:

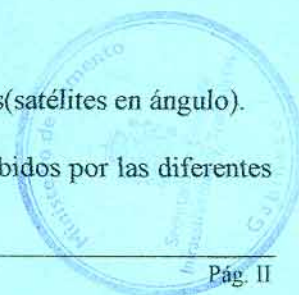
	LLEGADAS		SALIDAS	
<b>PISTA</b>	<b>18L</b>	<b>18R</b>	<b>15L</b>	<b>15R</b>
<b>Ops/h Máx.</b>	32 (8:00 h)	26 (5:00 h)	29 (9:00 h)	34 (7:00h)
<b>Picos de Lleg/h y Sal/h</b>	<b>LLEGADAS</b>		<b>SALIDAS</b>	
	54 (20:00 h)		60 (9:00 h)	

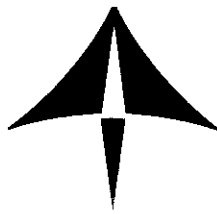
- El inconveniente principal detectado en Configuración Sur es el desequilibrio en el tráfico absorbido entre las diferentes pistas, mucho más acusado que en Configuración Norte.

	LLEGADAS		SALIDAS	
<b>PISTA</b>	<b>18L</b>	<b>18R</b>	<b>15L</b>	<b>15R</b>
<b>Proporción de ops absorbidas</b>	68.58%	31.42%	42.70%	57.30%

#### RECOMENDACIONES

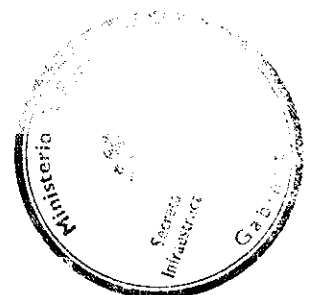
- El modelo 2-2020-bis (satélites paralelos) resulta claramente superior al 1-2020 bis (satélites en ángulo).
- Resulta de la máxima importancia corregir los desequilibrios en los tráficos absorbidos por las diferentes pistas. Este es el principal factor limitador de la capacidad en Configuración Sur.



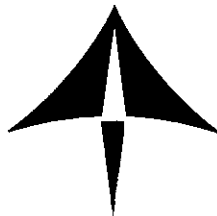


## ÍNDICE

1.- OBJETIVO DEL ANÁLISIS .....	1
2.- ALCANCE DEL ESTUDIO .....	1
3.- ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DEL ÁREA DE MANIOBRAS .....	2
3.1.- Introducción.....	2
3.2.- Modelos analizados y datos de partida.....	2
3.3.- Metodología y parámetros de análisis .....	6
3.4.- Resultados comparativos .....	7
3.5.- Análisis de resultados .....	12
3.6.- Conclusiones.....	25
4.-ANÁLISIS CAPACIDAD/DEMORA DEL CONJUNTO AEROPUERTO/TMA. ....	28
4.1.- Introducción.....	28
4.2.- Datos de partida.....	28
4.3.- Metodología de trabajo.....	28
4.3.1.- Planteamiento y características particulares .....	29
4.3.2.- Parámetros objeto de análisis .....	29
4.3.3.- Límites de admisibilidad de los parámetros principales.....	30
4.3.4.- Descripción de los modelos.....	31
4.3.5.- Cargas de tráfico.....	32
4.4.- Resultados de las simulaciones.....	33
4.4.1.- Resultados de los parámetros principales.....	33
4.4.2.- Parámetros secundarios .....	45
4.4.2.1.- Configuración Norte.....	45
4.4.2.2.- Configuración Sur.....	46
4.4.3.- Distribución de operaciones para los diferentes niveles de tráfico de saturación .....	46
4.5.- Análisis de resultados .....	47
4.5.1.- Configuración Norte.....	47
4.5.2.- Configuración Sur.....	48
4.6.- Conclusiones del estudio .....	51
ANEXO 1.- Perfil de tráfico día tipo .....	A.1







## ANÁLISIS DEL AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS CASO C+B. HORIZONTE TEMPORAL AÑO 2020. CONFIGURACIÓN EN PARALELO PARA SATÉLITES ENTRE PISTAS

### 1.- OBJETIVO DEL ANÁLISIS

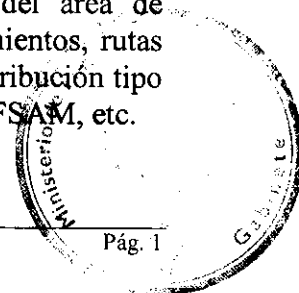
El objetivo del estudio es determinar la alternativa de desarrollo más adecuada del área de movimientos del futuro aeropuerto de Madrid-Barajas (caso C+B FSAM), así como determinar el nivel de tráfico de saturación del conjunto Aeropuerto-TMA operando como un centro distribuidor de tráfico (HUB). El análisis consta de dos fases diferenciadas:

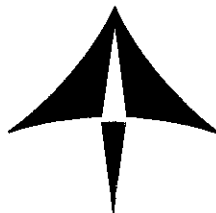
- Fase 1. Análisis del área de maniobras del futuro aeropuerto de Barajas para el modelo denominado *2-2020-bis (Satélites entre Pistas Paralelos)*, y estudio comparativo con el modelo denominado *1-2020-bis (Satélites entre Pistas en Ángulo)*, ya analizado con anterioridad. El objeto de la comparativa es determinar cuál de ellos resulta ser la opción más adecuada desde el punto de vista de la rodadura. Ambos modelos son variantes del denominado caso C+B del futuro aeropuerto de Madrid-Barajas, con horizonte temporal en el año 2020.
  - ✓ A su vez, este análisis del área de maniobras evalúa, para el modelo correspondiente a la configuración en paralelo de los satélites, el comportamiento de la rodadura atendiendo a dos tipos de asignación de estacionamientos.
- Fase 2. Análisis de capacidad del conjunto aeropuerto-TMA del modelo *2-2020-bis (satélites paralelos)*, incluyendo rutas de atenuación de ruido y reglas de funcionamiento del TMA. El objetivo es determinar la capacidad de saturación del sistema. Este modelo será analizado para un tipo de asignación de estacionamientos.

El análisis se efectúa en ambas fases gracias a técnicas de simulación en tiempo acelerado mediante la herramienta simmod 2.03.

### 2.- ALCANCE DEL ESTUDIO

Los análisis efectuados parten de información detallada del trazado del área de maniobras, sentidos de rodadura, distribución y asignación de estacionamientos, rutas del futuro TMA, pronóstico de tráfico correspondiente a un día tipo con distribución tipo HUB para el horizonte temporal del año 2020 proporcionado por el Grupo FSAM, etc.





Para cada una de las fases del estudio se describen en los apartados correspondientes las características más importantes de los modelos, la metodología empleada, los parámetros analizados y los resultados obtenidos. Finalmente, se detallan para cada uno de los estudios abordados los resultados y las conclusiones que de ellos se derivan.

### 3.- ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DEL ÁREA DE MANIOBRAS

#### 3.1.- Introducción

El objetivo de esta primera fase del estudio es determinar si la alternativa de diseño del área de maniobras 2-2020-bis (satélites entre pistas paralelos) del futuro aeropuerto de Barajas resulta más favorable desde el punto de vista de la operación que la alternativa 1-2020-bis, caracterizada por la disposición de los satélites en la dirección de las pistas de llegada y salida ("*Doc. Análisis del aeropuerto de Madrid-Barajas. Caso C+B. Horizonte Temporal Año 2020*") [1].

#### 3.2.- Modelos analizados y datos de partida

El modelo objeto de análisis se denomina 2-2020-bis (satélites entre pistas paralelos).(*figura 1*).

Las características más importantes que diferencian a este modelo respecto al estudiado con anterioridad (1-2020-bis) se centran principalmente en la geometría y posicionamiento de los satélites situados entre las pistas de llegada y salida, así como el diseño de la rodadura y sentidos de recorrido. A continuación, se resumen brevemente las características más destacables de este modelo, para la zona correspondiente a los satélites entre pistas:

- **Geometría:** en el Modelo 2-2020-bis (satélites paralelos), existen dos satélites entre pistas paralelos entre si dispuestos en dirección Norte-Sur. Se encuentran desplazados lateralmente uno respecto del otro, situándose el primero al Nor-Oeste y segundo al Sur-Este, de manera que sus extremos próximos no se solapan y permiten el rodaje de aeronaves entre ellos mediante dos calles de rodadura de sentidos opuestos. Por el contrario, el modelo denominado 1-2020-bis, presenta dos edificios satélites, formando un ligero ángulo (*figura 2*), según la dirección de las pistas, permitiendo también el rodaje entre ellos.
- **Nº de estacionamientos en los satélites:** el número de estacionamientos en los satélites 1 y 2 para el modelo paralelo es inferior al nº de posiciones del modelo en ángulo, concretamente, todas las posiciones remotas próximas al satélite 2, que formaban parte del modelo en ángulo han desaparecido.

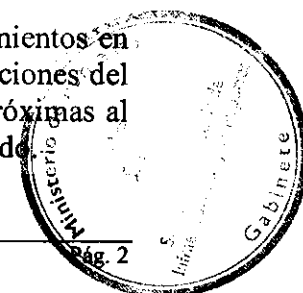


FIGURA 1.- ESCENARIO 2-2020-bis (Satélites en paralelo)  
CONFIGURACION NORTE

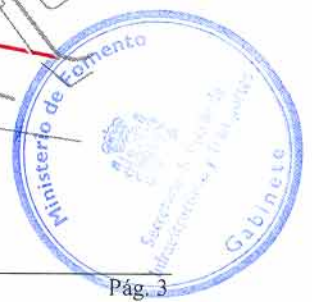
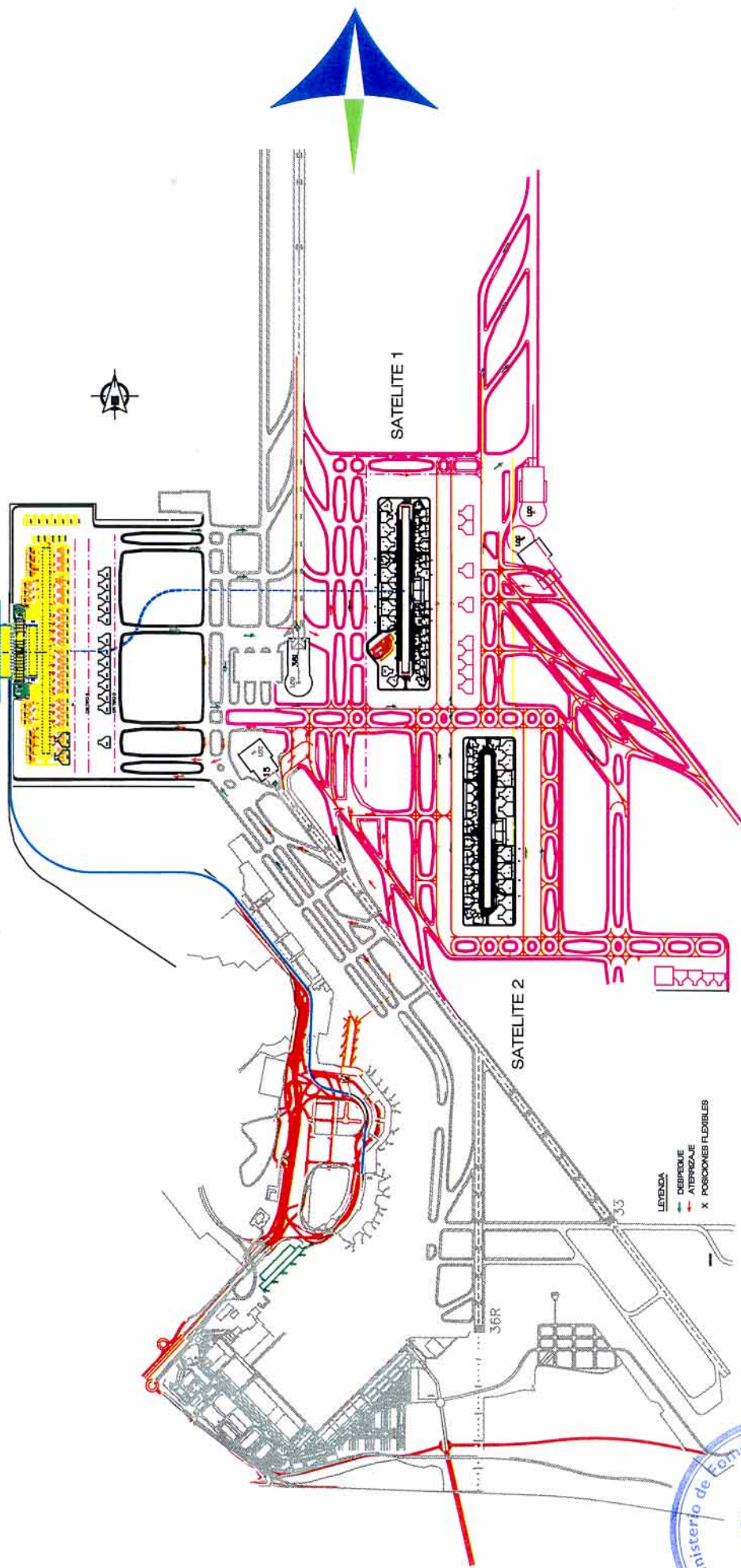
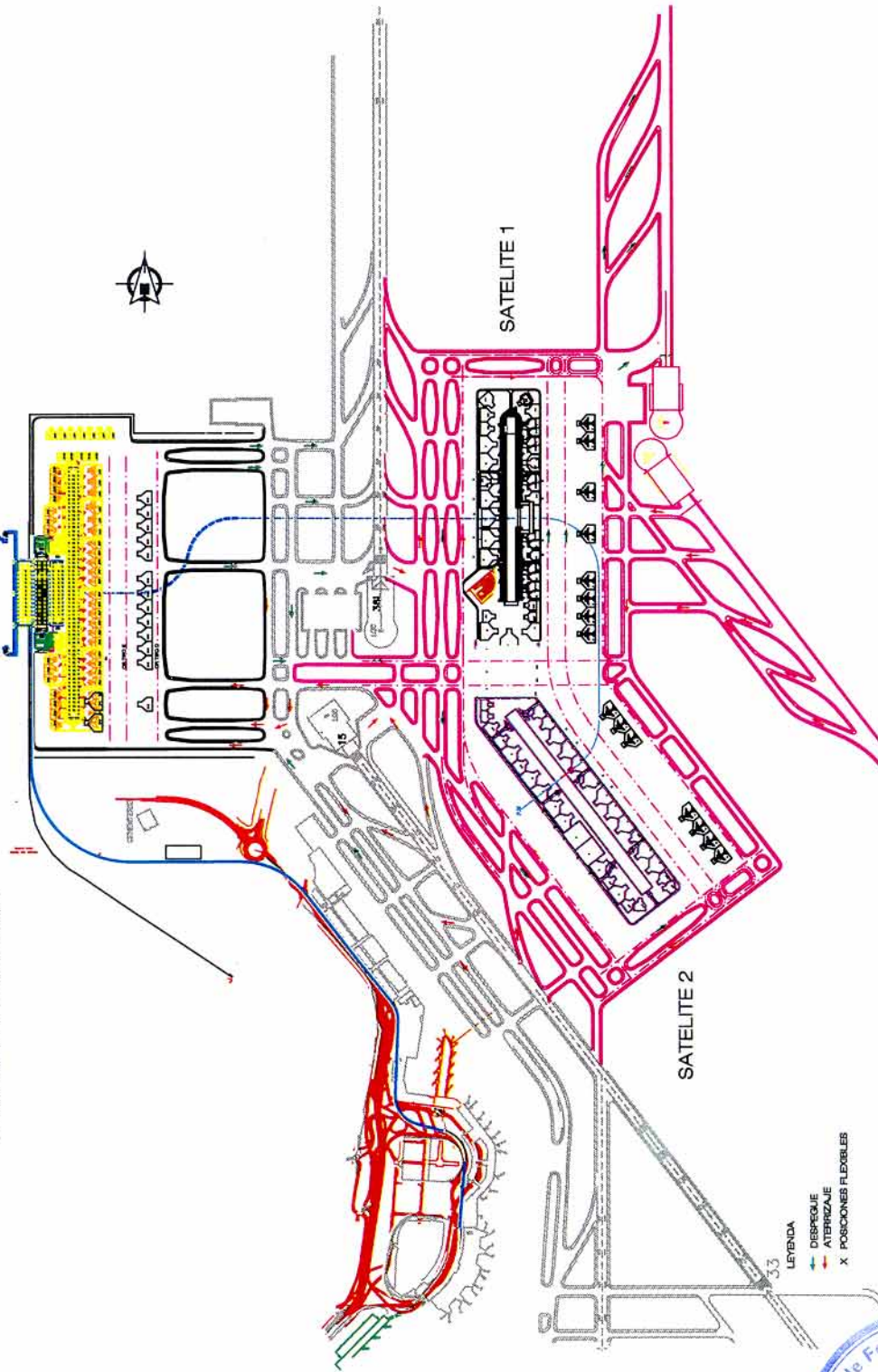
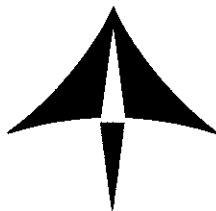


FIGURA 2.- ESCENARIO 1 -2020-bis (Satélites en ángulo)  
CONFIGURACION NORTE







El diseño de la rodadura y los sentidos de recorrido de ambos modelos quedan definidos en las *figuras 1 y 2*.

Este primer estudio del área de movimiento se analiza, exclusivamente, en Configuración Norte. Los datos de entrada empleados para las simulaciones han sido:

a) Trazado del área de movimientos (información suministrada por el Grupo FSAM):

- Sentidos de rodadura
- Asignaciones de compañías según estacionamientos. El análisis se ha efectuado para dos diferentes asignaciones de compañías cuyas diferencias afectan, exclusivamente, a las posiciones correspondientes a los satélites entre pistas.

**Asignación 1.-** Satélites entre pistas, 1 y 2, ocupados por vuelos internacionales de la Compañía Iberia. Se destinan algunas posiciones en ambos edificios satélite para su uso flexible por parte de vuelos Nacionales y Schengen de Iberia.

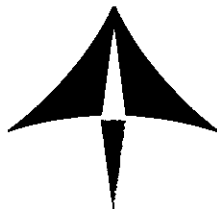
**Asignación 2.-** Satélite 2 ocupado, solamente, por vuelos internacionales de Iberia mientras que el Satélite 1 se destina a vuelos Nacionales y Schengen de Iberia reservando algunas posiciones para uso flexible por vuelos de Iberia Internacional.

El porcentaje de vuelos domésticos de Iberia (Schengen+Nacionales), sin tener en cuenta Puente aéreo y Regionales, para la prognosis de tráfico correspondiente al día tipo empleado para las simulaciones representa un 70% del total de vuelos. A pesar de ello, se ha previsto la existencia de posiciones flexibles en el satélite 1 para vuelos internacionales de modo que se garantice la perfecta operatividad del aeropuerto durante las horas punta si el comportamiento del tráfico internacional es por oleadas.

b) Tráfico correspondiente a un día tipo con horizonte temporal del año 2020 (un total de 1691 ops/día), de acuerdo a los análisis y prognosis de tráfico de Madrid-Barajas operando como un centro HUB distribuidor de tráfico. Se han tenido en cuenta para ello las futuras políticas de alianzas internacionales de la compañía Iberia. Estas prognosis han sido efectuadas por el Grupo FSAM.

Se ensaya tanto el valor de 1691 ops./día como los niveles correspondientes a 1420 y 1962 ops/día (incrementos y decrementos del 15%, respectivamente). Se pretende no limitar el análisis de este modelo a una sola carga de tráfico, sino considerar su evolución en un intervalo. Este tráfico es el mismo que el utilizado para el modelo 1-2020-bis (satélites en ángulo) respecto al cual se efectúa el análisis comparativo.





### 3.3.- Metodología y parámetros de análisis

El análisis se centra en el funcionamiento del área de maniobras, por lo que los indicadores principales son:

- C: Número de conflictos entre aeronaves en el área de maniobras.
- D: Demora media de las salidas demoradas en superficie.
- L: Tiempo en el área de maniobras de las llegadas. Incluye tiempo de rodadura y demora.
- S: Tiempo de rodadura de las salidas.

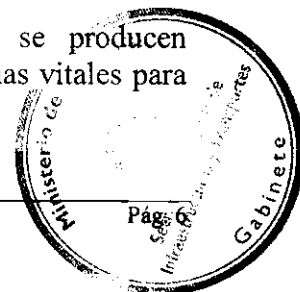
Se entiende por conflictos en el área de maniobras aquellas situaciones propias del tráfico en superficie que requieren la intervención del personal ATC.

La metodología utilizada para el análisis de los modelos a estudiar es la que a continuación se detalla (metodología de la DDSNA para análisis de operaciones en superficie):

1. Determinación de los valores de los indicadores principales.
2. Obtención para cada indicador de un índice relativo, refiriendo su valor al del modelo más eficiente (mayor eficiencia a menor número de conflictos y menores valores de demoras y tiempos).
3. Ponderación de los índices relativos de acuerdo a su nivel de importancia en la operatividad del área de maniobras:  
$$\text{Ponderación}=(10 \times C)+(7 \times D)+(4 \times L)+(4 \times S).$$
4. Obtención, mediante la ponderación, de un único valor indicativo de la calidad de los modelos analizados, para poder proceder a su comparación.

Además de obtener este parámetro global de calidad que permite comparar de manera cuantitativa los modelos analizados, se efectúa un análisis particularizado de los conflictos en el área de maniobras, dada la importancia que tienen sobre la gestión del tráfico en superficie. El análisis de los conflictos se centra en los siguientes aspectos:

1. Número total de conflictos y número de zonas en las que se distribuyen.
2. Distribución geográfica de esos conflictos, es decir, si se producen concentraciones especialmente intensas de los mismos en zonas vitales para la operatividad del aeropuerto.





Como resultado final, se obtiene mediante análisis comparativo cuál de las alternativas de diseño del área de maniobras presenta mejor calidad de operación en área de maniobras para esta primera parte del estudio

### 3.4.- Resultados comparativos

Los valores de los parámetros analizados figuran en la *Tabla 1* para los dos modelos considerados y las dos asignaciones de estacionamientos propuestas.

Modelo	Descripción	Carga de Tráfico	Nº Conflictos	Demora media salidas demoradas	T rodadura salidas	Tiempo de las llegadas en área maniobras
Modelo 1-2020-bis Satélites en ángulo	Iberia Int. y algunos domésticos 	1420 ops/día	175 (0.83)	3.37 min (0.95)	10.33 min (0.99)	8.63 min (0.93)
		1691 ops/día	245 (0.60)	4.60 min (0.69)	10.38 min (0.98)	8.58 min (0.94)
		1962 ops/día	338 (0.43)	7.78 min (0.41)	10.32 min (0.99)	8.59 min (0.93)
Modelo 2-2020-bis (Satélites Paralelos).	Iberia Internac. y algunos domésticos 	1420 ops/día	146 (1.00)	3.19 min (1.00)	10.44 min (0.97)	8.05 min (1.00)
		1691 ops/día	214 (0.68)	4.60 min (0.69)	10.42 min (0.98)	8.11 min (0.99)
		1962 ops/día	282 (0.52)	7.48 min (0.43)	10.38 min (0.98)	8.09 min (0.99)
	Satélite1 Iberia Dom. Satélite2 Iberia Intnal 	1420 ops/día	148 (0.98)	3.33 min (0.96)	10.31 min (0.99)	8.02 min (1.00)
		1691 ops/día	205 (0.71)	4.49 min (0.71)	10.28 min (0.99)	8.02 min (1.00)
		1962 ops/día	284 (0.51)	7.21 min (0.44)	10.17 min (1.00)	8.02 min (1.00)

Tabla 1. Parámetros e índices relativos de los modelos analizados





Aplicando los factores de ponderación correspondientes a cada uno de los índices, se obtienen los valores de calidad globales mostrados en la *Tabla 2* (sobre un máximo posible de 25 puntos) para ambos escenarios:

Cargas de Tráfico	Modelo Satélites en ángulo	Modelo con Satélites Paralelos.	
	Satélites 1 y 2.- Iberia Internacional	Satélites 1 y 2.- Iberia Internacional	Satélite 1 Ibe domést Satélite 2 Ibe intnal
1420 ops/día (-15%)	22.63	24.88	24.52
1691 ops/día	18.48	19.54	20.06
1962 ops/día (+15%)	14.87	16.05	16.24

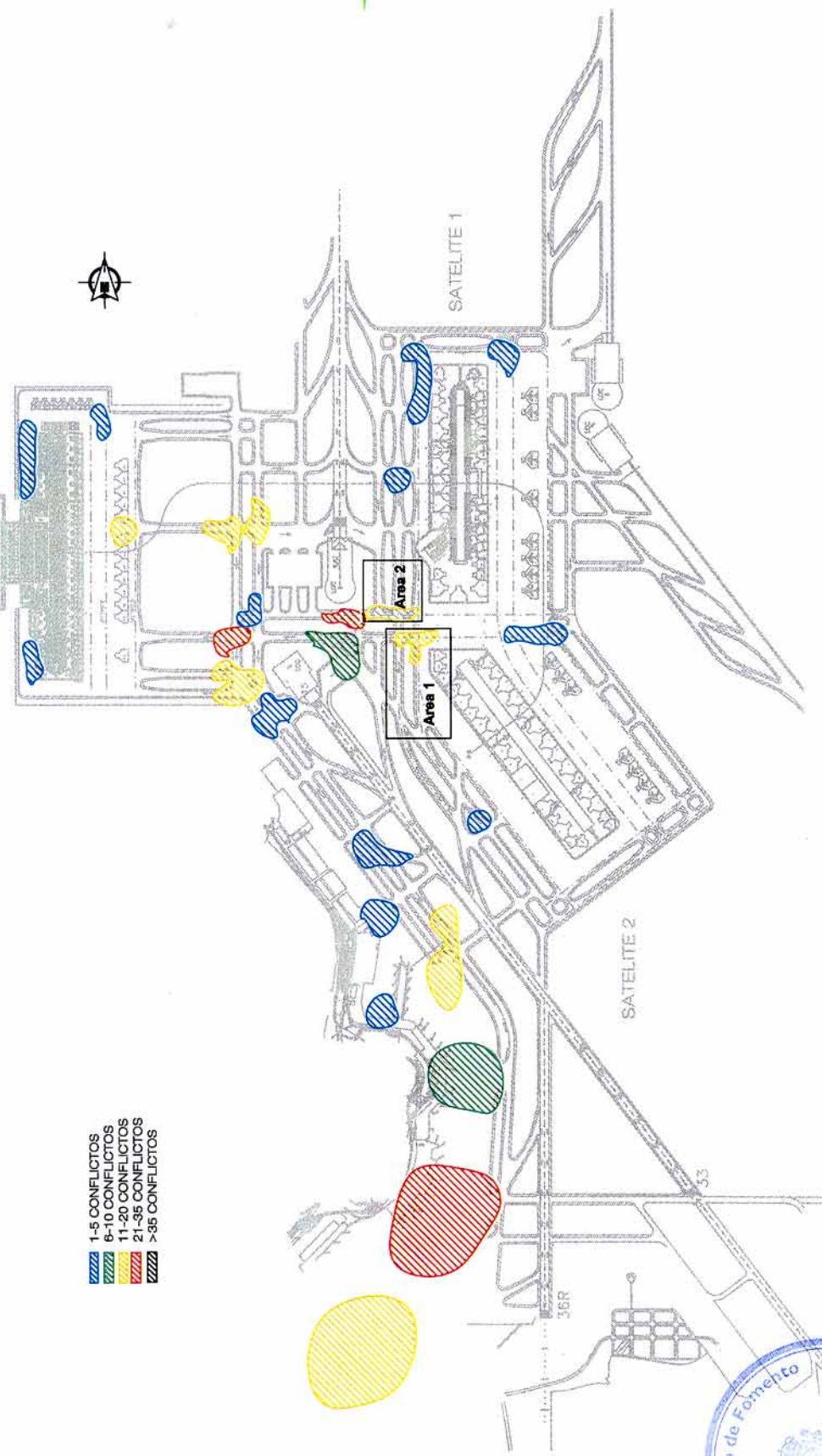
**Tabla 2.- Valores de calidad global de la operación en área de maniobras**

En las *figuras 3, 4 y 5* aparecen mapas de distribución de conflictos (carga de tráfico 1691 ops/día) para cada uno de los escenarios analizados, donde se pueden observar las diferencias entre ambos modelos y las zonas del área de maniobras que resultan más críticas.





FIGURA 3.-MAPA DE CONFLICTOS ESCENARIO 1-2020-bis (Satélites en ángulo)  
CONFIGURACION NORTE



- 1-5 CONFLICTOS
- 6-10 CONFLICTOS
- 11-20 CONFLICTOS
- 21-35 CONFLICTOS
- >35 CONFLICTOS



FIGURA 4.-MAPA DE CONFLICTOS ESCENARIO 2-2020-bis (Satélites en paralelo-Asignación 1)  
CONFIGURACION NORTE

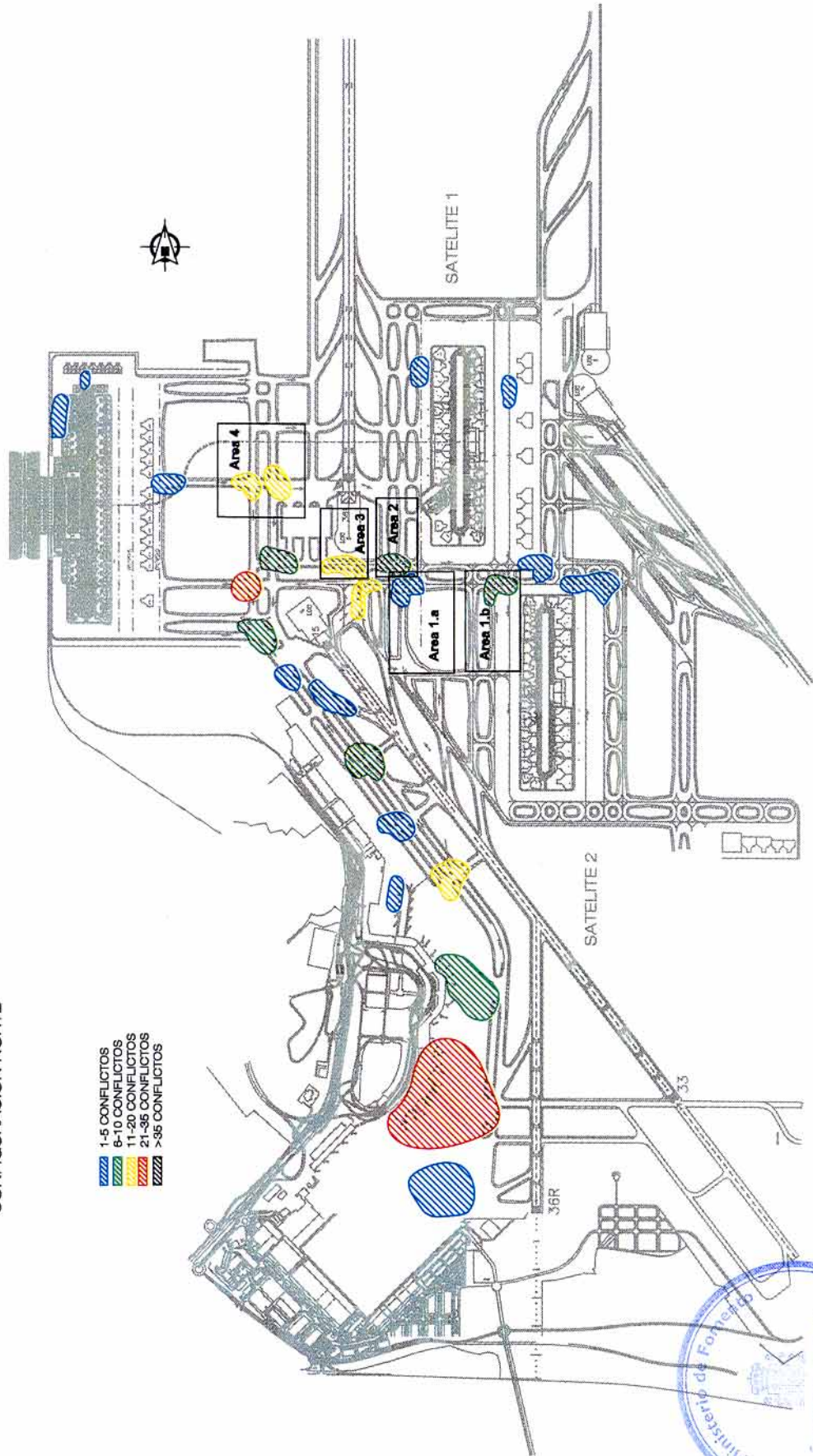
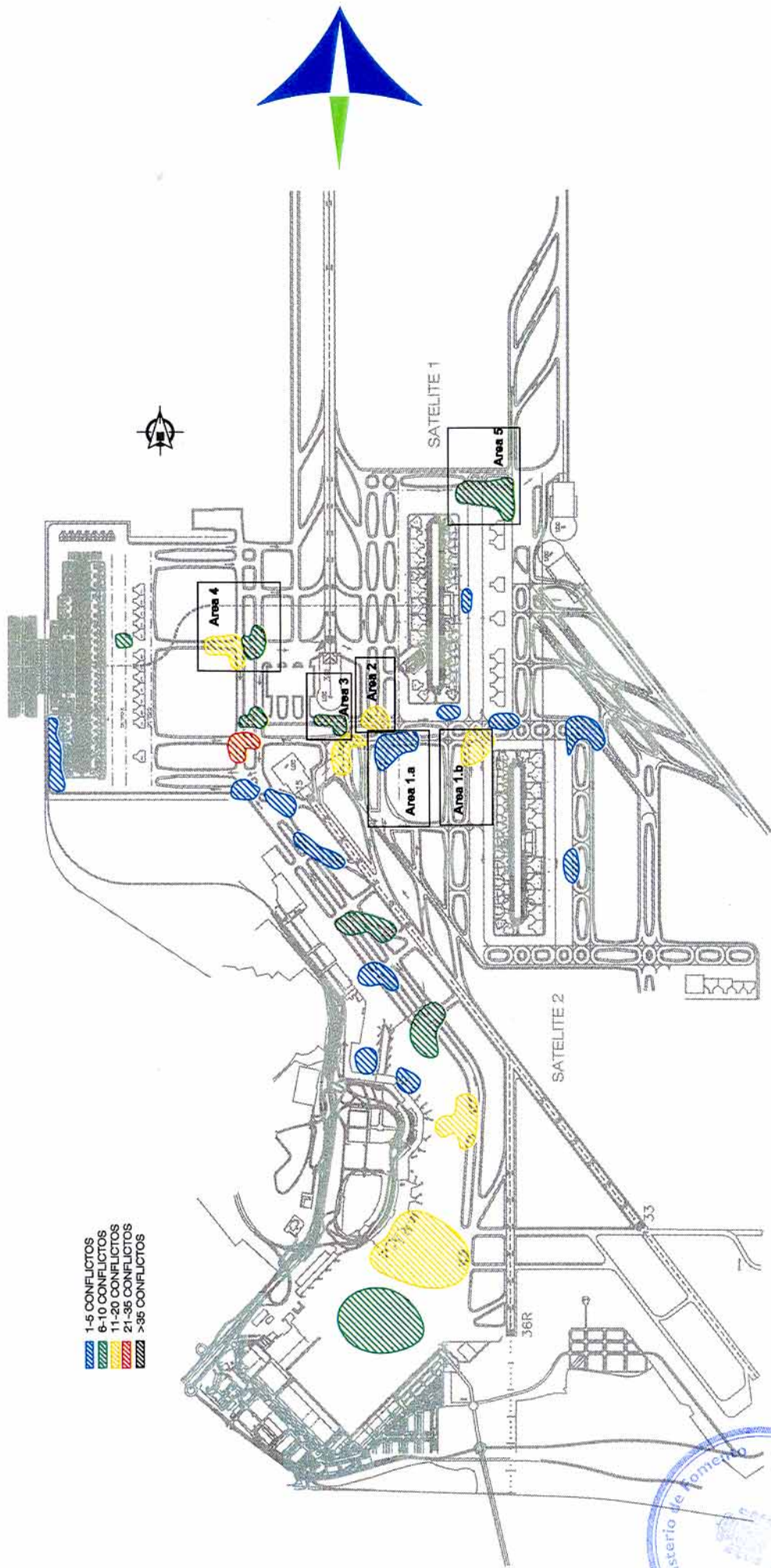




FIGURA 5.-MAPA DE CONFLICTOS ESCENARIO 2-2020-bis (Satélites en paralelo-Asignación 2)  
CONFIGURACION NORTE



- 1-5 CONFLICTOS
- 6-10 CONFLICTOS
- 11-20 CONFLICTOS
- 21-35 CONFLICTOS
- >35 CONFLICTOS





### 3.5.- Análisis de resultados

Se analizan a continuación los resultados correspondientes a cada uno de los parámetros presentados en los apartados anteriores.

#### Calidad global de operación:

- Analizados y ponderados los 4 parámetros fundamentales (nº de conflictos, demora media de las salidas demoradas, T. de rodadura de las salidas y T. de las llegadas en el área de maniobras) se deduce que el modelo 2-2020-bis (dos edificios satélite entre pistas paralelos) proporciona niveles globales de calidad de operación superiores a los del modelo 1-2020-bis (edificios satélite en ángulo) (Figura 6). Respecto al análisis de las *dos posibles asignaciones de estacionamientos* del modelo “Satélites Paralelos”, cabe destacar que la segunda opción (Sat 1 Int, Sat 2 Dom) tiene un nivel de calidad global ligeramente mayor que la primera asignación (Sat1 Int y Sat.2 Int), dado que para ésta disposición se ha trasladado parte del tráfico procedente del NAT (Schengen y Nacional) hacia posiciones situadas en el Satélite 1, lo cual implica menores distancias de recorrido, tanto en llegadas como en salidas (el tráfico Doméstico supone aproximadamente un 70% del total de vuelos de Iberia para el día tipo elegido).

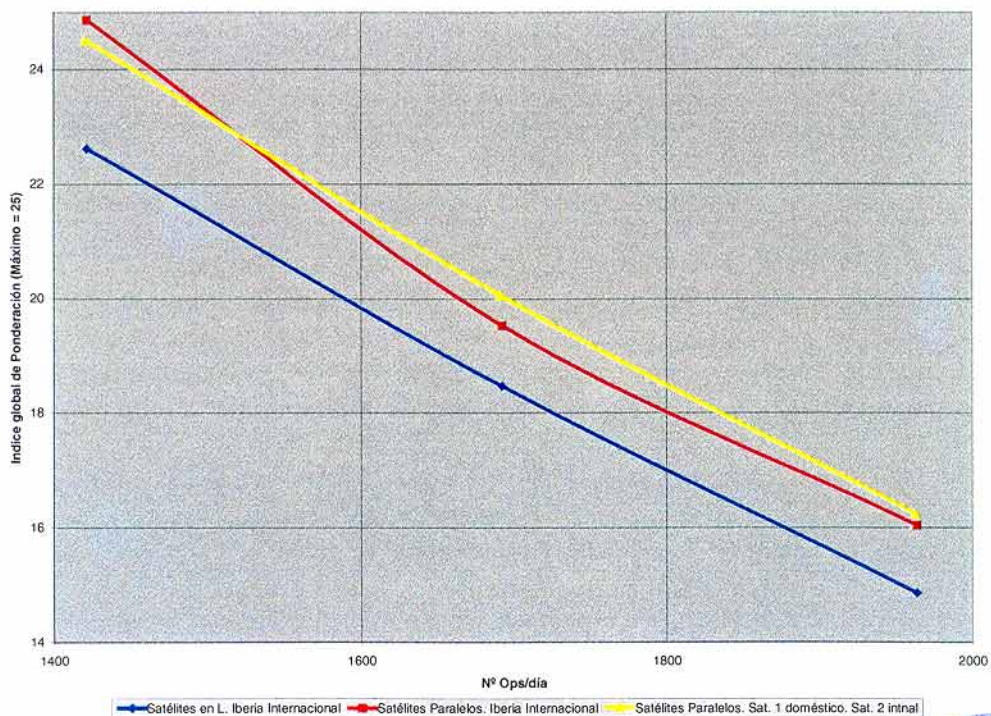
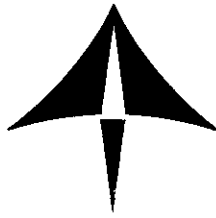


Figura 6.- Niveles de Calidad Globales de la Operación en el Área de Maniobras.







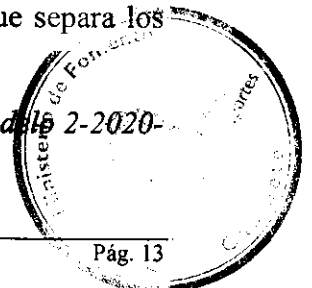
### Número y distribución de Conflictos:

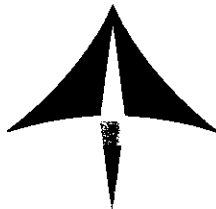
- **Número total de conflictos y número de zonas:** el número total de conflictos para el modelo 2-2020-bis (satélites paralelos) es inferior respecto al modelo 1-2020-bis (satélites en ángulo) sea cual sea la asignación de estacionamientos considerada. Esta disminución es del orden del 13-16% para las asignaciones 1 y 2. Un factor importante que influye en la disminución del número de conflictos total (modelo Sat. paralelos) es el fácil acceso de las llegadas hacia el Satélite situado más al Sur de forma que disminuyen las distancias de recorrido y la probabilidad de la mezcla de flujos de llegada y salida. El número de zonas conflictivas de un modelo a otro ha variado de manera irregular dado que han surgido nuevas zonas de conflicto y otras han desaparecido debido a la nueva geometría del área de maniobras.
- **Distribución geográfica de las zonas de conflictos:** en lo referente a cada una de las zonas conflictivas del área de maniobras, cabe destacar:

#### 1. *Comparación de zonas conflictivas entre los modelos 1-2020-bis (sat. en ángulo) y 2-2020-bis (sat. paralelos) para la Asignación 1.*

- ✓ El área denominada 1 en la *figura 3* correspondiente al mapa de conflictos del modelo “satélites en ángulo” ha pasado en el modelo “paralelo” a convertirse en dos nuevas áreas 1.a y 1.b (*figura 4*). Esta zona de conflicto situada en la esquina Noroeste del satélite 2 para el modelo 1-2020-bis (satélites en ángulo) ha visto disminuido el número de conflictos porque anteriormente era uno de los puntos de acceso de las llegadas por la pista 33L (a la derecha) hacia el Satélite 1, además de incorporación de las salidas desde el Satélite 2 hacia las pistas 36L/R. En el nuevo modelo, las llegadas a las que se hace referencia, tienen la opción de utilizar una calle adicional Oeste-Este para acceder al satélite 2, lo que libera en parte de tráfico las áreas 1.a y 1.b. Otro factor importante respecto a esta disminución es que el n° de movimientos en el satélite 2 se ha reducido del modelo en ángulo al paralelo en un 17.6%, ya que se han eliminado posiciones remotas en dicho satélite.
- ✓ La disminución de la conflictividad del área 2 de un modelo a otro, para la asignación 1, es originada también por el mejor acceso de las llegadas desde la pista 33L hacia el satélite 2 con la consiguiente disminución en el número de incorporaciones de estas llegadas al flujo principal W-E que separa los dos edificios satélites.

#### 2. *Comparación de zonas conflictivas entre las asignaciones 1 y 2 del modelo 2-2020-bis (sat. paralelos) (fig. 4 y 5).*





- ✓ Las principales diferencias en cuanto a conflictos entre las dos asignaciones de compañías del modelo “Satélites paralelos” son:
- Reducción del número de conflictos en el acceso oeste a la cabecera de despegue de la pista 36L (área 4) debido a que se ha reducido el número de vuelos domésticos en el NAT, trasladándose parte de ellos al satélite 1.
  - Disminución de conflictos en el área denominada 3 (*fig. 4 y 5*) dado que parte del tráfico que antes procedía del NAT hacia la pista de despegue 36R, ahora lo hace directamente desde el satélite 1.
  - El n° de conflictos detectados para la asignación 2 en el área denominada 2, ha aumentado debido a que el número de llegadas desde la pista 33L con destino a los estacionamientos del satélite 1 también se ha incrementado.
  - El n° de conflictos detectado en el acceso a la cabecera de despegue 36R (área 5) ha aumentado considerablemente para la asignación 2 porque al disminuir la distancias de recorrido de muchos vuelos procedentes, ahora del satélite 1, aumenta la posibilidad de formación de colas de espera en las proximidades de la cabecera.
  - El resultado final es una reducción del número total de conflictos en el modelo 2-2020-bis (satélites paralelos). Para el modelo de satélites paralelos, las dos asignaciones de compañías analizadas no suponen una variación apreciable en el número total de conflictos (*figura 7*).



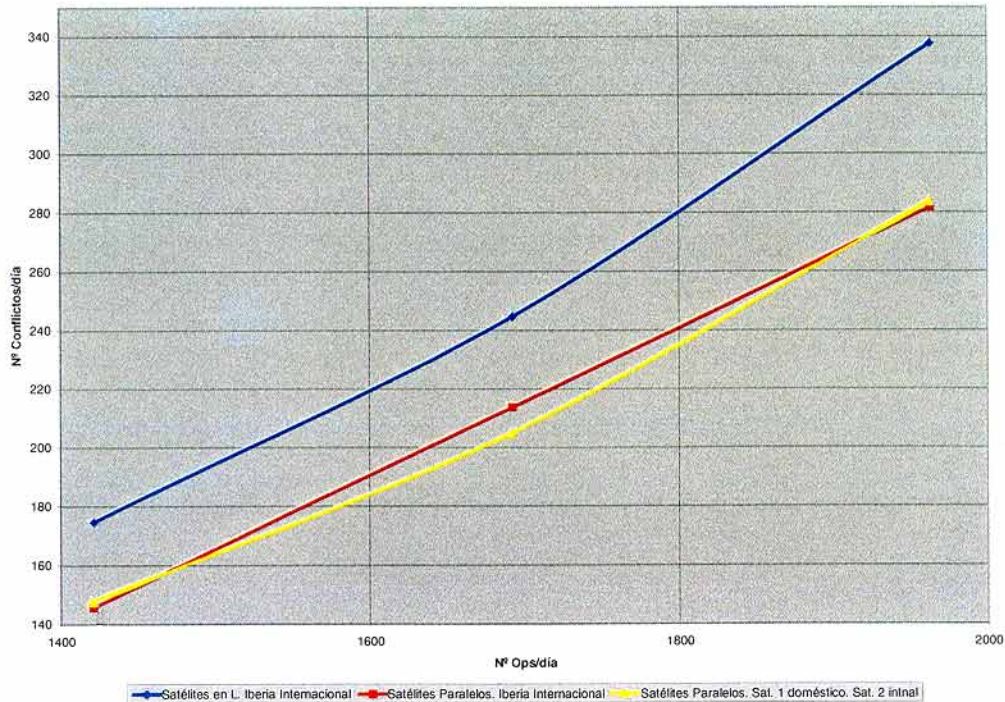
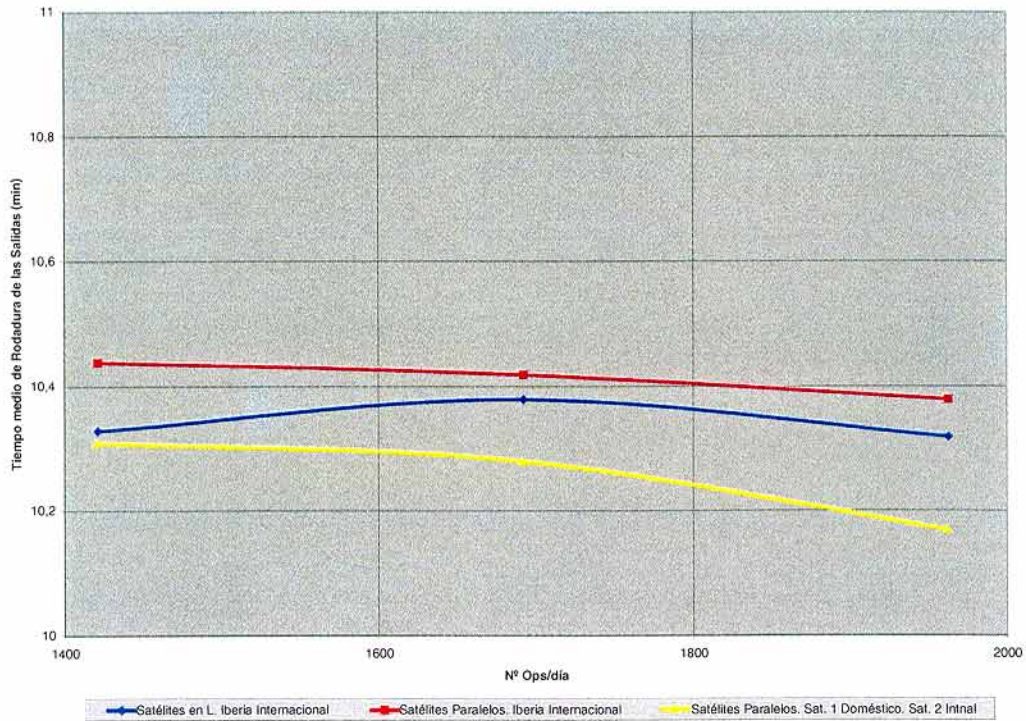


Figura 7.- Evolución de los Conflictos en el Área de Maniobras

- **Tiempo de rodadura de las salidas.**

- Los tiempos de rodadura de las salidas es el único parámetro que empeora al pasar de una configuración de satélites en ángulo a otra en paralelo con asignación de estacionamientos tipo 1 (figura 8). Uno de los motivos por los cuales esto ocurre es porque el satélite 2 del modelo en paralelo se encuentra más alejado de la cabecera de la pista de salida 36L que el modelo en ángulo.





**Figura 8.- Tiempos Medios de Rodadura de las Salidas**

- Como se aprecia en la *tabla 3* los tiempos de rodadura de las salidas por la pista 36R apenas varían de un modelo a otro mientras que en la pista 36L aumentan lo suficiente como para que el tiempo de rodadura total de las salidas se haya incrementado en el modelo de satélites paralelos.

TIEMPOS DE RODADURA DE LAS SALIDAS (min)		
1691 ops./día (Asignación 1)	36R	36L
MODELO “SATÉLITES EN ÁNGULO”	12.27	8.79
MODELO “SATÉLITES EN PARALELO”	12.29	8.85

**Tabla 3.- Tiempos de rodadura de las salidas por pista. Configuración Norte**







- Globalmente, la segunda asignación de estacionamientos propuesta disminuye los tiempos medios de rodadura de las salidas puesto que aumenta el número de vuelos domésticos que procedentes del NAT han emigrado a las posiciones en el satélite 1. En la tabla 4 se muestran los valores por pista de los tiempos de rodadura de las salidas para cada una de las asignaciones propuestas.

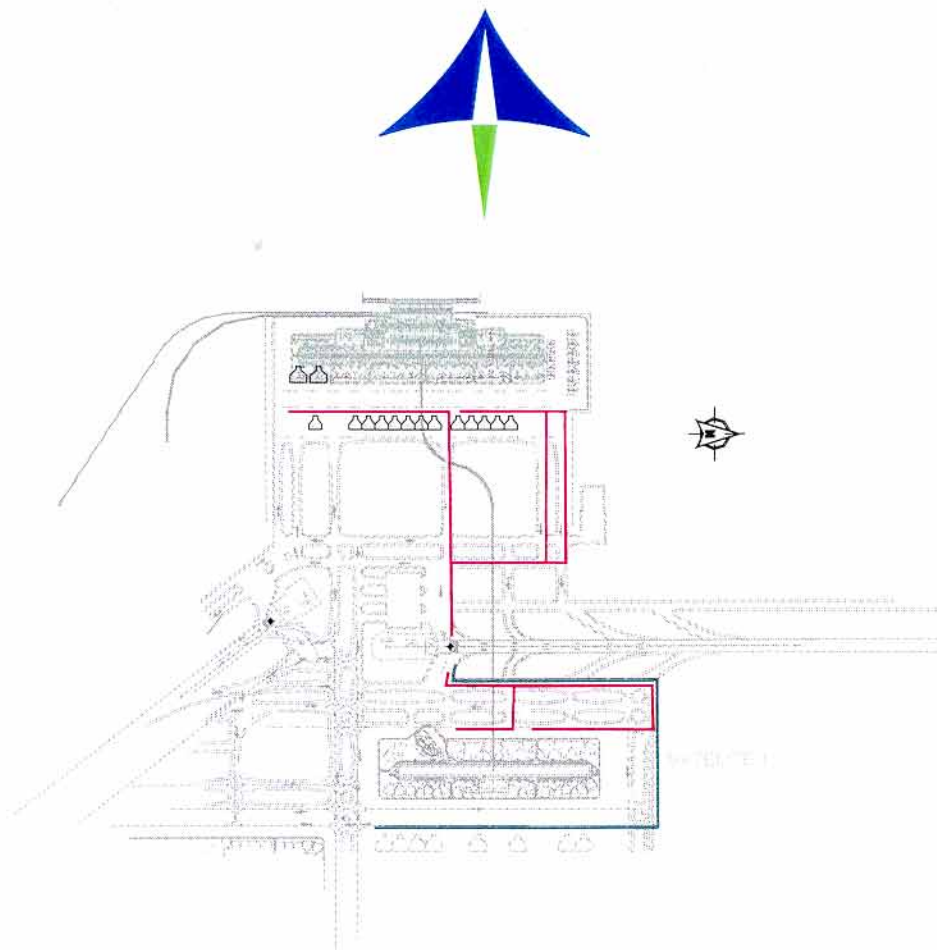
TIEMPOS DE RODADURA DE LAS SALIDAS (min)		
1691 ops./día	36R	36L
MODELO "SATÉLITES EN PARALELO". Asignación 1	12.29	8.85
MODELO "SATÉLITES EN PARALELO". Asignación 2	11.83	8.97

**Tabla 4.- Tiempos de rodadura de las salidas por pista. Configuración Norte**

El motivo por el cual ha habido una disminución del tiempo global de rodadura de la asignación 1 a la 2 es el resultado final de dos efectos opuestos:

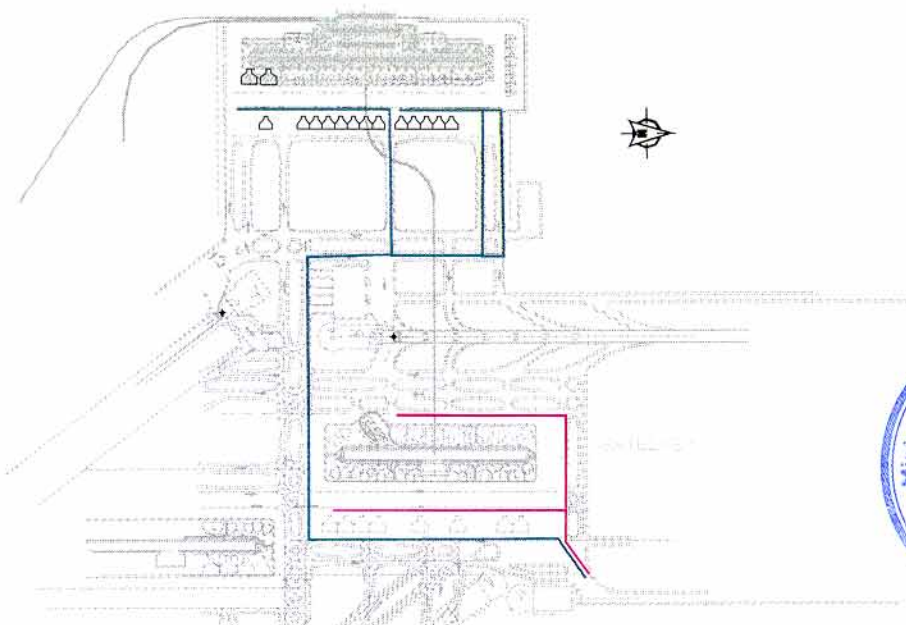
- Las posiciones situadas al Oeste del satélite 1 tienen fácil acceso a la cabecera 36L, así como las procedentes del NAT; por el contrario las posiciones al Este del satélite 1 están obligadas a recorrer largas distancias (rodean todo el satélite 1) hasta llegar al umbral 36L (*figura 9*). Por tanto el hecho de trasladar más tráfico doméstico desde el NAT al satélite 1 y consecuentemente a la cara Este, es un factor que influye negativamente en la rodadura de esta nueva asignación.



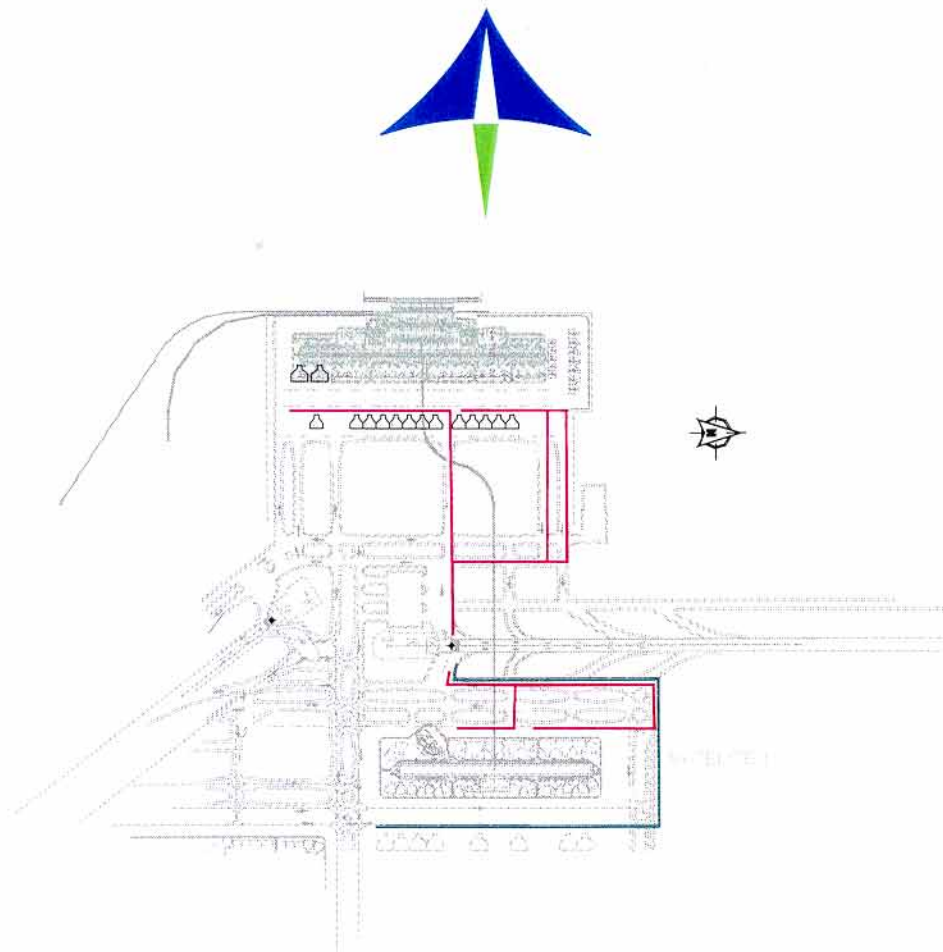


**Figura 9.- Distancias de recorrido de las salidas por la pista 36L**

- La desventaja que supone el aumento de los tiempos de rodadura hacia la pista 36L se ve compensado por la considerable disminución de la rodadura para las salidas por la pista 36R (*figura 10*). En este caso el hecho de que los vuelos Domésticos pasen al Sat 1, en la Asignación 2, es beneficioso, ya que las distancias recorridas por las aeronaves que antes procedían del NAT son mayores que las recorridas por las aeronaves procedentes del satélite 1, las cuales tienen un fácil acceso a la

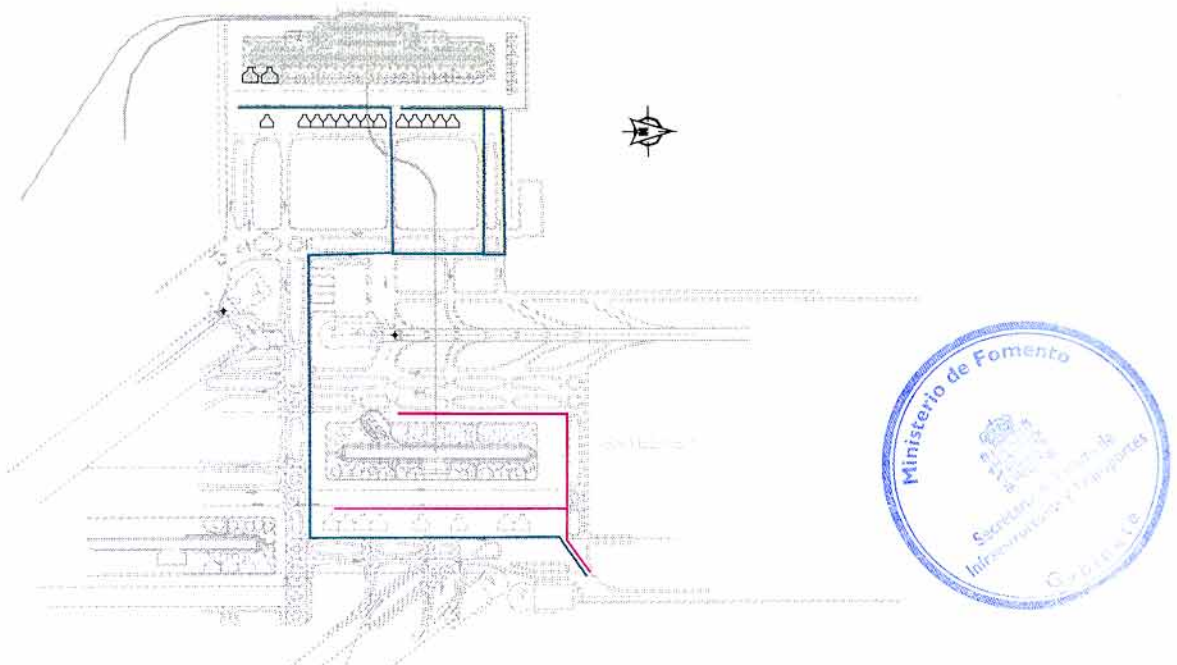


**Figura 10.- Distancias de recorrido de las salidas por la pista 36R**



**Figura 9.- Distancias de recorrido de las salidas por la pista 36L**

- La desventaja que supone el aumento de los tiempos de rodadura hacia la pista 36L se ve compensado por la considerable disminución de la rodadura para las salidas por la pista 36R (*figura 10*). En este caso el hecho de que los vuelos Domésticos pasen al Sat 1, en la Asignación 2, es beneficioso, ya que las distancias recorridas por las aeronaves que antes procedían del NAT son mayores que las recorridas por las aeronaves procedentes del satélite 1, las cuales tienen un fácil acceso a la



**Figura 10.- Distancias de recorrido de las salidas por la pista 36R**

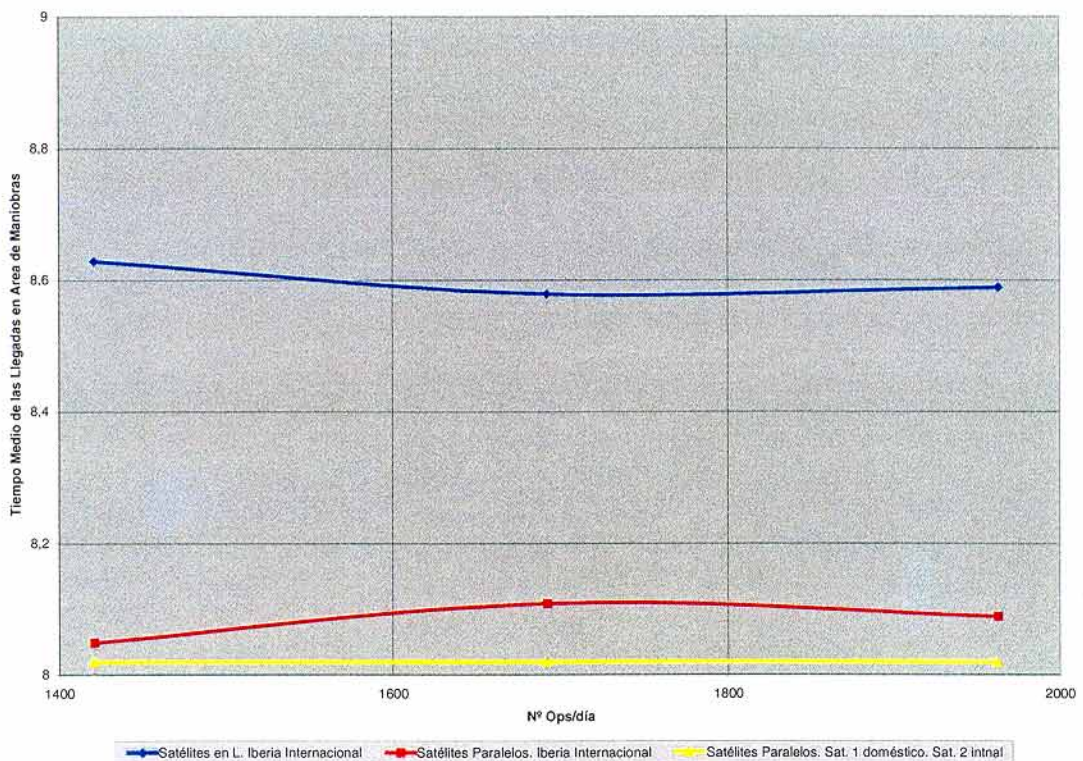




cabecera 36R, ya vengan de la cara Este u Oeste.

- **Tiempos medios de las llegadas**

- Los tiempos medios de las llegadas en el área de maniobras disminuyen del modelo “satélites en ángulo” al modelo “satélites en paralelo” (figura 11) porque como ya se ha mencionado con anterioridad en el apartado referente al número de conflictos totales, ha mejorado el acceso de las llegadas por las pistas 33R/L hacia el satélite situado más al sur. Este hecho produce una mayor segregación entre los flujos de llegada y salida, y además, una disminución de los tiempos medios de llegada.

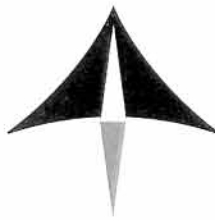


**Figura 11.- Tiempo de las Llegadas (Rodadura + Demora en Rodadura) en Área de Maniobras**

A continuación, en la *tabla 5* se presentan los valores de los tiempos empleados en la rodadura, incluidas las demoras, para cada una de las pistas de llegada.







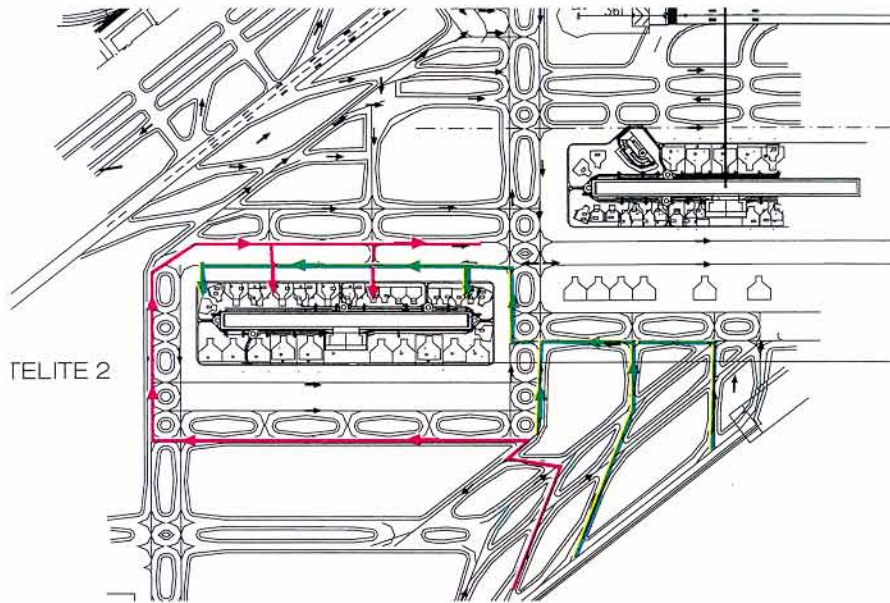
TIEMPOS DE LLEGADA EN ÁREA DE MANIOBRAS (min) (incluidas demoras en rodadura)						
1691 ops./día (Asignación 1)	33R			33L		
MODELO “SATÉLITES EN ÁNGULO”	Cargas de tráfico					
	-15%	0%	+15%	-15%	0%	+15%
	10.45	10.38	10.46	6.32	6.31	6.24
MODELO “SATÉLITES EN PARALELO”	Cargas de tráfico					
	-15%	0%	+15%	-15%	0%	+15%
	9.88	9.87	9.87	5.74	5.9	5.86

**Tabla 5.- Tiempos de rodadura de las llegadas. Configuración Norte. Asignación 1**

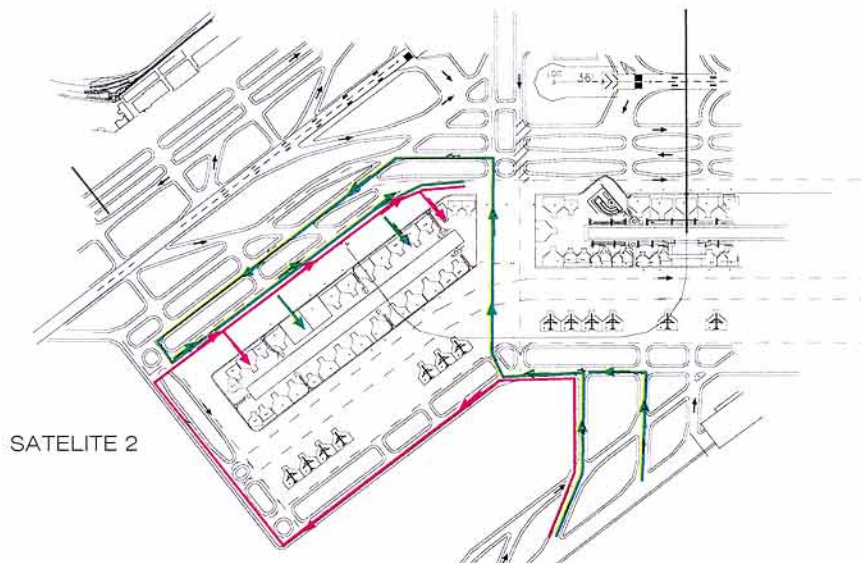
Según se observa en la *tabla 5* todos los valores del modelo “satélites en paralelo” mejoran respecto al modelo “en ángulo”.

- Otro factor importante a tener en cuenta relativo a los tiempos empleados por las llegadas desde la pista 33R hacia el satélite 2 es la desaparición de las posiciones remotas existentes en el modelo de satélites en ángulo. El hecho de que estas posiciones hayan desaparecido en el modelo de satélites paralelos supone la disminución del número de encuentros o interferencias entre las aeronaves que quieren estacionar en la cara Este del satélite 2 y las remotas que ruedan hacia las cabeceras de despegue 36R/L, por lo que se reducen las demoras en rodadura de dichas llegadas.
- Por último, se advierte que el acceso de las llegadas desde la pista 33R hacia la cara Oeste del satélite 2 es más directa en el modelo de satélites paralelos que en ángulo (*figuras 12 y 13*).





**Figura 12.- Distancias de recorrido de las llegadas por la pista 33R a la cara Oeste del satélite 2. Modelo 2-2020-bis (satélites en paralelo)**



**Figura 13.- Distancias de recorrido de las llegadas por la pista 33R a la cara Oeste del satélite 2 (satélites en ángulo)**

- Todos los factores anteriormente mencionados redundan en una apreciable disminución de los tiempos totales de rodadura para las llegadas en el área de maniobras del modelo paralelo.
- Al igual que sucede para el resto de parámetros, la asignación de vuelos de origen doméstico al satélite 1 disminuye los tiempos medios de las llegadas en el área de





movimientos. La explicación a esta disminución es debida a que los vuelos, Schengen y Nacionales, que antes estacionaban en el NAT ahora lo hacen en el satélite 1 viéndose considerablemente reducidas las distancias a recorrer, especialmente las llegadas desde la pista 33R. En la tabla 6 se presentan las mejoras obtenidas, por pista, en cuanto a rodadura, para ambas asignaciones.

<b>TIEMPOS DE LLEGADA EN ÁREA DE MANIOBRAS (min) (incluidas demoras en rodadura)</b>						
1691 ops./día	33R			33L		
<b>MODELO "SATÉLITES EN PARALELO". Asignación 1</b>	Cargas de tráfico					
	-15%	0%	+15%	-15%	0%	+15%
	9.88	9.87	9.87	5.74	5.9	5.86
<b>MODELO "SATÉLITES EN PARALELO". Asignación 2</b>	Cargas de tráfico					
	-15%	0%	+15%	-15%	0%	+15%
	9.67	9.65	9.66	5.94	5.94	5.95

**Tabla 6.- Tiempos de rodadura de las llegadas. Configuración Norte. Asignaciones 1 y 2**

**Demoras medias de las salidas demoradas:**

- Los valores de demora media de las salidas demoradas son muy similares en ambos modelos para niveles de tráfico iguales o inferiores al nominal (1691 ops./día) (*Figura 14*). A medida que el número de operaciones/día aumenta los valores de demora también aumentan siendo este crecimiento ligeramente más rápido para el modelo de satélites en ángulo. Los factores contrapuestos que conducen a que la diferencia no sea grande en este parámetro son:

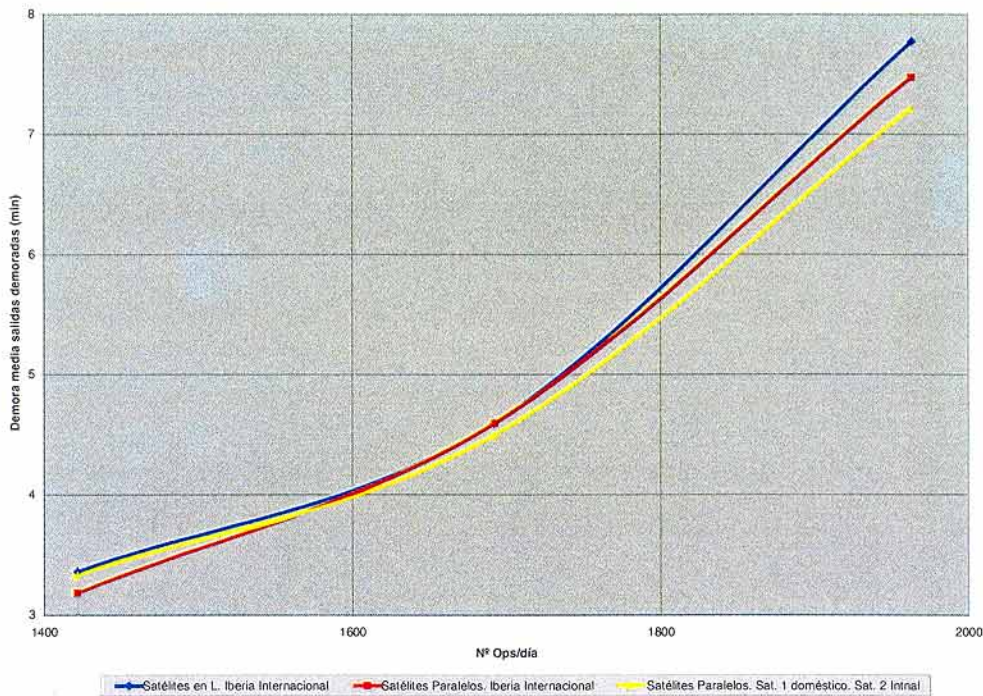
A favor de la reducción de demora se dan dos factores, el primero es la no existencia de posiciones remotas en el satélite 2, por lo que disminuye la posibilidad de demoras debidas a la interacción de la mezcla de salidas desde la cara Este del satélite 2 y las llegadas a esta misma zona de las aeronaves procedentes de la pista 33R, con las salidas de las posiciones remotas. El segundo factor es la mayor segregación de las llegadas por la derecha de la pista 33L con destino al satélite 2 (excepto las llegadas desde la última calle de salida rápida a la derecha), por tanto menores demoras por mezcla de flujos de llegada y salida.







El factor que influye en contra de la reducción de demora es que el satélite 2 se encuentra más lejos de la cabecera de despegue 36L, por tanto la probabilidad de demoras en la rodadura aumenta.

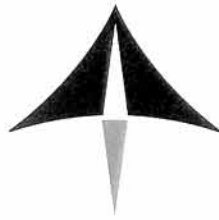


**Figura 14.- Demora media de las salidas demoradas**

- Como ocurre con el resto de parámetros la asignación de vuelos domésticos al satélite 1 disminuye los valores de demora media de los demorados, contribuyendo positivamente a mejorar la calidad global de operación del aeropuerto.
- El hecho de que para la segunda asignación de estacionamientos el número de vuelos doméstico y Schengen que antes venían del NAT haya disminuido a favor de un aumento de este tipo de vuelos en el satélite 1, disminuye los valores de demora media de las salidas demoradas al recortarse las distancias de recorrido de las aeronaves procedentes del NAT que iban a despegar por la pista 36R, siendo menor la posibilidad de interferencias con los flujos de llegada y salida del conjunto del aeropuerto. Como es sabido, el número de vuelos que utilizan el satélite 1 se ve incrementado notablemente de una asignación de estacionamientos a otra, siendo los valores de ocupación de ambos satélites los presentados en la *tabla 7*.







<b>N° OPS./DÍA</b> <b>Llegadas+Salidas</b>			
	<b>MODELO EN ÁNGULO</b>  / —	<b>MODELO PARALELO</b>  — —	
	<b>ASIGNACIÓN 1</b> <b>Satélite 1 (Internacional)</b> <b>Satélite 2 (Internacional)</b>	<b>ASIGNACIÓN 1</b> <b>Satélite 1 (Internacional)</b> <b>Satélite 2 (Internacional)</b>	<b>ASIGNACIÓN 2</b> <b>Satélite 1 (Internacional)</b> <b>Satélite 2</b> <b>(Nacional+Schengen)</b>
SATÉLITE 1	223	238	300
SATÉLITE 2	215	177	186

**Tabla 7.- Variación del n° ops./día en los satélites entre pistas según asignación de estacionamientos**



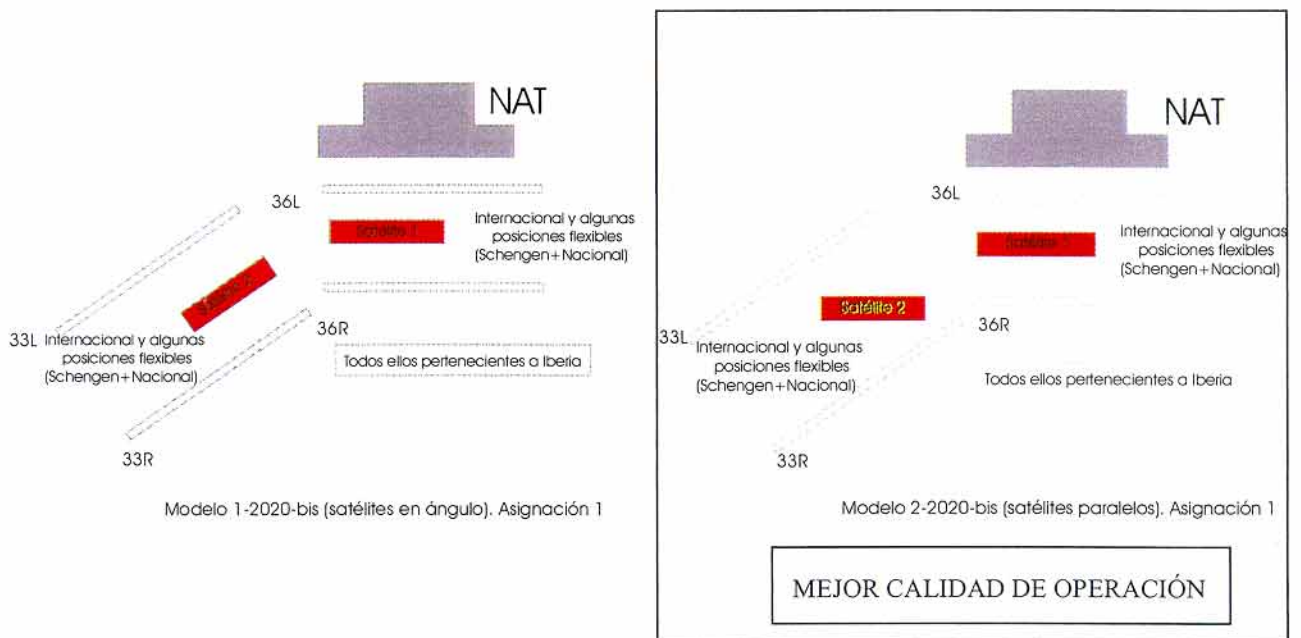


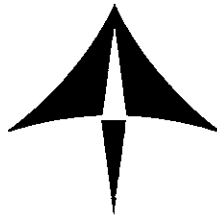
### 3.6.- Conclusiones

**Comparativa: modelo 1-2020-bis (satélites en ángulo) Asignación 1 v.s. modelo 2-2020-bis (satélites en paralelo) Asignación 1**

Analizados los resultados se puede concluir que:

- El modelo 2-2020-bis (dos satélites entre pistas paralelos) ofrece un nivel de calidad de operación superior al modelo 1-2020-bis (satélites entre pistas en ángulo) para un mismo tipo de asignación de estacionamientos.





- Comparando uno por uno los parámetros analizados se observa que:

**Conflictos:** El modelo 2-2020-bis (satélites paralelos) para la Asignación de estacionamientos 1 supone la reducción en un 13% del número de conflictos en rodadura respecto al modelo “Satélites en ángulo” para la misma asignación de tráfico.

**Demoras de las salidas:** los valores de demora permanecen iguales en ambos modelos.

**Tiempo de rodadura de las salidas:** el modelo 2-2020-bis (satélites en paralelo) implica, en general, recorridos de salida ligeramente superiores (0,4%) a los del modelo en ángulo.

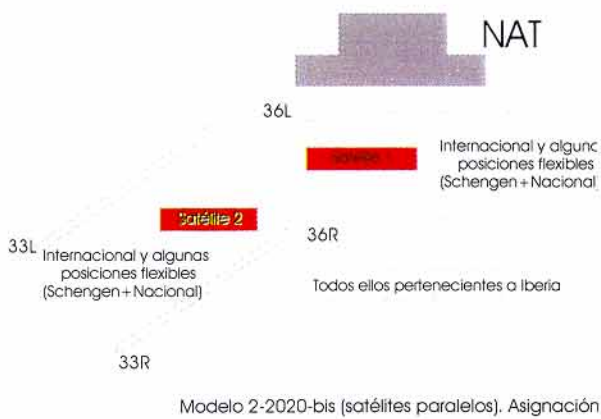
**Tiempo de las llegadas en área de maniobras:** en el modelo 2-2020-bis (satélites paralelos) estos tiempos son un 5.5% inferiores a los correspondientes al modelo 1-2020-bis (satélites en ángulo).

#### ***Comparativa modelo 2-2020-bis (satélites paralelos): Asignación 1 v.s. Asignación 2***

Analizando los datos que comparan para un mismo modelo dos asignaciones diferentes de estacionamientos se deduce que:

- El modelo 2-2020-bis (dos satélites entre pistas paralelos) presenta un nivel de calidad de operación superior con las asignaciones 1 o 2.





- Comparando uno por uno los parámetros analizados se observa que:

**Conflictos:** El número de conflictos no varía sustancialmente al pasar de una asignación a otra.

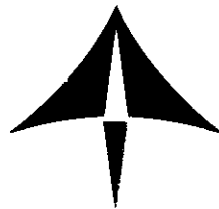
**Demoras de las salidas:** los valores de demora se reducen ligeramente de la asignación 1 a la asignación 2.

**Tiempo de rodadura de las salidas:** la asignación 1 inicial, implica, en general, recorridos de salida ligeramente superiores respecto a la asignación 2 posterior.

**Tiempo de las llegadas en área de maniobras:** La asignación de compañías 2 permite disminuir los tiempos de llegadas respecto a la asignación 1.







## **4.-ANÁLISIS CAPACIDAD/DEMORA DEL CONJUNTO AEROPUERTO/TMA.**

### **4.1.- Introducción**

El objeto de este estudio adicional es determinar el nivel de saturación de las operaciones en el futuro aeropuerto-TMA de Madrid-Barajas, para el modelo denominado 2-2020-bis (satélites entre pistas paralelos), atendiendo a los niveles de demora y calidad de servicio aceptables en la operación, tanto para los modelos de Configuración Norte como Sur

### **4.2.- Datos de partida**

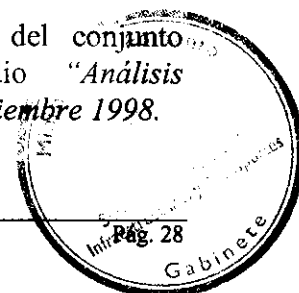
En esta 2ª Fase se determina el comportamiento previsible de la operación en el aeropuerto, y en particular, el punto de saturación de la operación del conjunto Aeropuerto-TMA en función de la demora admisible al considerar el escenario completo, con las siguientes premisas de operación:

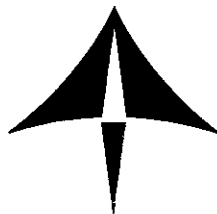
- Distribución de tráfico de acuerdo al perfil del día tipo (tráfico HUB), elaborado por Grupo FSAM y Oficina del Plan Barajas.
- Distribución de tráfico en pistas según origen, destino y rutas de llegada y salida del aeropuerto.
- Diseño detallado del área de maniobras.
- Políticas concretas de asignación de estacionamientos (se ha tenido en cuenta la futura política de alianzas internacionales de Iberia para una asignación tipo 2).
- Diseño detallado de las rutas y procedimientos operativos del TMA.

El tráfico corresponde a un día tipo con horizonte temporal 2020, con el adecuado reparto según rutas, que se incrementará progresivamente hasta los niveles de saturación y donde el aeropuerto de Madrid-Barajas funciona como un centro HUB.

### **4.3- Metodología de trabajo**

El método analítico empleado para el análisis Capacidad/Demora del conjunto Aeropuerto-TMA es el empleado anteriormente en el estudio "*Análisis Capacidad/Demora del Sistema Aeropuerto/TMA. FSAM caso C+B*", diciembre 1998.





#### **4.3.1.- Planteamiento y características particulares**

El objetivo buscado con este estudio es determinar el nivel de operación del conjunto Aeropuerto-TMA dentro de unos márgenes de calidad de servicio aceptables. A fin de que los resultados sean realistas, ha de tomarse una aproximación global que considere todos los efectos, tanto los debidos a la rodadura y estacionamientos como los propios de espacio aéreo con el consiguiente reparto de tráfico.

Los márgenes de calidad de servicio se establecen en función de las demoras admisibles, tanto en el lado tierra como en el lado aire de la operación. **Se establece como límite de admisibilidad que las demoras en el futuro desarrollo de Madrid-Barajas han de ser inferiores a las experimentadas en el escenario de referencia con 2 pistas cruzadas.**

Este criterio ha sido empleado con carácter general en las actividades de diseño y simulación de la 3ª pista de Madrid-Barajas, y en el asociado rediseño tanto de la rodadura y área de maniobras como del TMA; y como tal, validado por los diferentes grupos de trabajo del Plan ATM y FSAM.

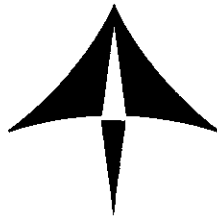
#### **4.3.2.- Parámetros objeto de análisis**

Los parámetros analizados son los siguientes:

##### **A) Conjunto Aeropuerto de Barajas-TMA:**

- **Parámetros principales:** con ellos se determina el nivel de tráfico para el que se produce saturación del conjunto Aeropuerto-TMA.
  - Valores de demora media en lado tierra, a lo largo del día, para las salidas. (Se tiene en cuenta la demora en cola de despegue, en rodadura y en estacionamiento por saturación de cola de despegue).
  - Número y porcentaje sobre el total de salidas demoradas en tierra. Se consideran como tales aquellas con demora superior a 1 minuto.
  - Demora media en Espacio Aéreo de las llegadas. Se especifican los valores correspondientes a las llegadas a cada pista por separado y para el total de llegadas.
  - Perfiles, a lo largo del día, de la relación Demanda/Flujo de llegadas y salidas a Barajas. (Es decir, la relación entre las aeronaves que tienen previsto el uso de la pista y las aeronaves que realmente pudieron hacer uso de ella en el intervalo horario previsto).





- **Parámetros secundarios:** pretenden aportar información adicional acerca del funcionamiento del sistema.
  - Tiempos nominales de rodadura en Madrid-Barajas para llegadas y salidas.

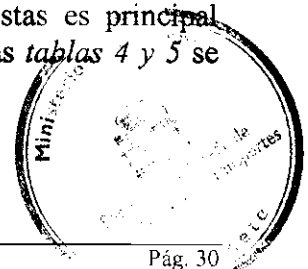
#### **4.3.3.- Límites de admisibilidad de los parámetros principales**

El nivel de tráfico aceptable desde el punto de vista operativo (dado en nº de ops/día, en perfil horario y en hora punta) se determina a partir de los parámetros denominados principales al imponerles unos límites de admisibilidad. Los criterios de admisibilidad son fijados en los estudios para la construcción de la 3ª pista, cuantificados por la DDSNA en el documento “*Simulación del Área de Maniobras en el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas*” junio 1997, y validados por el “Grupo de Movimientos de Aeronaves en Superficie” del Plan ATM.

En este informe se establece como límite para futuros desarrollos del Aeropuerto los niveles de demora experimentados por el Aeropuerto con 2 pistas cruzadas y un nivel de tráfico de 783 ops/día y perfil horario de día tipo. Estos son:

- **Demora media de las salidas en el área de maniobras: 4.0-4.5 min.** de demora media por aeronave y día. De forma adicional se consideraría como límite el punto de inflexión de la curva de demora media.
- **Proporción (%) de salidas demoradas más de 1 minuto en el área de maniobras (salidas demoradas):** se considera un margen comprendido entre el 60-70% de todas las salidas, es decir, 2/3 o más de las salidas experimentan demoras apreciables en el área de maniobras.
- **Demora media, en espacio aéreo, de las llegadas:** debido al desequilibrio existente entre los flujos absorbidos por las 2 pistas de aterrizaje de cada configuración, se fija como límite el **punto de inflexión para el que se dispara el ritmo de crecimiento** de esta demora al incrementarse el tráfico.

De acuerdo a los límites impuestos a los tres primeros parámetros fundamentales se determinará el nivel de operación del conjunto TMA-Aeropuerto en ambas Configuraciones (Norte y Sur). Estos límites deben entenderse como un conjunto, es decir, que para considerar que el sistema se encuentra saturado no basta con que uno de ellos, de manera aislada, supere su límite, sino que será necesario el que varios de ellos sobrepasen los valores fijados. Una vez determinado el tráfico de saturación se comprobará mediante los perfiles de Demanda/Flujo cuál de las pistas es principal causante del estado de saturación de conjunto aeropuerto-TMA. En las *tablas 4 y 5* se resumen los parámetros principales y secundarios del análisis.





PARÁMETROS PRINCIPALES	LÍMITES DE ADMISIBILIDAD
Demora media de las salidas en el área de maniobras	4.0-4.5 minutos/aeronave
Proporción de salidas demoradas más de 1 min. en área maniobras	60-70%
Demora media de las llegadas en espacio aéreo	Aumento del ritmo de crecimiento de la demora al aumentar el tráfico

**Tabla 4.- Parámetros Principales y Límites Admisibilidad. Barajas-TMA.**

PARÁMETROS SECUNDARIOS	ÁREA DE APLICACIÓN
Tiempos nominales de rodadura de las llegadas y salidas	Área de maniobras de Barajas

**Tabla 5.- Parámetros Secundarios**

#### 4.3.4.- Descripción de los modelos.

Estos modelos incorporan al diseño del área de maniobras la estructura completa del diseño de TMA, con sus rutas de salida, llegada, puntos de divergencia en las salidas, alimentadores en las llegadas, rangos de velocidades, procedimientos de control y reglas de separación.

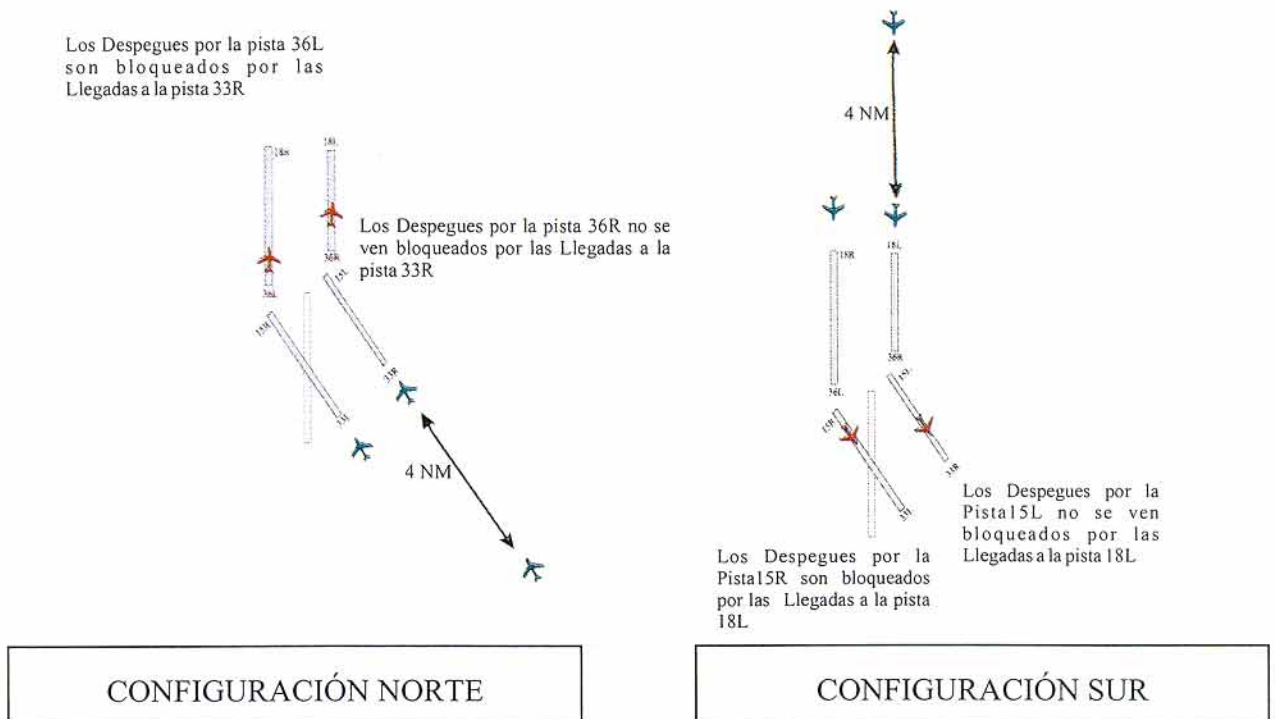
Configuración LEMD	Modelos	Nº Pistas LEMD operat.+inact.	Configuración de Pistas LEMD	Configuración de Terminales
NORTE	C+B II-bis Satélites paralelos	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 36 L Dep</li> <li>• 36 R Dep</li> <li>• 33 L Arr</li> <li>• 33 R Arr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma actual</li> <li>• NAT</li> <li>• 2 Satélites entre pistas paralelos</li> </ul>
SUR	C+B II-bis Satélites paralelos	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 L Dep</li> <li>• 15 R Dep</li> <li>• 18 L Arr</li> <li>• 18 R Arr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma actual</li> <li>• NAT</li> <li>• 2 Satélites entre pistas paralelos</li> </ul>

**Tabla 6.- Descripción de los Modelos del Estudio**

La dependencia entre pistas para las operaciones de llegada y salida se resumen en la figura 6 para Configuración Norte y Sur, respectivamente.





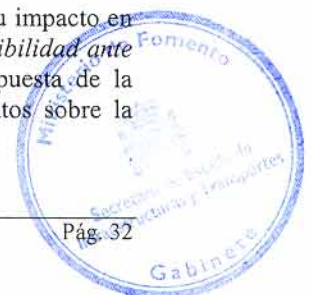


**Figura 6.- Descripción de los modelos. Bloqueos entre pistas<sup>1</sup>**

#### 4.3.5.- Cargas de tráfico

La carga de tráfico empleada en el análisis del nivel de demora y conflictos corresponde a un día tipo con horizonte temporal 2020, adaptado a las nuevas pistas (procurando el máximo nivel de equilibrio posible entre éstas) e incrementado de forma uniforme hasta el número de operaciones totales necesario para saturar el conjunto aeropuerto-TMA (Tabla 7).

<sup>1</sup> Los procedimientos empleados son diferentes de los considerados en anteriores estudios. Su impacto en la operación del conjunto Aeropuerto-TMA ya fue analizado en el estudio “Análisis de Sensibilidad ante Variaciones en los Procedimientos Operativos. FSAM caso C+B”, febrero 1999, a propuesta de la División ATS de la Dirección Regional Centro. El impacto de esos nuevos procedimientos sobre la capacidad del sistema es muy reducido si se compara con los considerados anteriormente.





CONFIGURACIÓN NORTE				
Carga Tráfico	LLEGADAS		SALIDAS	
1691 Op/día	33L(44.12%)	33R (55.88%)	36L(54.25%)	36R (45.75%)
CONFIGURACIÓN SUR				
Carga Tráfico	LLEGADAS		SALIDAS	
1691 Op/día	18L(68.58%)	18R (31.42%)	15L(42.70%)	15R (57.30%)

**Tabla 7.- Distribución de las Operaciones del Día Tipo original en Barajas.**

NIVELES NOMINALES DE TRÁFICO.							
Nº de Ops/día en Barajas							
<b>Conf. Norte</b>	1513 (-10%)	1691 (0%)	1790 (6%)	1869 (10%)	1962 (15%)	2065 (21%)	2185 (28%)
<b>Conf. Sur</b>	1350 (-20%)	1593 (-5%)	1633 (-3%)	1691 (0%)	1790 (5%)	1869 (10%)	1962 (15%)

**Tabla 8.- Incrementos Nominales de Tráfico.**

Los porcentajes que aparecen en la tabla 8 corresponden a las proporciones en las que se ha aumentado o disminuido el número de vuelos respecto al día tipo original para poder conseguir el tráfico que satura el conjunto aeropuerto-TMA.

#### 4.4.- Resultados de las simulaciones

En los siguientes subapartados se presentan y analizan mediante tablas y figuras los resultados obtenidos:

- Parámetros principales.
- Parámetros secundarios.

##### 4.4.1.- Resultados de los parámetros principales

- **Demoras en área de maniobras de las salidas y proporción demoradas**

En la *Tabla 9* se recogen los valores correspondientes a los diversos niveles de tráfico nominales empleados.





Configuración Norte			
CARGA TRÁFICO NOMINAL	SALIDAS		
	DEMORA MEDIA (minutos) Límite: 4-4.5 min (rodadura+cola despegue+estacionamiento)	N° SALIDAS DEMORADAS Límite: 60%-70% N° OPS. / (% sobre el total)	DEMORA MEDIA DEMORADOS (minutos)
1513 Ops./día	1.4	294 (38.31%)	3.64
1691 Ops./día	2.13	386 (45.04%)	4.73
1790 Ops./día	2.95	456 (50.22%)	5.87
1869 Ops./día	3.48	497 (52.54%)	6.63
1962 Ops./día	4.14	569 (57.36%)	7.21
2065 Ops./día	5.32	626 (59.79%)	8.9
2185 Ops./día	7.88	731 (64.86%)	12.15

Configuración Sur			
CARGA TRÁFICO NOMINAL	SALIDAS		
	DEMORA MEDIA (minutos) Límite: 4-4.5 min (rodadura+cola despegue+estacionamiento)	N° SALIDAS DEMORADAS Límite: 60%-70% N° OPS. / (% sobre el total)	DEMORA MEDIA DEMORADOS (minutos)
1348 Ops./día	1.52	211 (30.83%)	4.92
1593 Ops./día	2.16	339 (41.85%)	5.17
1633 Ops./día	3.10	377 (45.48%)	6.82
1691 Ops./día	3.72	408 (47.61%)	7.82
1790 Ops./día	4.40	481 (53.21%)	8.27
1870 Ops./día	5.62	526 (55.54%)	10.11
1962 Ops./día	8.22	599 (60.20%)	13.65

**Tabla 9.- Valores de Demora en Área de Maniobras de las Salidas.**

Se puede comprobar que los límites de admisibilidad fijados para estos parámetros principales se alcanzan de la siguiente forma:

- El límite de admisibilidad de la demora media se alcanza con un nivel de 1962 ops./día en Configuración Norte y de 1691 ops./día en Configuración Sur.
- El límite de proporción de salidas demoradas más de 1 minuto, se alcanza en Configuración Norte para 2065 ops./día, aunque el valor obtenido para 1962 ops./día se aproxima bastante a dicho límite. En Configuración Sur el nivel de salidas demoradas permitido se alcanza para 1962 ops./h.
- Los valores obtenidos en Conf. Norte para este modelo de satélites paralelos son similares a los obtenidos para el modelo de satélites en ángulo. Sin embargo, en Conf. Sur tanto los valores de demora media como de n° de demorados han mejorado sensiblemente del modelo paralelo al modelo en ángulo.





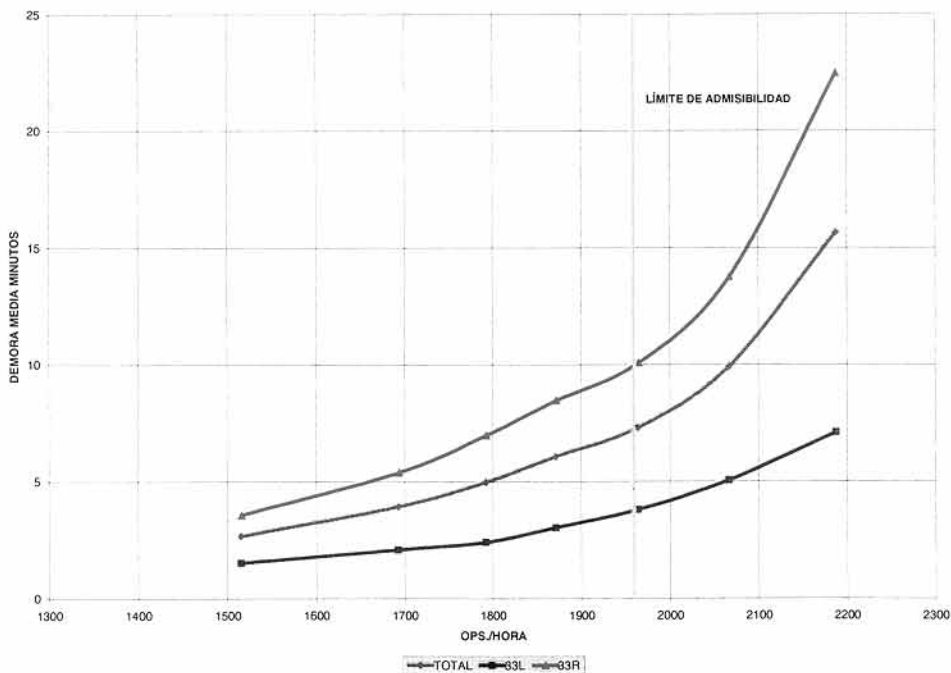
- **Demora media en espacio aéreo de las llegadas:**

La *Tabla 10* recoge los correspondientes valores de este parámetro principal.

Configuración Norte							
DEMORA MEDIA EN AIRE PARA LAS LLEGADAS(minutos)							
Nº Vuelos	1513	1691	1790	1869	1962	2065	2185
33L	1.56	2.12	2.45	3.07	3.84	5.09	7.13
33R	3.62	5.43	7.02	8.51	10.13	13.81	22.52
TOTAL	2.71	3.97	5.01	6.10	7.35	9.95	15.69
Configuración Sur							
DEMORA MEDIA EN AIRE PARA LAS LLEGADAS(minutos)							
Nº Vuelos	1348	1593	1633	1691	1790	1869	1962
18L	5.44	10.09	11.35	14.76	21.36	27.24	38.77
18R	0.6	0.76	0.78	0.81	0.97	1.11	1.47
TOTAL	3.93	7.15	8.03	10.38	14.97	19.08	26.96

**Tabla 10.- Demora Media de las Llegadas en Espacio Aéreo.**

En las *Figuras 7 y 8* se representa de manera gráfica esta información para Configuración Norte y Sur , respectivamente, siendo el límite de admisibilidad el punto de inflexión en la demora.

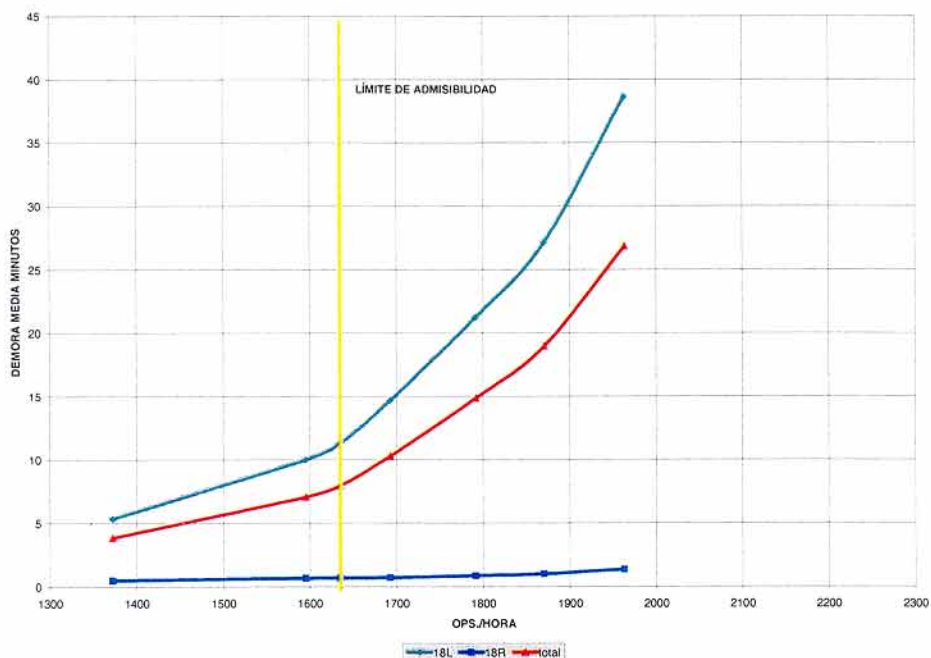


**Figura 7.- Demora Media en Espacio Aéreo de las Llegadas. Conf. Norte.**

De acuerdo a la *Figura 7* el límite de admisibilidad para la Configuración Norte marca las 1962 ops/día, que es el mismo nivel señalado por las demoras medias en área de maniobras de las salidas.







**Figura 8. Demora Media en Espacio Aéreo de las Llegadas. Conf. Sur.**

El valor de saturación para este parámetro en Configuración Sur viene marcado por las 1633 ops/día, valor que no coincide con los límites señalados por la demora media de las salidas en el área de maniobras. Se comprueba una vez más que los valores de espacio aéreo son determinantes respecto a las limitaciones del modelo estudiado, tal y como ocurriera en el análisis del modelo 1-2020-C+B-bis (satélites en ángulo) ya que de realizarse mejoras en la estructura de espacio aéreo se podrían alcanzar las 1691 operaciones diarias que establecen los parámetros de demora del área de movimientos para las salidas, respecto a los límites de admisibilidad establecidos.

- **Perfiles de demanda/flujo de las llegadas y salidas**

Se representan en la *tabla 11* la relación demanda/flujo para la carga de saturación en Configuración Norte correspondiente a 1962 ops/día, por ser éste el nivel de tráfico indicado por el resto de parámetros principales. Para este nivel de tráfico en Configuración Norte la pista de llegadas 33R experimenta problemas importantes de absorción completa de demanda en varias horas pico distribuidas a lo largo del día, no pudiendo absorber, para esta distribución de tráfico, más que 32 ops/h. La pista de llegadas 33L apenas presenta problemas de absorción, excepto en dos horas aisladas en las que se sobrepasa la capacidad práctica de esta pista que está en torno a las 30-33 ops/h, para esta programación de tráfico (*tabla 12*).



Las pistas de salida 36L/R no presentan problemas de absorción de la demanda. En las Figuras 9, 10, 11 y 12 se han representado los valores de demanda/flujo para cada una de las pistas.

Los valores de demanda y flujo son similares a los obtenidos para el modelo de satélites en ángulo dado que el nivel de tráfico de saturación es el mismo en Conf. Norte.

DEMANDA/FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE. 1962 OPS/DÍA								
HORA	Demanda 33L	Flujo 33L	Demanda 33R	Flujo 33R	Demanda 36L	Flujo 36L	Demanda 36R	Flujo 36R
0.00.00	2	2	9	9	6	6	2	2
1.00.00	3	3	6	6	5	5	3	3
2.00.00	4	4	7	7	2	2	0	0
3.00.00	7	7	8	8	6	6	1	1
4.00.00	7	7	13	13	11	11	8	8
5.00.00	37	32	26	26	31	30	22	22
6.00.00	22	26	18	16	42	39	36	33
7.00.00	21	21	27	28	38	42	35	36
8.00.00	34	33	48	32	25	26	24	27
9.00.00	27	28	18	30	40	38	31	27
10.00.00	19	20	18	20	33	35	30	33
11.00.00	13	12	10	13	17	17	14	14
12.00.00	29	29	39	29	26	26	10	10
13.00.00	18	17	22	30	29	28	25	23
14.00.00	7	7	29	28	33	33	23	24
15.00.00	12	12	23	24	22	23	25	26
16.00.00	32	30	38	32	15	15	19	19
17.00.00	21	23	24	27	25	25	27	26
18.00.00	19	19	33	31	34	33	30	30
19.00.00	31	31	23	27	19	19	22	24
20.00.00	37	32	43	30	26	27	17	17
21.00.00	17	23	36	32	20	20	23	22
22.00.00	6	6	14	30	29	28	13	14
23.00.00	4	4	9	12	9	10	9	8

**Tabla 12.- Relación Demanda/Flujo en Configuración Norte para un nivel de Tráfico de 1962 Ops/día**

El número de ops/hora realmente absorbidas (flujo) se representa en la *tabla 13* agrupando las operaciones también según el total de salidas, llegadas y global de operaciones.





FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE							
HORA	LLEGADAS		SALIDAS		TOTAL LLEGAD.	TOTAL SALIDAS	TOTAL MOVIMIEN.T.
	FLUJO 33L	FLUJO 33R	FLUJO 36L	FLUJO 36R			
0.00.00	2	9	6	2	11	8	19
1.00.00	3	6	5	3	9	8	17
2.00.00	4	7	2	0	11	2	13
3.00.00	7	8	6	1	15	7	22
4.00.00	7	13	11	8	20	19	39
5.00.00	32	26	30	22	58	52	110
6.00.00	26	16	39	33	42	72	114
7.00.00	21	28	42	36	49	78	127
8.00.00	33	32	26	27	65	53	118
9.00.00	28	30	38	27	58	65	123
10.00.00	20	20	35	33	40	68	108
11.00.00	12	13	17	14	25	31	56
12.00.00	29	29	26	10	58	36	94
13.00.00	17	30	28	23	47	51	98
14.00.00	7	28	33	24	35	57	92
15.00.00	12	24	23	26	36	49	85
16.00.00	30	32	15	19	62	34	96
17.00.00	23	27	25	26	50	51	101
18.00.00	19	31	33	30	50	63	113
19.00.00	31	27	19	24	58	43	101
20.00.00	32	30	27	17	62	44	106
21.00.00	23	32	20	22	55	42	97
22.00.00	6	30	28	14	36	42	78
23.00.00	4	12	10	8	16	18	34

**Tabla 13.- Valores de Flujo resultante en Configuración Norte para el Modelo de Saturación (1962 operaciones/día)**

El máximo de ops/hora se consigue con 127 movimientos a las 7:00 h, si bien a esa hora sólo las pistas de salida están al límite de su capacidad.

El máximo de operaciones de llegada es de 65 aterrizajes/hora a las 8:00h, mientras que para las salidas, el valor punta es de 72 despegues/hora a las 6:00 h.



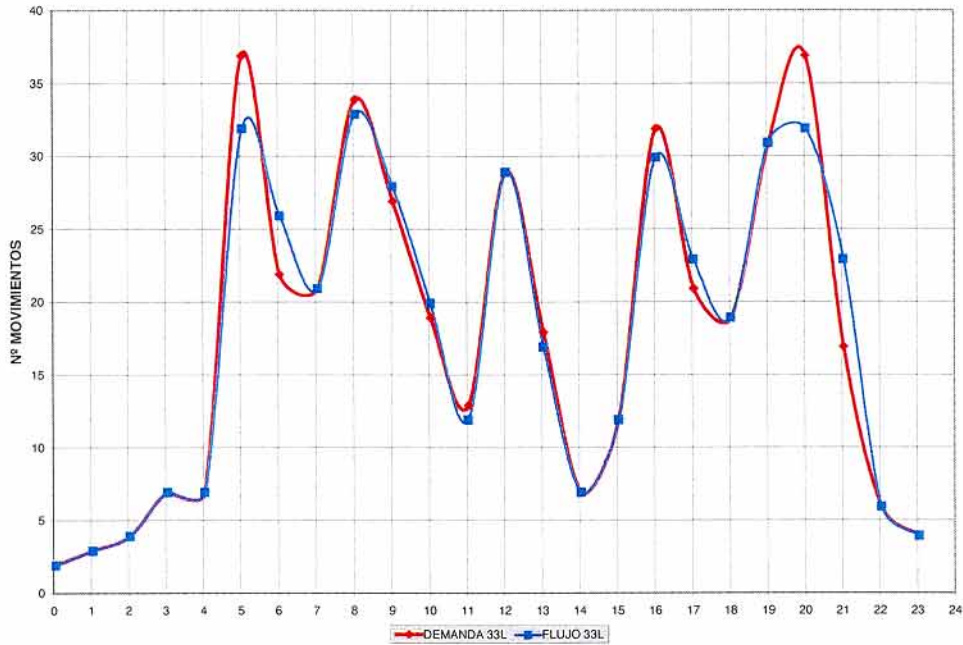


Figura 9.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Llegadas a la Pista 33L. Configuración Norte. 1962 ops/día

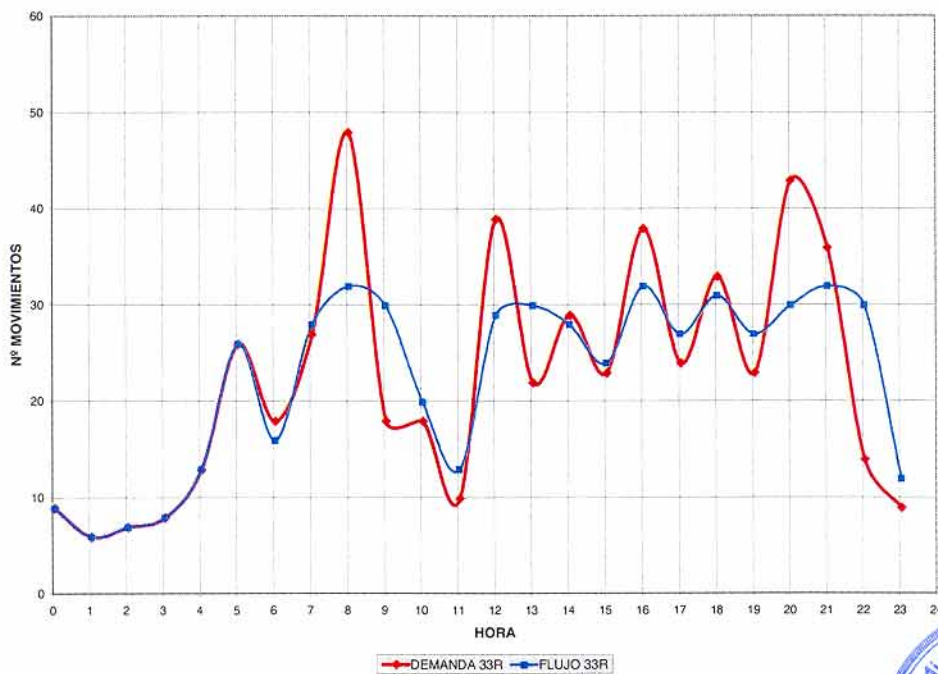
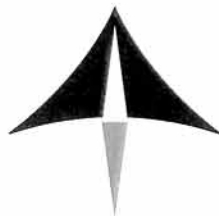


Figura 10.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Llegadas a la Pista 33R. Configuración Norte. 1962 ops/día



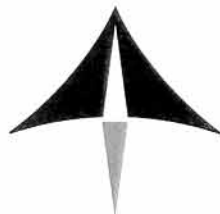


Se presentan en la *tabla 14* la relación demanda/flujo en Configuración Sur correspondiente a 1633 ops/día, por ser éste el nivel de tráfico de saturación indicado por los parámetros principales ya analizados. Para este nivel de tráfico la pista de llegadas 18L, que es la que soporta una mayor carga de tráfico, experimenta problemas importantes de absorción completa de la demanda en varias horas alternas. Por el contrario el resto de pistas tanto de llegadas como de salidas no presentan problema alguno de absorción. En las *figuras 13, 14, 15 y 16* se representa de manera gráfica los perfiles de Demanda/Flujo para cada pista a lo largo del día.

DEMANDA/FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN SUR								
HORA	Deman 18L	Flujo 18L	Deman 18R	Flujo 18R	Deman 15L	Flujo 15L	Deman 15R	Flujo 15R
0.00.00	7	7	3	3	2	2	5	5
1.00.00	5	5	3	3	3	3	5	5
2.00.00	8	8	2	2	1	1	1	1
3.00.00	12	12	2	2	2	2	4	4
4.00.00	12	12	4	4	8	8	7	7
5.00.00	27	27	26	26	18	18	28	25
6.00.00	22	20	8	9	30	27	35	33
7.00.00	28	26	19	19	20	22	35	34
8.00.00	43	32	21	20	22	23	23	27
9.00.00	24	31	13	13	32	29	34	31
10.00.00	24	28	9	9	17	20	28	33
11.00.00	13	17	4	4	16	16	10	11
12.00.00	43	32	13	13	6	6	25	25
13.00.00	21	30	12	12	25	21	26	24
14.00.00	28	28	6	6	17	20	28	29
15.00.00	18	18	11	11	21	21	16	18
16.00.00	38	30	18	18	9	9	20	20
17.00.00	25	29	8	8	21	21	22	21
18.00.00	31	30	15	15	21	21	32	31
19.00.00	31	31	10	10	18	18	17	18
20.00.00	43	32	23	22	12	12	25	26
21.00.00	31	31	14	15	19	18	17	17
22.00.00	12	28	6	6	10	11	24	23
23.00.00	8	9	2	2	6	4	5	6

**Tabla 14.- Relación Demanda/Flujo en Conf. Sur para un Nivel de Tráfico de 1633 Movimientos/Día**

Como también sucediera en Conf. Norte los valores horarios de demanda/flujo son similares a sus homólogos en el modelo de satélites en ángulo, ya que la saturación del conjunto aeropuerto-TMA se alcanza para el mismo número de operaciones debido a las restricciones presentadas en espacio aéreo.



El número de ops/hora realmente absorbidas (flujo) aparece en la *tabla 15*, agrupando las operaciones según llegadas, salidas por cada pista y global de operaciones.

FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN SUR							
HORA	LLEGADAS		SALIDAS		TOTAL LLEGAD	TOTAL SALIDAS	TOTAL MOVIMIEN.
	FLUJO 18L	FLUJO 18R	FLUJO 15L	FLUJO 15R			
0.00.00	7	3	2	5	10	7	17
1.00.00	5	3	3	5	8	8	16
2.00.00	8	2	1	1	10	2	12
3.00.00	12	2	2	4	14	6	20
4.00.00	12	4	8	7	16	15	31
5.00.00	27	26	18	25	53	43	96
6.00.00	20	9	27	33	29	60	89
7.00.00	26	19	22	34	45	56	101
8.00.00	32	20	23	27	52	50	102
9.00.00	31	13	29	31	44	60	104
10.00.00	28	9	20	33	37	53	90
11.00.00	17	4	16	11	21	27	48
12.00.00	32	13	6	25	45	31	76
13.00.00	30	12	21	24	42	45	87
14.00.00	28	6	20	29	34	49	83
15.00.00	18	11	21	18	29	39	68
16.00.00	30	18	9	20	48	29	77
17.00.00	29	8	21	21	37	42	79
18.00.00	30	15	21	31	45	52	97
19.00.00	31	10	18	18	41	36	77
20.00.00	32	22	12	26	54	38	92
21.00.00	31	15	18	17	46	35	81
22.00.00	28	6	11	23	34	34	68
23.00.00	9	2	4	6	11	10	21

**Tabla 15.- Valores de Flujo Resultante en Configuración Sur para el Modelo de Saturación (1633 Operaciones/Día)**

El máximo de ops/hora se consigue con 104 movimientos a las 9:00 h, aunque las pistas 18R y 15R no se encuentran al límite de su capacidad.

El máximo de operaciones de llegada es de 54 aterrizajes/hora a las 20:00h, mientras que para las salidas, el valor punta es de 60 despegues/hora en dos horas alternas (6:00 h -9:00h).

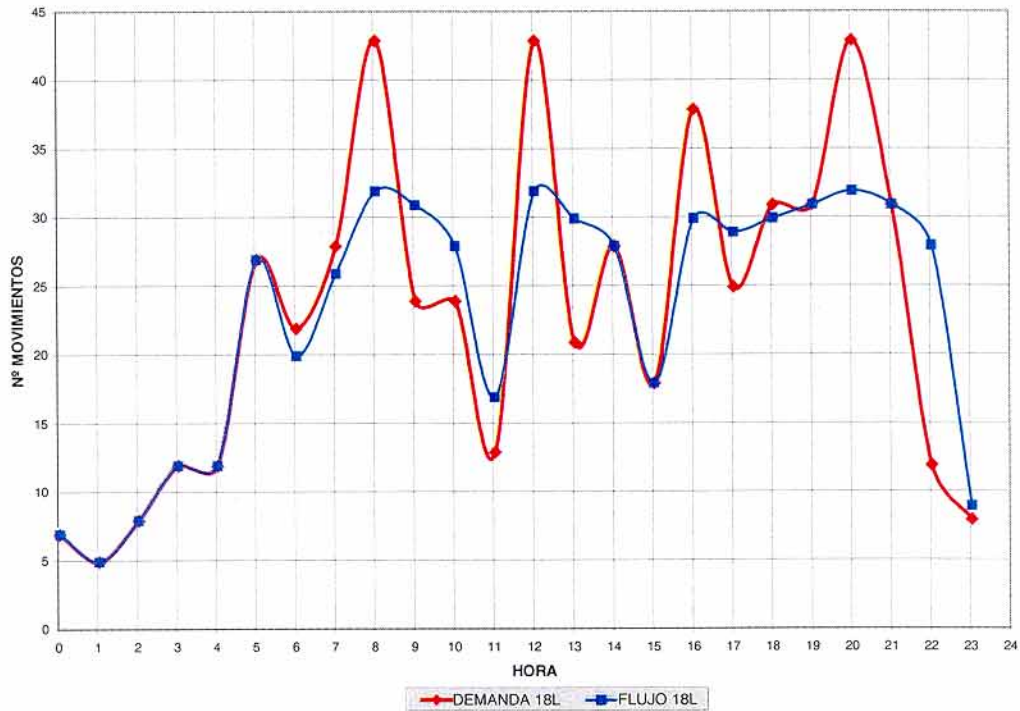


Figura 13.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Llegadas a la Pista 18L. Configuración Sur. 1633 Movimientos/Día.

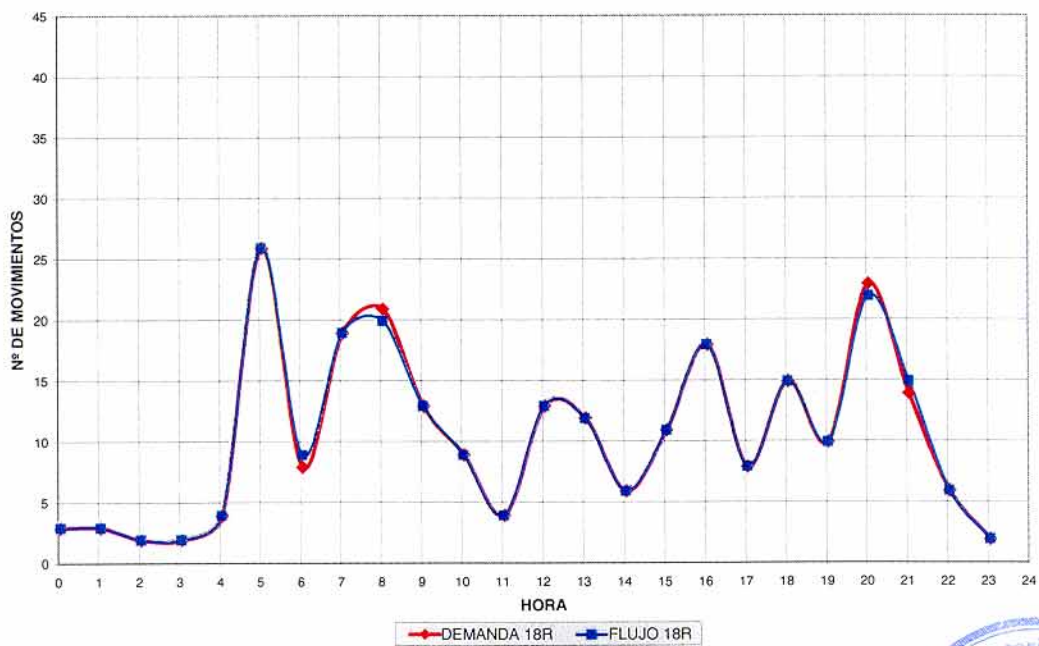
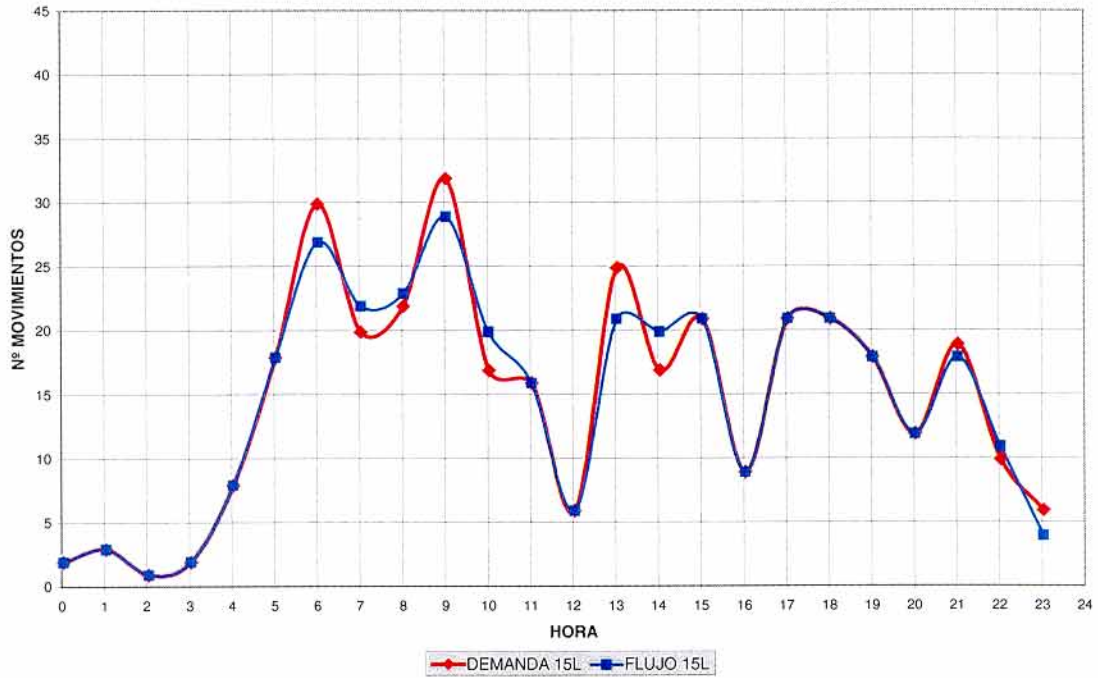
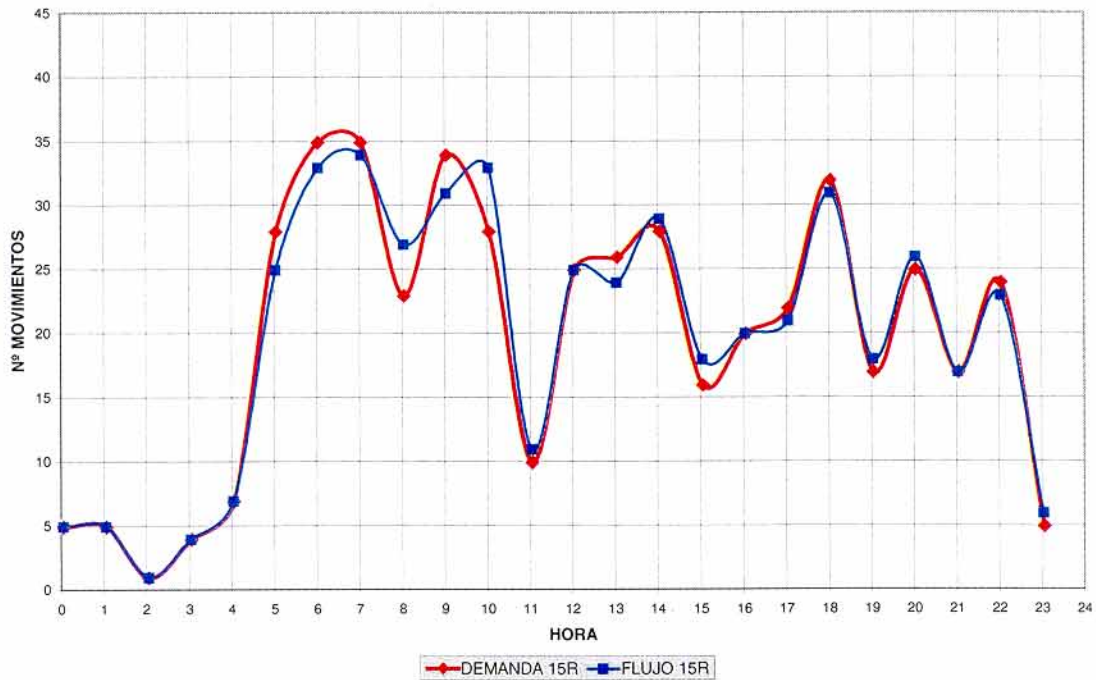


Figura 14.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Llegadas a la Pista 18R. Configuración Sur. 1633 Movimientos/Día.

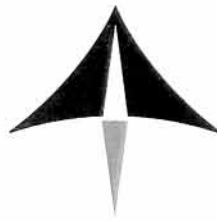


**Figura 15.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Salidas de la Pista 15L. Configuración Sur. 1633 Movimientos/Día.**



**Figura 16.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Salidas de la Pista 15R. Configuración Sur. 1633 Movimientos/Día.**





#### 4.4.2.- Parámetros secundarios

Estos parámetros tienen el objetivo de aportar información adicional acerca del comportamiento del conjunto Aeropuerto-TMA una vez determinado el punto de saturación.

##### 4.4.2.1.- Configuración Norte

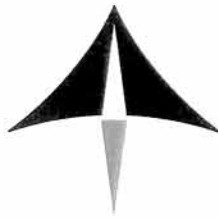
- **Tiempos nominales de recorrido en rodadura**

En la *tabla 16* se muestran los tiempos nominales de rodadura (es decir, tiempos de recorridos, descontando las posibles demoras, entre pista de aterrizaje y estacionamiento o entre estacionamiento y pista de despegue).

LLEGADAS			SALIDAS		
PISTA 33L	PISTA 33R	OPERACIONES GLOBALES	PISTA 36L	PISTA 36R	OPERACIONES GLOBALES
5.87 minutos	9.59 minutos	7.96 minutos	8.9 minutos	11.7 minutos	10.18 minutos

**Tabla 16.- Tiempos Nominales de Rodadura de las Operaciones de Llegada y Salida. Configuración Norte.**

- Como ya quedara comprobado en el estudio de rodadura del área de maniobras, los tiempos nominales de rodadura de la pista de llegadas 33R son superior a los de la 33L debido a que las distancias de recorrido desde esta primera hacia el NAT y la plataforma Sur actual son muy grandes.
- La pista 36R presenta mayores tiempos de rodadura ya que la mayoría de posiciones de estacionamiento (NAT y plataforma actual) se encuentran muy alejadas de dicha pista.
- En general, los tiempos empleados en la rodadura para las llegadas y salidas han mejorado considerablemente respecto a los obtenidos en el estudio anterior [1] que presentaba una disposición de satélites en ángulo. Por supuesto el hecho de haber modificado las asignaciones de vuelos de la compañía Iberia en los satélites 1 y 2 ha contribuido también a la mejora de este parámetro secundario.



#### 4.4.2.2.- Configuración Sur

- **Tiempos nominales de recorrido en rodadura**

En la *tabla 17* se muestran los tiempos nominales de rodadura (es decir, tiempos de recorrido, descontando las posibles demoras, entre pista de aterrizaje y estacionamiento o entre estacionamiento y pista de despegue).

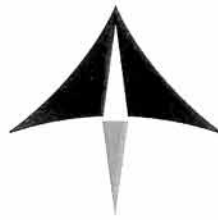
LLEGADAS			SALIDAS		
PISTA 18L	PISTA 18R	OPERACIONES GLOBALES	PISTA 15L	PISTA 15R	OPERACIONES GLOBALES
11.13 minutos	7.05 minutos	9.85 minutos	11.18 minutos	8.16 minutos	9.45 minutos

**Tabla 17.- Tiempos Nominales de Rodadura de las operaciones de llegada y salida. Configuración Sur.**

Las nuevas pistas (15L-33R y 18L-36R) suponen distancias de rodadura mucho mayores al estar la mayoría de posiciones de estacionamiento (NAT y plataforma actual) muy alejadas de dichas pistas. Se comprueba que estos tiempos han mejorado respecto a sus homólogos en Conf. Sur para el modelo de satélites en ángulo [1].

#### **4.4.3.- Distribución de operaciones para los diferentes niveles de tráfico de saturación**

Para el nivel de tráfico de saturación se han obtenido las correspondientes distribuciones según operaciones de despegue y aterrizaje por pista, y reparto en función del tipo de aeronave. En la *tabla 18* se presentan todos estos resultados de carácter general referentes a ambas configuraciones.



CONFIGURACIÓN NORTE									
LLEGADAS									
TRÁFICO SATURACIÓN 1962 ops./día	33L				33R				TOT
	L	M	P	TOT	L	M	P	TOT	
	36	257	136	429	92	392	57	541	970
SALIDAS									
TRÁFICO SATURACIÓN 1962 ops./día	33L				33R				TOT
	L	M	P	TOT	L	M	P	TOT	
	51	349	142	542	77	316	57	450	992
CONFIGURACIÓN SUR									
LLEGADAS									
TRÁFICO SATURACIÓN 1633 ops./día	18L				18R				TOT
	L	M	P	TOT	L	M	P	TOT	
	84	360	108	552	22	181	50	253	805
SALIDAS									
TRÁFICO SATURACIÓN 1633 ops./día	15L				15R				TOT
	L	M	P	TOT	L	M	P	TOT	
	33	262	60	355	73	295	106	474	829

**Tabla 18- Distribución de Operaciones/día obtenidas para las Cargas de tráfico de saturación**

- (L, M, P, aeronaves Ligeras, Medias y Pesadas respectivamente)

El número de movimientos tanto en llegadas como en salidas es prácticamente igual al modelo en ángulo como era de esperar.

#### 4.5.- Análisis de resultados

##### 4.5.1.- Configuración Norte

De los resultados correspondientes a los parámetros principales del modelo de Configuración Norte se deduce que los límites de admisibilidad marcados se alcanzan para todos ellos, excepto para el número de salidas demoradas, con el mismo nivel de tráfico, el correspondiente a 1962 ops/día.

Analizando la manera con la que cada parámetro alcanza su límite se determina que la situación más crítica se produce en las llegadas en espacio aéreo, en particular, para las que aterrizan en la pista 33R. Esta pista está sobrecargada, ya que absorbe más de la mitad de todos los aterrizajes, en concreto el 55.88% de ellos. Ese desequilibrio conduce a que para el nivel de tráfico de saturación (1962 ops/día) se alcancen demoras medias, para las llegadas a la 33R, del orden de 2.5 veces superiores a las demoras habidas para las llegadas a la 33L (10.13 minutos de media frente a 3.84 minutos).





Contemplando las gráficas de demanda/flujo para ambas pistas 33L y 33R, se observa que la pista 33R se satura completamente para las cuatro horas pico de demanda localizadas a las 8:00h, 12:00h, 16:00h y 20:00h GMT, mientras que la pista paralela 33L se encuentra ligeramente saturada en dos horas a lo largo del día, alcanzándose un máximo de operaciones que está en torno a las 32 ops./hora.

Como resultado final para la Configuración Norte y como consecuencia directa del perfil de tráfico tipo HUB y del nuevo tipo de asignación de estacionamientos aplicado, se obtienen los siguientes valores de número de operaciones:

1. Nivel de Saturación Configuración Norte: 1962 ops/día
2. N° máximo de ops./h (h. Punta): 127 ops.

Este valor máximo de ops/h se presenta de manera aislada (7:00 h). El máximo n° de ops/hora alcanzado en cada pista, si bien no de forma simultanea, es:

	LLEGADAS		SALIDAS	
PISTA	33L	33R	36L	36R
Ops/h Máx.	33 (08:00)	32 (08:00)	42 (7:00)	36 (07:00)

**Tabla 19.- Máximo Número de Ops/h por Pista. Configuración Norte. 1962 Ops/día.**

Con respecto a los valores de ops/h máximos por pista conviene hacer varias puntualizaciones:

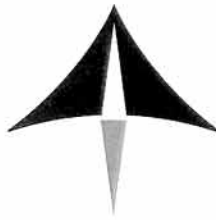
1. Esas ops/h máximas no se dan a la misma hora en las 4 pistas, sino que se distribuyen en diferentes horas a lo largo del día.
2. Las ops./h máximas para las pistas de salida se producen cuando el N° de ops./h total es máximo.

#### **4.5.2.- Configuración Sur**

De los tres parámetros principales analizados, demora media de las salidas en área de maniobras, proporción de salidas demoradas y demoras en espacio aéreo de las llegadas, se deduce que el nivel de saturación en Configuración Sur es de 1633 ops./h.







La demora media en espacio aéreo de las llegadas empeora los resultados finales obtenidos, ya que los valores concernientes al aeropuerto se saturan mucho después que los valores de espacio aéreo. Concretamente, son dos los factores determinantes del peor comportamiento de la Configuración Sur en lo referente a la organización de los flujos de llegada en espacio aéreo:

1. El desequilibrio entre la demanda a las dos pistas de llegada es muy elevado (18L absorbe el 68.82% de las llegadas, el 31.41% restante se dirige a la 18R), muy superior al existente en Conf. Norte.
2. Debido a las particularidades de las aproximaciones en Conf. Sur (zonas delta, obstáculos orográficos, aproximaciones RNAV), se imponen separaciones mayores en los IAF's, 5 MN como mínimo, frente a las 3.5-4 MN de mínima en Conf. Norte.

Se tiene por tanto un peor aprovechamiento de las capacidades del sistema Aeropuerto-TMA debido al fuerte desequilibrio entre las operaciones de llegada y en menor grado, también de las salidas.

Como resultado final obtenido para la Configuración Sur, se obtiene para un perfil de tráfico correspondiente al del día tipo elegido (tráfico HUB) y una asignación concreta de estacionamientos:

1. **Nivel de Saturación Configuración Sur: 1633 ops/día**
2. **Nº máximo de ops./h (h. Punta): 104 ops.**

Comparados estos valores con los de la Configuración Norte, se observan unos niveles de tráfico de saturación muy inferiores. El motivo reside en los mayores desequilibrios entre las proporciones de tráfico absorbido por ambas pistas de llegada (también en las pistas de salida, aunque en menor medida). Si se consiguiera corregir en parte dichos desequilibrios, las diferencias entre las Configuraciones Norte y Sur no serían tan acusadas.

El máximo de ops/h alcanzado en cada pista a lo largo del día (1633 ops./día) es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	18L	18R	15L	15R
Ops/h	32	26	29	34
Máx.	(8:00)	(5:00)	(9:00)	(7:00)

**Tabla 20.- Máximo Número de Ops/h por Pista. Configuración Sur. 1633 Ops/día.**





Con respecto a estos valores máximos de ops/h por cada pista, conviene hacer varias puntualizaciones:

1. Ese máximo de ops/h en cada pista no se producen a la misma hora, sino que se distribuyen a lo largo del día de acuerdo al perfil del día tipo.
2. La pista de llegadas 18R está por debajo de su nivel de saturación durante prácticamente todo el día.
3. Al igual que ocurre en Conf. Norte, estos valores máximos por pista no son aditivos en el caso de pretender obtener el máximo posible de ops/h para todo el aeropuerto, ya que existe influencia de las aproximaciones a la 18L por su maniobra de frustrada (33R en Conf. Norte) sobre ambas pistas de despegue.





#### 4.6.- Conclusiones del estudio

Se exponen por separado las conclusiones relativas a la Configuración Norte y a la Configuración Sur.

##### A) Configuración Norte

###### Aspectos generales:

- El nivel de tráfico de saturación es de 1962 ops/día (perfil tráfico HUB).
- El pico de operaciones hora es de 127 ops de manera aislada
- La saturación se presenta de forma simultánea en el área de maniobras y en las rutas de llegada (STAR's) del espacio aéreo, por lo que el conjunto Aeropuerto-TMA no presenta grandes desequilibrios.
- El máximo nº de ops/hora alcanzado en cada pista, si bien no de forma simultánea, es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	33L	33R	36L	36R
Ops/h	33	32	41	37
Máx.	(8:00)	(8:00)	(7:00)	(7:00)

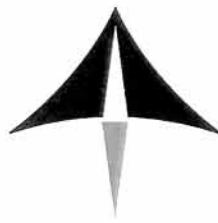
###### Espacio aéreo:

- El principal problema identificado en espacio aéreo es el desequilibrio entre la demanda de tráfico a ambas pistas de llegada 33L y 33R. Basta un desfase del 12% en el reparto del total de llegadas para que la demora media de las llegadas a la 33R (la más solicitada) sea casi tres veces superior.

###### Área de movimientos del aeropuerto:

- Un factor determinante en la gestión del área de movimientos es la posición relativa de las posiciones de estacionamiento con respecto a las pistas de aterrizaje y despegue.
- Esa disposición relativa estacionamientos-pistas es responsable de:
  1. Tiempos de rodadura más prolongados, en concreto, para las aeronaves que operan en las pistas más alejadas del NAT y de la plataforma sur actual.





2. La nueva asignación de estacionamientos aplicada implica una reducción de los tiempos de rodadura por pista, tal y como quedó demostrado en el estudio del área de maniobras.

## B) Configuración Sur

### Aspectos generales:

- El nivel de tráfico de saturación es de 1633 ops/día (perfil de tráfico HUB).
- El pico de operaciones hora es de 104 ops.
- La saturación se presenta en espacio aéreo con mayor antelación que en rodadura.
- El máximo nº de ops/hora alcanzado en cada pista, si bien no de forma simultánea, es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	18L	18R	15L	15R
Ops/h	32	26	28	34
Máx.	(8:00)	(5:00)	(9:00)	(7:00)

- El nivel de saturación de este modelo en Conf. Sur (1633 ops./día) con respecto al modelo de Conf. Norte es muy bajo debido a que existe un gran desequilibrio de tráfico entre pistas, concretamente, la pista de llegadas 18L y la de salidas 15R, se encuentran saturadas por esta descompensación, según se comprueba en las tablas de demanda/flujo (*Tabla 14*) y demoras (*Tabla 21*). En el caso de reducir esos desequilibrios en Configuración Sur, sus valores de capacidad no mostrarían tanta diferencia con respecto a los de Configuración Norte, pudiéndose al canzar 1691 ops./día tal y como indican los valores de demora de las salidas en el área de maniobras respecto a sus límites de admisibilidad. Dicha solución requiere actuar sobre el diseño del TMA, lo cual es factible y se encuentra en fase de estudio, esperando resultados preliminares a corto-medio plazo.

PISTAS	15L				15R			
	L	M	H	TOT	L	M	H	TOT
Nº OPS/DÍA	33	262	60	355	73	295	106	474
DEMORA MEDIA (min)	1.36				5.86			

**Tabla 21.- Demora en salidas y Número de Ops/día por pista. 1633 Ops/día. Configuración Sur.**







### **Espacio aéreo:**

- En Configuración Sur son dos los factores principales que limitan la capacidad del espacio aéreo:
  1. El desequilibrio entre la demanda de tráfico a ambas pistas de llegada 18L y 18R. Es además mucho mayor que en Configuración Norte, llegando a valores de un 37.16%. El resultado es que las demoras en aire de las llegadas a la pista 18L (pista más solicitada) son del orden de quince veces las correspondientes a las llegadas por la 18R.
  2. Las peculiaridades de las aproximaciones en Configuración Sur (que obedecen a una serie de condicionantes), con puntos IAF's muy alejados de sus umbrales y en los que es necesario imponer separación de 5 MN, mayores de lo habitual.

### **Área de movimientos del aeropuerto:**

- La situación es análoga a la de Configuración Norte. Un factor determinante vuelve a ser la ubicación de las posiciones de estacionamiento con respecto a las 4 pistas.
- Esa disposición relativa estacionamientos-pistas es responsable de:
  1. Tiempos de rodadura mayores para las pistas que se encuentran más alejadas de la plataforma sur actual y del NAT.





**ANEXO I**  
**PERFIL DE TRÁFICO DÍA TIPO**





## ANEXO 1

### A.1.-PERFIL DE TRÁFICO DÍA TIPO

El tráfico utilizado para las simulaciones es el correspondiente a un día tipo con horizonte temporal 2020 con un total de 1691 ops./día, de acuerdo a los análisis y pronóstico de tráfico de Madrid-Barajas operando como un centro HUB distribuidor de tráfico, proporcionado por el Grupo FSAM. A continuación, se presenta en la *gráfica A.1* el perfil de tráfico correspondiente a este día tipo.

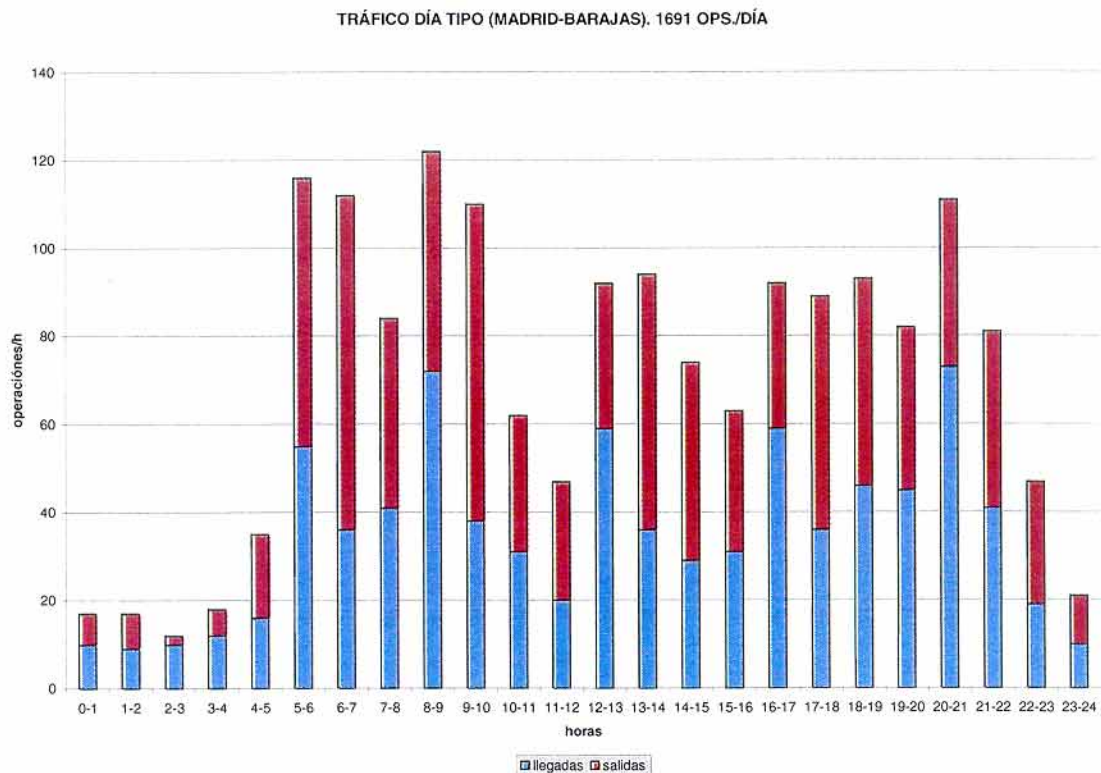
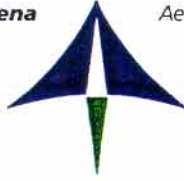


Figura A.1.- Perfil día tipo Madrid –Barajas (1691 ops./día)



**Aena**

*Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea*



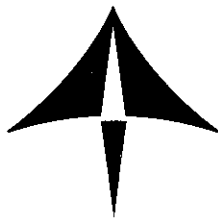
DIRECCIÓN DE SISTEMAS E INSTALACIONES DE NAVEGACIÓN AÉREA  
DIVISIÓN DE DESARROLLO DEL SNA

**ESTUDIO DEL MODELO A+B DEL  
FUTURO AEROPUERTO DE MADRID-  
BARAJAS (FSAM) / CAPACIDAD  
MÁXIMA E INFLUENCIA DE LA  
OPERACIÓN IFR DESDE EL  
AEROPUERTO DE TORREJÓN**

**Abril de 1999**

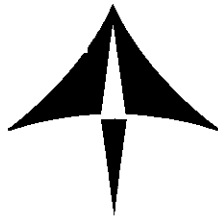






## INDICE

1.- OBJETO.....	1
2.- ALCANCE.....	1
3.- BASES DEL ESTUDIO.....	3
3.1.- Herramienta de simulación.....	3
3.2.- Datos de partida.....	3
3.3.- Simplificaciones en los modelos.....	4
4.- ESTUDIO DE CAPACIDAD MÁXIMA DEL AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS. MODELO A+B.....	5
4.1.- Indicador de capacidad.....	5
4.2.- Descripción de los modelos.....	5
4.2.1.- Configuración Norte A+B.....	6
4.2.2.- Configuración Sur A+B.....	7
4.3.- Cargas de tráfico.....	8
4.4.- Resultados comparativos entre los modelos A+B y C+B.....	10
4.5.- Conclusiones.....	12
5.- ESTUDIO DEL IMPACTO DE LA OPERACIÓN IFR EN EL AEROPUERTO DE TORREJÓN SOBRE EL FUTURO AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS.....	13
5.1.- Medida del impacto de la operación IFR desde Torrejón.....	13
5.2.- Descripción de los modelos.....	13
5.2.1.- Configuración Norte A+B.....	15
5.2.2.- Configuración Sur A+B.....	16
5.3.- Cargas de tráfico.....	17
5.3.1.- Madrid-Barajas.....	17
5.3.2.- Torrejón.....	17
5.4.- Resultados comparativos entre los modelos A+B y C+B.....	18
5.5.- Conclusiones.....	20
6.- CONCLUSIONES FINALES DEL ESTUDIO.....	21



## **ESTUDIO DEL MODELO A+B DEL FUTURO AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS (FSAM) / CAPACIDAD MÁXIMA E INFLUENCIA DE LA OPERACIÓN IFR DESDE EL AEROPUERTO DE TORREJÓN. COMPARATIVA CON EL MODELO C+B**

### **1.- OBJETO**

El objeto de este estudio es triple:

- Determinar los valores de Capacidad Máxima (Saturación) del modelo A+B del proyecto FSAM (Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas).
- Evaluar la influencia que tendrá la operación IFR desde Torrejón sobre la Capacidad Máxima de Madrid-Barajas, caso A+B.
- Comparar los resultados anteriores con los que se obtuvieron para el modelo C+B en estudios previos ya efectuados.

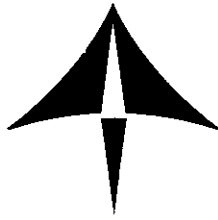
Este trabajo se realiza como complemento a los estudios de simulación AENA-DGAC para el grupo FSAM:

- *“Simulación del Desarrollo del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas”*. Marzo 1998 [1].
- *“Estudio de Capacidad del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas. Caso C+B”*. Julio 1998 [2].
- *“Estudio del Impacto de la Operación de la Base Aérea de Torrejón sobre el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas (FSAM)”*. Septiembre 1998 [3].

### **2.- ALCANCE**

El estudio del modelo A+B se estructura en 2 partes, siguiendo los mismos procedimientos de análisis empleados en los estudios análogos efectuados para el modelo C+B. Las cargas de tráfico empleadas son las que proporcionan capacidad máxima. De esta manera, para cada una de las fases de estudio es posible efectuar un análisis comparativo entre los resultados del modelo A+B y los obtenidos en su día para el C+B.





## **1ª Fase. Estudio de Capacidad Máxima**

En esta 1ª Fase se simula de manera simplificada el área de maniobras del aeropuerto de Madrid-Barajas caso A+B, incluyendo la parte de espacio aéreo adyacente al mismo. El objetivo consiste en determinar el impacto que tienen sobre la Capacidad Máxima ó de Saturación (medida en número de ops/h) los procedimientos (en particular, el uso de pistas, restricciones operacionales y la dependencia entre las diferentes operaciones). Para ello, se han considerado procedimientos de bloqueo entre pistas con mayor grado de detalle que los empleados en el primer estudio (*"Simulación del Desarrollo del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas"*), de manera análoga a como ya se procedió con el modelo C+B.

El estudio se lleva a cabo para el aeropuerto de Madrid-Barajas operando en ambas Configuraciones (Norte y Sur), centrándose en el análisis de la capacidad máxima de ops/h de las configuraciones de las pistas. No se tiene en cuenta el resto de la rodadura, estacionamientos y espacio aéreo, aunque todos estos elementos hayan sido incluidos de manera simplificada para conseguir un funcionamiento más realista del modelo.

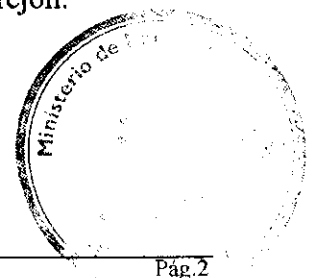
Las cargas de tráfico empleadas son las que, de acuerdo a los estudios ya realizados (*"Estudio de Capacidad del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas. Caso C+B"*) proporcionan la máxima capacidad de ops./h en el caso C+B, adaptándolas al modelo A+B, dado que ambos modelos tienen una configuración general muy similar (número de pistas, dependencias globales, reparto por tipo de operación, etc.) por lo que les son aplicables las mismas cargas de tráfico, para este tipo de estudio. De esta forma, además, se puede realizar un estudio comparativo de las propuestas A+B y C+B.

## **2ª Fase. Impacto sobre Madrid-Barajas de las operaciones IFR en Torrejón**

En esta fase se analiza el impacto que tienen sobre la Capacidad Máxima de Barajas (caso A+B) aquellas operaciones IFR de Torrejón que presentan algún tipo de interferencia. Se analizan las Configuraciones Norte y Sur de Barajas.

Los escenarios simulados incluyen un modelo básico de ambos aeropuertos, así como la conexión con el lado aire y la estructura de espacio aéreo próxima. Se modelan de manera detallada las dependencias entre operaciones de ambos aeropuertos.

Las cargas de tráfico empleadas en Barajas son las correspondientes a la Fase 1 de este estudio. Se analiza la influencia de las operaciones IFR de Torrejón que presentan interferencia con las operaciones de Madrid-Barajas, considerando el caso más desfavorable posible, es decir otorgando prioridad a las operaciones de Torrejón.





### 3.- BASES DEL ESTUDIO

Las propuestas planteadas han sido analizadas mediante simulación en tiempo acelerado aplicando las cargas de tráfico y distribución de flota correspondientes a cada modelo. Se enumeran a continuación las bases principales del estudio.

#### 3.1.- Herramienta de simulación

La herramienta de simulación utilizada en el estudio es el Simulador de Espacio Aéreo y Aeropuertos SIMMOD v2.0.3 de la FAA.

Esta herramienta permite modelar, simular y obtener resultados de operaciones (demanda/flujo) en distintas zonas del aeropuerto.

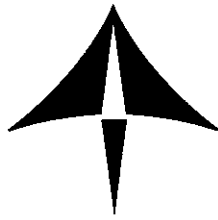
#### 3.2.- Datos de partida

La información geométrica y operativa empleada como datos de entrada para generar los modelos, se ha obtenido de las siguientes fuentes:

- “Aeropuerto de Madrid-Barajas: posibles umbrales actuales y futuros” (Dirección Corporativa de Planificación/Grupo FSAM). [4]
- Modelos básicos y parámetros generales validados y utilizados en el estudio “*Simulación del Área de Maniobras en el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas*” (DDSNA, junio 1997). [5]
- Carga de Tráfico que proporciona la máxima capacidad horaria el modelo C+B II del FSAM “*Estudio de Capacidad del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas. Caso C+B II*” (DDSNA, julio 1998).
- Información de los procedimientos operativos que ligan las operaciones de Torrejón y Madrid-Barajas suministrada por la División ATS de la Región Centro y el Departamento de Espacio Aéreo. ( “*Fax de febrero de 1997*” [6])







### **3.3.- Simplificaciones en los modelos.**

El nivel de complejidad de los modelos a simular se resume a continuación:

#### **A) Entorno aeroportuario:**

- Ubicación y simplificación de las áreas terminales de estacionamiento (fuente/sumidero) en los aeropuertos. Dicha simplificación implica la no existencia de restricciones de capacidad en los mismos.
- Rodaduras simplificadas entre pistas y plataformas actuales y futuras.
- Salidas de pista optimizadas en su diseño y ubicación.
- No se considera operación VFR en la simulación.
- Capacidad para operar todo tipo de aeronaves (ligeras, medias y pesadas) en todas las pistas (salvo para las excepciones indicadas en la descripción de los modelos).

#### **B) Espacio Aéreo:**

- Para abordar las modelizaciones, se simplifica el diseño del entorno de espacio aéreo, considerando un área próxima al entorno aeroportuario y estableciendo puntos alimentadores/sumideros de tráfico.
- Se supone que el entorno de espacio aéreo a modelar absorbe la carga de tráfico aplicada.
- Los modelos a desarrollar presuponen un soporte acorde a procedimientos existentes o viables por diseñar.
- Velocidad media en aproximación final 140 Kts.
- Tiempo medio de reacción del piloto: 10 s.

## **4.- ESTUDIO DE CAPACIDAD MÁXIMA DEL AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS. MODELO A+B**

En los apartados que siguen a continuación se describen los parámetros y modelos analizados, así como los resultados obtenidos.



#### 4.1.- Indicador de Capacidad

En esta primera fase del estudio se determina la Capacidad Máxima ó de Saturación, definida como “el número máximo de operaciones por hora que admite el entorno aeroportuario (desglosado en número de llegadas y salidas) cuando se aplica al escenario una demanda continuada de servicio” (Planificación y Diseño de Aeropuertos, Robert Horonjeff, Cap. VIII).

El indicador de capacidad así obtenido ha de interpretarse como la capacidad máxima de un conjunto de pistas. En ningún caso puede considerarse como un indicador global de la capacidad real de un conjunto aeroportuario, ya que no tiene en cuenta los niveles de demora producidos. Este parámetro de Capacidad Máxima permite establecer una comparativa entre diferentes escenarios para de esa manera determinar cual es la configuración aeroportuaria capaz de proporcionar mayor número de movimientos a la hora.

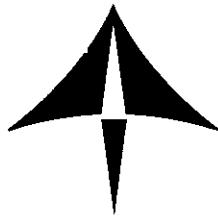
#### 4.2.- Descripción de los modelos

En la Tabla 1 se resume la información más destacada referente al modelo A+B del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas, tanto en Configuración Norte cómo en Sur.

Configuración LEMD	Nº Pistas LEMD Operat.+inact.	Configuración de Pistas	Dependencia entre Operaciones
NORTE	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 36L Salidas</li> <li>• 36R Llegadas</li> <li>• 01L Salidas</li> <li>• 01R Llegadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llegadas Indep.</li> <li>• Salidas Indep.</li> <li>• Llegadas a la 36R afectan salidas 36L y 01L.</li> </ul>
SUR	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 18R Llegadas</li> <li>• 18L Salidas</li> <li>• 19R Llegadas</li> <li>• 19L Salidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llegadas Indep.</li> <li>• Salidas Indep.</li> <li>• Llegadas a la 19R afectan salidas 18L y 19L.</li> </ul>

**Tabla 1.- Descripción de las Configuraciones Simuladas para el caso A+B**





La dependencia entre operaciones supone la aplicación de unos tiempos de bloqueo que se han calculado siguiendo la misma metodología empleada para el modelo C+B.

#### **4.2.1.- Configuración Norte A+B**

El modelo considerado presenta las siguientes características:

- **Nº de pistas:** 4 operativas + 1 inactiva (la pista 33, empleada en la actualidad para aterrizajes en C. Norte).
- **Dependencia entre operaciones:**
  - Aproximaciones simultáneas independientes a las pistas paralelas 36R y 01R.
  - Salidas independientes por las pistas 36L y 01L.
  - Las aproximaciones a la pista 36R bloquean los despegues por las pistas 36L y 01L, debido a que se ha optado por un procedimiento de frustrada directa al objeto de no penalizar los valores de OCA/H de dichas aproximaciones.

En la Figura 1 se representa de manera esquemática la Configuración Norte del modelo A+B.



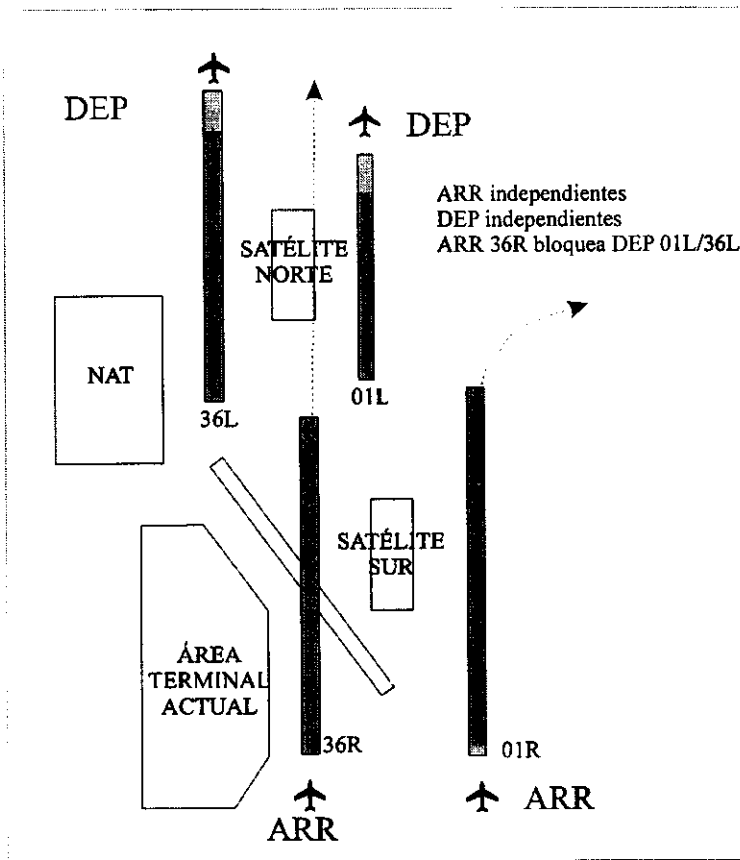
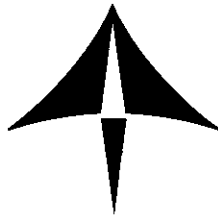


Figura 1.- Caso A+B. Configuración Norte.

#### 4.2.2.- Configuración Sur A+B

El modelo considerado presenta las siguientes características:

- **Nº de pistas:** 4 operativas + 1 inactiva (la pista 15, empleada en la actualidad para despegues en C. Sur).
- **Dependencia entre operaciones:**
  - Aproximaciones simultáneas independientes a las pistas paralelas 18R y 19R.
  - Salidas independientes por las pistas 18L y 19L.
  - Las aproximaciones a la pista 19R bloquean los despegues por las pistas 18L y 19L, debido a que se ha optado por un procedimiento de frustrada directa al objeto de no penalizar los valores de OCA/H de dichas aproximaciones.

En la Figura 2 se representa la Configuración Sur del modelo A+B.



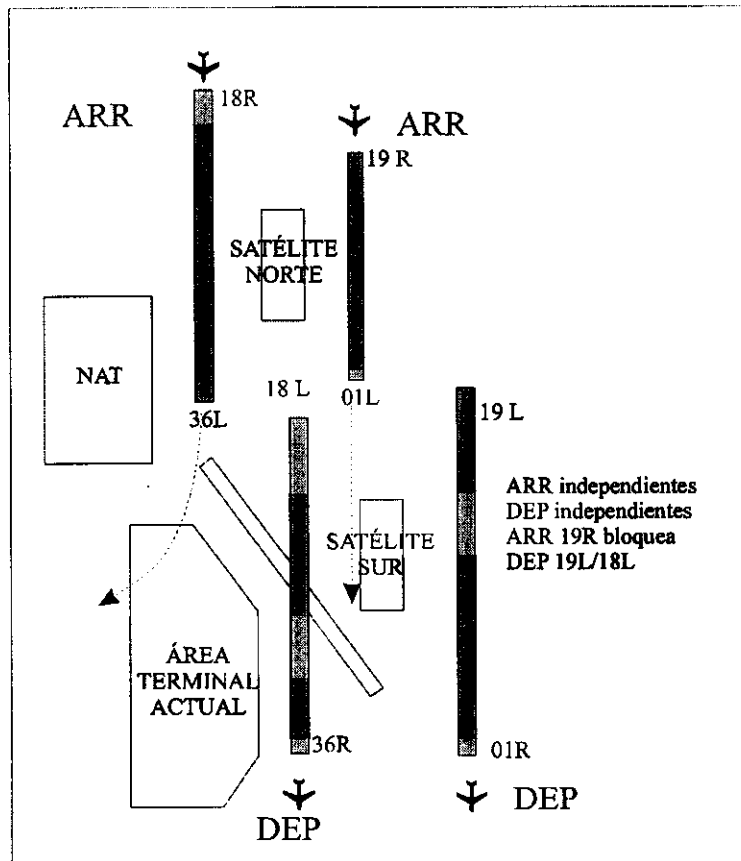
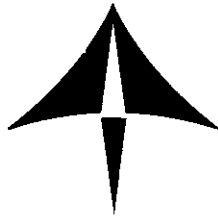


Figura 2.- Caso A+B. Configuración Sur

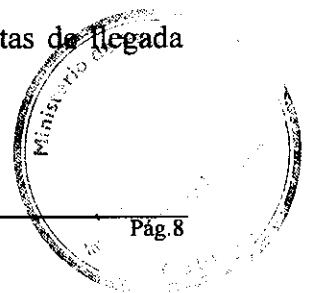
#### 4.3.- Cargas de Tráfico

Las cargas de tráfico empleadas se han diseñado para saturar el conjunto aeroportuario durante un intervalo de 6 horas, analizándose las 4 horas intermedias en las que se alcanza un régimen de funcionamiento estacionario dentro del estado de saturación del aeropuerto.

Las cargas de tráfico empleadas tienen en cuenta las características del aeropuerto, distribución de flota en hora punta y Configuración (Norte o Sur). Las premisas básicas derivadas de todos esos factores son:

#### CONFIGURACIÓN NORTE:

- Llegadas de aeronaves pesadas, medias y ligeras por ambas pistas de llegada (36R y 01R).





- Desequilibrio de despegues de aeronaves pesadas hacia la pista 36L, con el objeto de evitar largos recorridos de rodadura para este tipo de aeronaves.
- Flota básica introducida en el modelo:

Operaciones	Aeronaves Ligeras	Aeronaves Medias	Aeronaves Pesadas
Arribadas (50% total)	5%	75%	20%
Despegues (50% total)	5%	75%	20%

**Tabla 2.- Flota básica**

(L: aeronaves ligeras, M: aeronaves medias y P: aeronaves pesadas).

Estas proporciones de flota corresponden a las observadas en hora punta en Madrid-Barajas en la actualidad.

La carga de tráfico empleada es la que proporciona valores máximos de capacidad/hora en el modelo C+B, adaptándola a las características particulares del caso A+B, dado que ambos modelos tienen una configuración general muy similar, por lo que les son aplicables las mismas cargas de tráfico, para este tipo de estudio. De esta forma, además, se puede realizar un estudio comparativo de las propuestas A+B y C+B.

Dicha carga se obtiene del informe “*Estudio de Capacidad del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas. Caso C+B II*”, DDSNA, julio 1998.

La carga de tráfico (demanda) ensayada aparece en la Tabla 3, desglosada por tipo de operación y por pista.

PROPUESTA A+B NORTE	SALIDAS								LLEGADAS							
	01L				36L				01R				36R			
CARGA DE TRÁFICO	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T
Carga de Capacidad Máxima	25	275	0	300	0	100	100	200	12	187	50	249	12	187	50	249

**Tabla 3.- Carga de Tráfico de Saturación. Modelo A+B Configuración Norte.**

(L: aeronaves ligeras, M: aeronaves medias y P: aeronaves pesadas. T: total)



## CONFIGURACIÓN SUR:

- Llegadas de aeronaves pesadas, medias y ligeras por ambas pistas de llegada (18R y 19R).
- Desequilibrio de despegues de aeronaves pesadas hacia la pista 18L, con el objeto de evitar largos recorridos de rodadura para este tipo de aeronaves.
- Flota básica introducida en el modelo (la misma que la considerada para la Configuración Norte, mostrada en la tabla 2).

La carga de tráfico (demanda) ensayada en Configuración Sur aparece en la tabla 4, desglosada por tipo de operación y por pista.

PROPUESTA A+B SUR	SALIDAS								LLEGADAS							
	18L				19L				18R				19R			
CARGA DE TRÁFICO	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T
Carga de Capacidad Máxima	0	150	100	250	25	225	0	250	12	187	50	249	12	187	50	249

**Tabla 4.- Carga de Tráfico de Saturación. Modelo A+B Configuración Sur.**

### 4.4.- Resultados Comparativos entre los modelos A+B y C+B

A continuación se presentan en las tablas 5 y 6 los resultados de capacidad máxima (número de operaciones/hora) obtenidos para las Configuraciones Norte y Sur del modelo A+B, comparándolos con los obtenidos en su día para el modelo C+B con cargas de tráfico análogas.







CONFIGURACIÓN NORTE

MODELO A+B																			
	SALIDAS (DEP)								LLEGADAS (ARR)								TOTAL		
Pista	01L				36L				01R				36R				Dep	Ar	Tot
Tipo Aeron.	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T	Dep	Ar	Tot
Ops/h	3	31	0	34	0	18	16	34	2	27	8	37	2	27	8	37	68	74	142

MODELO C+B																			
	SALIDAS (DEP)								LLEGADAS (ARR)								TOTAL		
Pista	36R				36L				33R				33L				Dep	Ar	Tot
Tipo Aeron.	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T	Dep	Ar	Tot
Ops/h	3	32	0	35	0	18	18	36	2	27	8	37	2	27	8	37	71	74	145

**Tabla 5.- Valores de Capacidad Máxima para la Configuración Norte. Comparativa entre Modelos A+B y C+B de Madrid-Barajas.**







## CONFIGURACIÓN SUR

MODELO A+B																			
	SALIDAS (DEP)								LLEGADAS (ARR)								TOTAL		
Pista	19L				18L				19R				18R				Dep	Ar	Tot
Tipo Aeron.	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T	Dep	Ar	Tot
Ops/h	3	31	0	34	0	22	14	36	2	27	8	37	2	27	8	37	70	74	144

MODELO C+B																			
	SALIDAS (DEP)								LLEGADAS (ARR)								TOTAL		
Pista	15L				15R				18L				18R				Dep	Ar	Tot
Tipo Aeron.	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T	L	M	P	T	Dep	Ar	Tot
Ops/h	3	32	0	35	0	22	15	37	2	27	8	37	2	27	8	37	72	74	146

**Tabla 6.- Valores de Capacidad Máxima para la Configuración Sur. Comparativa entre Modelos A+B y C+B de Madrid-Barajas.**

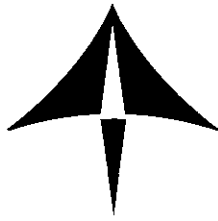
### 4.5.- Conclusiones

Después de comparar los resultados obtenidos para los modelos A+B y C+B en ambas configuraciones, se pueden destacar los siguientes puntos:

#### CONFIGURACIÓN NORTE:

- La capacidad máxima para el total de operaciones/h es superior en el modelo C+B: 145 ops/h frente a 142 ops/h para el A+B.
- Esa pérdida de 3 ops/h para el modelo A+B procede en su totalidad de las operaciones de salida. El modelo C+B soporta un máximo de 71 salidas/h frente a 68 salidas/h para el modelo A+B. La reducción de operaciones/hora se produce en ambas pistas de despegue: 2 ops/h menos en la pista 36L del modelo A+B (denominada 36L en C+B) y 1 op/h menos en la 01L del modelo A+B (denominada 36R en el modelo C+B).





## CONFIGURACIÓN SUR:

- La capacidad máxima para el total de operaciones/h es superior en el modelo C+B: 146 ops/h frente a 144 ops/h para el A+B.
- Esa pérdida de 2 ops/h para el modelo A+B procede en su totalidad de las operaciones de salida. El modelo C+B soporta un máximo de 72 salidas/h frente a 70 salidas/h para el modelo A+B. La reducción de operaciones/hora se produce en ambas pistas de despegue: 1 ops/h menos en la pista 19L del modelo A+B (equivalente a la 15L del C+B) y 1 op/h menos en la 18L del modelo A+B (equivalente a la 15R del modelo C+B).

Estos resultados obtenidos (capacidad del modelo C+B superior a la del A+B en 3-2 ops/h, según la Configuración Norte ó Sur) concuerdan en líneas generales con los que en su día se obtuvieron en el estudio “*Simulación del Desarrollo del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas*” [1].

## 5.- ESTUDIO DEL IMPACTO DE LA OPERACIÓN IFR EN EL AEROPUERTO DE TORREJÓN SOBRE EL FUTURO AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS

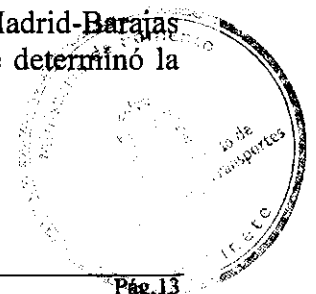
En los apartados que siguen a continuación se describen los parámetros y modelos analizados, así como los resultados obtenidos para esta segunda fase del estudio.

### 5.1.- Medida del Impacto de la Operación IFR desde Torrejón

Este impacto se cuantifica evaluando el número de ops/h que se pierden en el aeropuerto de Madrid-Barajas en función del número de operaciones en Torrejón. Las cargas de tráfico empleadas en los modelos de Madrid-Barajas son las correspondientes a la situación de Capacidad Máxima (evaluadas en la 1ª fase de este estudio). Las operaciones analizadas en Torrejón son aquellas que presentan interferencias con Madrid-Barajas.

### 5.2.- Descripción de los Modelos

En la Tabla 7 se resume la información más destacada referente al modelo A+B del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas, tanto en Configuración Norte como en Sur, así como las operaciones contempladas en Torrejón. Los modelos correspondientes a Madrid-Barajas son los mismos que los analizados en la primera fase del estudio, donde se determinó la Capacidad Máxima.





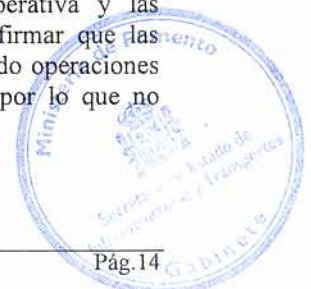
Configuración LEMD	Nº Pistas LEMD Operat.+inact.	Configuración de Pistas LEMD (Barajas)	Configuración de Pistas LETO (Torrejón)
NORTE	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 36L Salidas Medias y Pesadas.</li> <li>• 36R Llegadas todo tipo.</li> <li>• 01L Salidas Medias y Ligeras.</li> <li>• 01R Llegadas todo tipo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 23: Llegadas.</li> <li>• 23: Salidas.</li> <li>• 05: Salidas.</li> </ul>
SUR	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 18R Llegadas todo tipo.</li> <li>• 18L Salidas Medias y Pesadas.</li> <li>• 19R Llegadas todo tipo.</li> <li>• 19L Salidas Medias y Ligeras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 23: Llegadas.</li> <li>• 23: Salidas.</li> <li>• 05: Salidas</li> </ul>

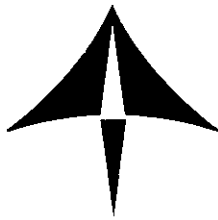
**Tabla 7.- Descripción general de los modelos simulados para LEMD y LETO.**

El análisis de los procedimientos instrumentales FSAM y de los procedimientos operativos del TMA permiten establecer que las operaciones relevantes de Torrejón para el modelo A+B del futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas se reducen a las salidas por la pista 23 de Torrejón, no presentando el resto de operaciones en Torrejón (salidas por la pista 05 y llegadas a la pista 23) interferencias con Madrid-Barajas.<sup>1</sup>

En Configuración Sur Las operaciones de llegada a la pista 23 de Torrejón no presentan interferencias con las operaciones de Madrid-Barajas para el modelo A+B, a diferencia de lo que sucede en el modelo C+B, para el que sí existía interferencia de dichas operaciones con los despegues desde la pista 15L de Barajas.

<sup>1</sup> No se consideran en el estudio las llegadas a la pista 05 de Torrejón al no disponerse de procedimientos publicados para dichas aproximaciones instrumentales. No obstante, la experiencia operativa y las observaciones de las condiciones de operación en Torrejón y Madrid-Barajas permiten afirmar que las aproximaciones a la pista 05 de Torrejón se efectúan mediante procedimientos visuales, siendo operaciones muy escasas en número y siempre por parte de reactores de caza del Ejército del Aire, por lo que no ocasionan interferencias con las operaciones en Barajas.





### 5.2.1.- Configuración Norte A+B

- **Operaciones de LEMD:**
  - Aproximaciones por las pistas 36R y 01R independientes.
  - Salidas por las pistas 36L y 01L independientes.
  - Las aproximaciones por la pista 36R bloquean por su procedimiento de frustrada a las salidas por las pistas 36L y 01L.
- **Operaciones de LETO:**
  - Aproximaciones por la pista 23.
  - Salidas por las pistas 23 y 05.
- **Dependencia entre operaciones LEMD-LETO:**
  - Las salidas por la pista 23 de Torrejón interfieren con las llegadas a las pistas 36R y 01R de Madrid-Barajas y viceversa.

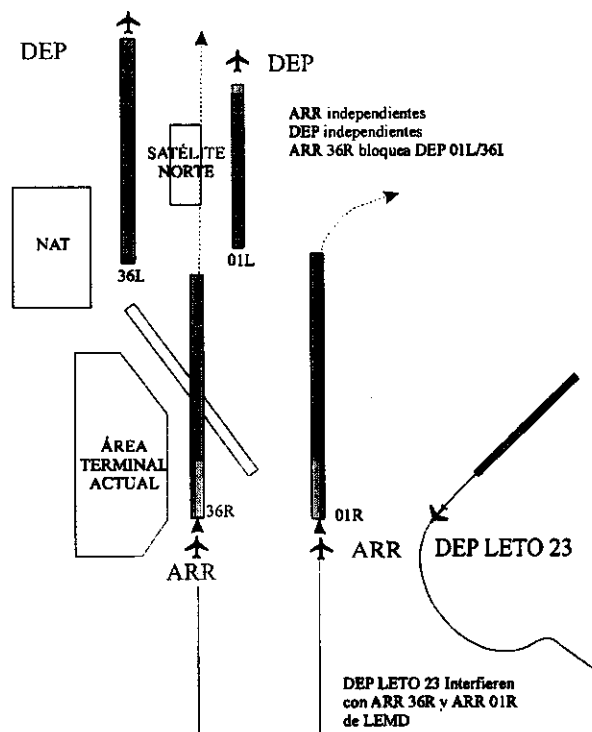
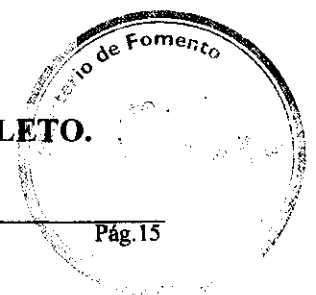
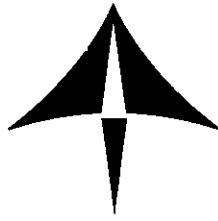


Figura 3.- Configuración Norte. Modelo A+B. Interferencias LEMD-LETO.







### 5.2.2.- Configuración Sur A+B

- **Operaciones de LEMD:**
  - Aproximaciones por las pistas 18R y 19R independientes.
  - Salidas por las pistas 18L y 19L independientes.
  - Las aproximaciones a la pista 19R bloquean por su procedimiento de frustrada a las salidas por las pistas 18L y 19L.
- **Operaciones de LETO:**
  - Aproximaciones por la pista 23.
  - Salidas por las pistas 23 y 05.
- **Dependencia entre operaciones LEMD-LETO:**
  - Las salidas por la pista 23 de Torrejón interfieren con las salidas por la pista 19L de Madrid-Barajas.

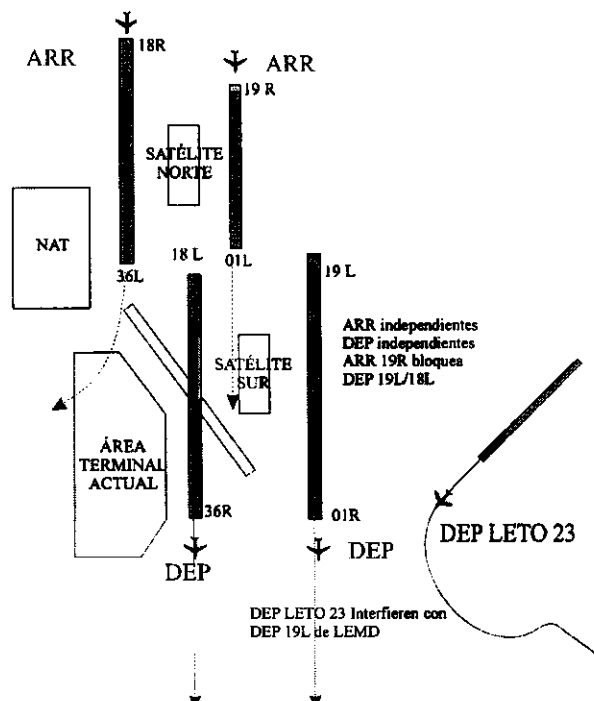
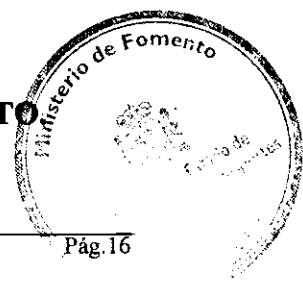


Figura 4.- Configuración Sur. Modelo A+B. Interferencias LEMD-LETO





### 5.3.- Cargas de Tráfico

A continuación se detallan las cargas de tráfico empleadas para el estudio de interferencia entre Torrejón y Madrid-Barajas. Se describen por separado las cargas aplicadas a cada uno de los aeropuertos.

#### 5.3.1.- Madrid-Barajas

Las cargas de tráfico aplicadas en ambas Configuraciones (Norte y Sur) son las que proporcionan valores máximos de capacidad horaria. Estas cargas se han empleado en la 1ª fase de este estudio (Estudio de Capacidad Máxima) y su descripción se puede encontrar en el apartado correspondiente.

#### 5.3.2.- Torrejón

Las operaciones de Torrejón que presentan interferencia con las de Barajas se distribuyen durante un período de 3 horas, analizando posteriormente los resultados de Madrid-Barajas correspondientes a ese intervalo de tiempo. Se ensayan diferentes valores de operaciones/h en Torrejón, con objeto de determinar el impacto que ejercen en las operaciones de Madrid-Barajas. Las cargas de tráfico en Torrejón empleadas en Configuración Norte y Sur aparecen recogidas en las tablas 8 y 9.

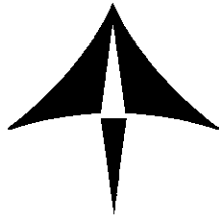
Operaciones de LETO que afectan a la Conf. Norte de Madrid-Barajas	Carga de aeronaves/hora aplicadas a LETO	Operaciones afectadas en Madrid-Barajas
Salidas por pista 23 de LETO	<ul style="list-style-type: none"><li>• 0,1 y 3 ops/h espaciadas</li><li>• 3 ops/h consecutivas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Llegadas a la pista 36R.</li><li>• Llegadas a la pista 01R.</li></ul>

**Tabla 8.- Cargas de Tráfico aplicadas a Torrejón con Madrid-Barajas operando en Configuración Norte.**

Operaciones de LETO que afectan a la Conf. Sur de Madrid-Barajas	Carga de aeronaves/hora aplicadas a LETO	Operaciones afectadas en Madrid-Barajas
Salidas por pista 23 de LETO	<ul style="list-style-type: none"><li>• 0 y 4 ops/h espaciadas</li><li>• 4 ops/h consecutivas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Salidas por la pista 19L.</li></ul>

**Tabla 9.- Cargas de Tráfico aplicadas a Torrejón con Madrid-Barajas operando en Configuración Sur.**





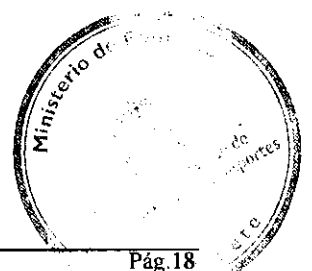
El impacto que tienen las salidas por la pista 23 de Torrejón sobre las operaciones en Madrid-Barajas se evalúa para 2 situaciones diferentes:

- Salidas de Torrejón uniformemente espaciadas a lo largo de la hora.
- Salidas de Torrejón despegando de manera consecutiva.

Previsiblemente el impacto sobre Madrid-Barajas por parte de las salidas de Torrejón por la pista 23 será menor cuando estas últimas despeguen de manera consecutiva.

#### **5.4.- Resultados Comparativos entre los modelos A+B y C+B**

En las tablas 10, 11 y 12 se muestran los resultados de capacidad en Madrid-Barajas en función del número de ops/h en Torrejón. Se incluyen los valores obtenidos para el modelo A+B y los correspondientes al modelo C+B procedentes de estudios anteriores. De esta manera, se puede establecer una comparativa entre ambos modelos en cuanto al coste en capacidad que suponen las operaciones en Torrejón.



<b>CASO A+B. CONFIGURACIÓN NORTE</b>																			
DESPEGUES DE LETO 23	SALIDAS BARAJAS (DEP) Ops/hora								LLEGADAS BARAJAS (ARR) Ops/hora								TOTAL		
	01L				36L				01R				36R				DEP	ARR	TOT
	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total			
0 Dep/h	3	31	0	34	0	18	16	34	2	27	8	37	2	27	8	37	68	74	142
1 Dep/h	3	33	0	36	0	18	17	35	2	26	6	34	2	26	6	34	71	68	139
3 Dep/h	3	34	0	37	0	19	17	36	1	22	5	28	1	22	5	28	73	56	129
3 Dep/h Consecutivos	3	33	0	36	0	18	17	35	1	26	6	33	1	26	6	33	71	66	137

<b>CASO C+B. CONFIGURACIÓN NORTE</b>																			
DESPEGUES DE LETO 23	SALIDAS BARAJAS (DEP) Ops/hora								LLEGADAS BARAJAS (ARR) Ops/hora								TOTAL		
	36R				36L				33R				33L				DEP	ARR	TOT
	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total	L	M	P	Total			
0 Dep/h	3	32	0	35	0	18	18	36	2	27	8	37	2	27	8	37	71	74	145
1 Dep/h	3	32	0	35	0	18	19	37	2	26	6	34	2	24	8	34	72	68	140
3 Dep/h	3	33	0	36	0	18	19	37	1	22	5	28	2	20	6	28	73	56	129
3 Dep/h Consecutivos	3	31	0	34	0	18	18	36	2	25	6	33	2	23	7	32	70	65	135



**Tabla 10.- Configuración Norte. Impacto de la Operación IFR de Torrejón en Barajas. Comparativa Modelos A+B y C+B.**





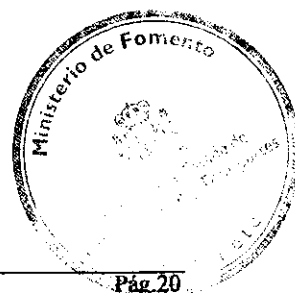


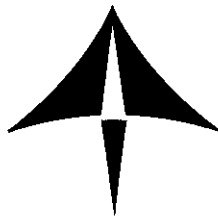
## 5.5.- Conclusiones

Al comparar los resultados obtenidos para los modelos A+B y C+B, sobresalen los siguientes puntos:

### CONFIGURACIÓN NORTE:

- La pérdida de capacidad en Barajas que suponen cada operación de despegue (no consecutivos) desde la pista 23 de Torrejón es aproximadamente:
  - 4 ops/h en el modelo A+B.
  - 5 ops/h en el modelo C+B.
- Aún así el modelo A+B en general proporciona valores inferiores de capacidad debido a que el modelo original, sin interferencias por parte de Torrejón, tiene una capacidad máxima de partida inferior a la del modelo C+B: 142 ops/h frente a 145 ops/h.
- En ambos modelos (A+B y C+B) se produce una fuerte disminución en las operaciones de llegada a las pistas de Barajas (operaciones interferidas por los despegues de la pista 23 de Torrejón) y un ligero aumento de las operaciones de salida, efecto producido de manera indirecta como consecuencia del bloqueo que una de las pistas de aterrizaje de Barajas ejerce sobre ambas pistas de despegue.
- En el caso de despegar de manera consecutiva los despegues de la pista 23 de Torrejón, se reduce su impacto negativo sobre Barajas, aunque la reducción de operaciones en Barajas sigue siendo elevada.
- En ambos modelos (A+B y C+B) y sea cual sea la modalidad de operación de los despegues desde la pista 23 de Torrejón (espaciados ó de manera consecutiva) el número de operaciones perdidas en Madrid-Barajas es superior al número de despegues de Torrejón causantes de la interferencia.





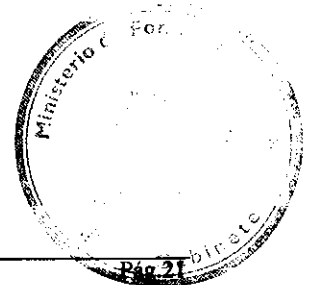
## CONFIGURACIÓN SUR

- El impacto negativo de los despegues de la pista 23 de Torrejón es más acusado en el modelo C+B que en el A+B. Por cada operación de despegue desde la pista 23 de Torrejón (despegues espaciados) se pierden en Barajas:
  - 7 ops/h en el modelo A+B.
  - 15 ops/h en el modelo C+B.
- La razón de que el modelo C+B soporte un impacto negativo más acusado es que son las operaciones de salida desde ambas pistas de despegue las que se ven afectadas por los despegues desde la pista 23 de Torrejón, mientras que en el modelo A+B sólo se ven afectados los despegues de una de las pistas (la 19L).
- En ambos casos (A+B y C+B), el impacto negativo de los despegues de la pista 23 de Torrejón es superior en Configuración Sur de lo que es en Configuración Norte. La razón es que en Configuración Norte el perjuicio incide en las operaciones de llegada y la reducción del número de llegadas/hora tiene un efecto secundario de permitir más despegues debido a las dependencias existentes entre pistas. Ese efecto secundario positivo no se da en Configuración Sur, ya que las salidas de la pista 23 de Torrejón inciden directamente sobre las operaciones de salida de Barajas.
- En el caso del modelo A+B, las operaciones de aproximación a la pista 23 de Torrejón no tienen ninguna influencia, mientras que para el modelo C+B sí tenían un impacto negativo en los despegues de una de las pistas de salida (la 15L).

## 6.- CONCLUSIONES FINALES DEL ESTUDIO

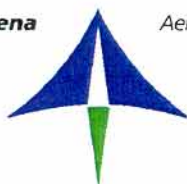
Como conclusiones finales del estudio, se pueden señalar:

- El modelo A+B tiene una capacidad máxima de ops/h inferior a la del modelo C+B:
  - Configuración Norte: A+B = 142 ops/h; C+B = 145 ops/h.
  - Configuración Sur: A+B = 144 ops/h; C+B = 146 ops/h.
- Las operaciones de salida desde la pista 23 de Torrejón tienen un impacto negativo que afectaría notablemente a las operaciones del futuro aeropuerto de Madrid-Barajas, en ambas configuraciones (Norte y Sur) y sobre ambos modelos (A+B y C+B).



**Aena**

*Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea*



**DIRECCIÓN DE SISTEMAS E INSTALACIONES DE NAVEGACIÓN AÉREA  
DIVISIÓN DE DESARROLLO DEL SNA**

**ANÁLISIS COMPARATIVO:  
FSAM CASO C+B/ CASO A+B.  
CAPACIDAD/DEMORA DEL SISTEMA  
AEROPUERTO/TMA**



**Abril de 1999**





## ANÁLISIS COMPARATIVO: FSAM CASO C+B / FSAM CASO A+B

### CAPACIDAD/DEMORA DEL SISTEMA AEROPUERTO/TMA

#### 1.- OBJETO

El objeto de este documento es realizar un análisis comparativo de los niveles de demora y calidad de servicio del sistema aeropuerto-TMA de Madrid-Barajas, para las posibles alternativas de desarrollo del sistema aeroportuario: **FSAM caso C+B y FSAM caso A+B.**

Los modelos objeto de estudio han sido analizados mediante procesos de simulación en tiempo acelerado con la herramienta de simulación SIMMOD v. 2.03 de la FAA, y los resultados obtenidos se encuentran indicados en los documentos:

- “Análisis de Capacidad/Demora del Sistema Aeropuerto/TMA. FSAM Caso C+B” Diciembre 1998 [1]
- “Análisis de Capacidad/Demora del Sistema Aeropuerto/TMA. FSAM Caso A+B” Abril 1999 [2].

En este informe se analizarán comparativamente los resultados obtenidos en los documentos citados.

#### 2.- COMPARACIÓN DE RESULTADOS

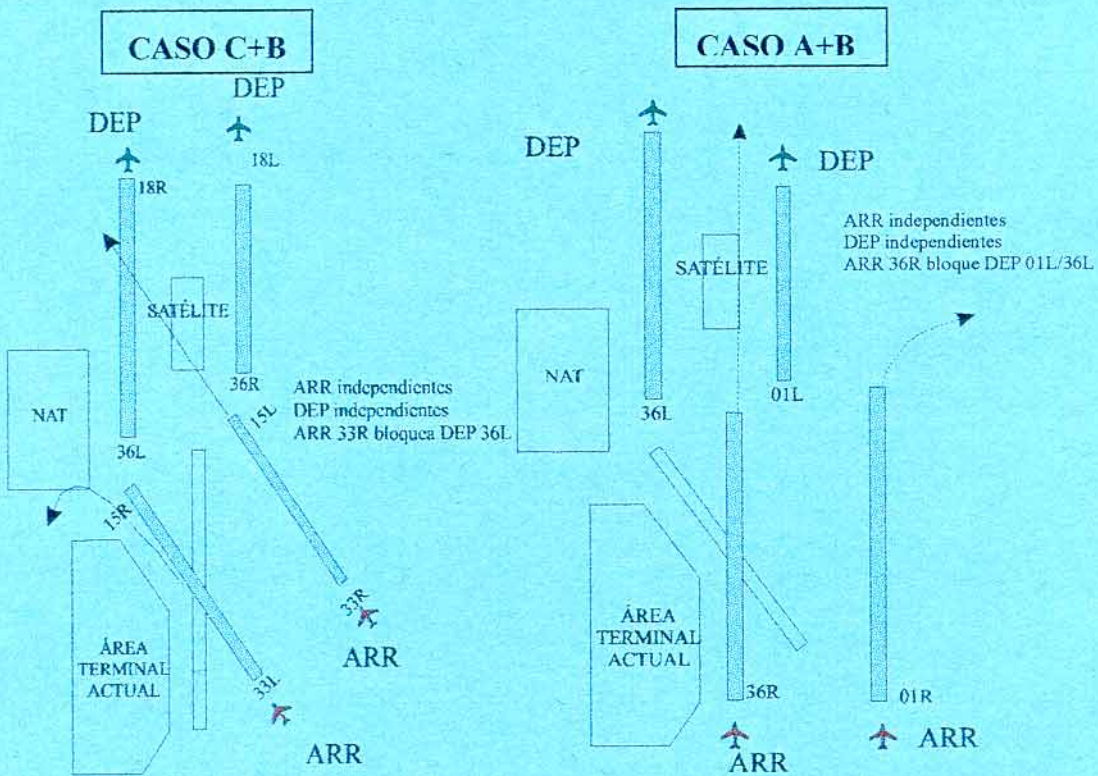
Se exponen por separado los resultados comparativos de los casos C+B y A+B relativos a la Configuración Norte y a la Configuración Sur.







## A) Configuración Norte



### Aspectos Generales

- Los niveles de tráfico de saturación correspondientes a cada uno de los modelos A+B y C+B son semejantes y su valor es de 1850 ops./día.
- El pico de operaciones con distribución de tráfico acorde con el perfil del día tipo, es de 119 ops./h (a las 17:00h) para ambos casos.



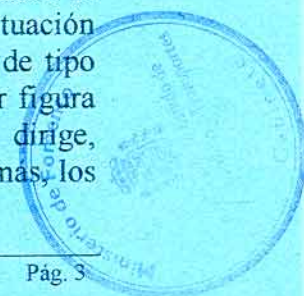




- Los parámetros principales correspondientes al nivel de tráfico de saturación de ambos modelos se muestran en la siguiente tabla. Aunque las diferencias son mínimas, se observa que las demoras de las salidas son ligeramente superiores en el modelo C+B. Ello obedece a que en el caso C+B es la pista de llegadas con mayor demanda de tráfico (33R) la que impone bloqueos sobre ambas pistas de salida. En cambio, para el modelo A+B la pista bloqueadora resulta ser la 36R, que es de las dos pistas de llegadas aquella que absorbe menos tráfico, por lo que las operaciones de salida ven disminuidas sus demoras. Por tanto, en estos parámetros fundamentales, un factor muy influyente resulta ser la distribución de demanda entre las diferentes pistas para ambos modelos.

CONFIGURACIÓN NORTE		Modelo A+B	Modelo C+B
	<b>CARGA TRÁFICO SATURACIÓN</b>	1850 ops./día	1850 ops./día
<b>SALIDAS</b> <i>Demoras en Área de Maniobras y proporción demoradas</i>	<b>DEMORA MEDIA (minutos)</b> Limite: 4-4.5 min	3.94 min	4.03 min
	<b>Nº SALIDAS DEMORADAS (Nº de ops / % del total)</b> Limite: 60%-70%	563 / 60.93 %	544 / 58.87 %
	<b>DEMORA MEDIA DEMORADOS (minutos)</b>	6.48 min	6.84 min
<b>LLEGADAS</b> <i>Demoras en Espacio Aéreo</i>	<b>DEMORA MEDIA (minutos)</b>	<i>Pista 36R: 3.67 Pista 01R: 17.59 TOTAL: 11.82</i>	<i>Pista 33L: 3.85 Pista 33R: 17.43 TOTAL: 11.80</i>

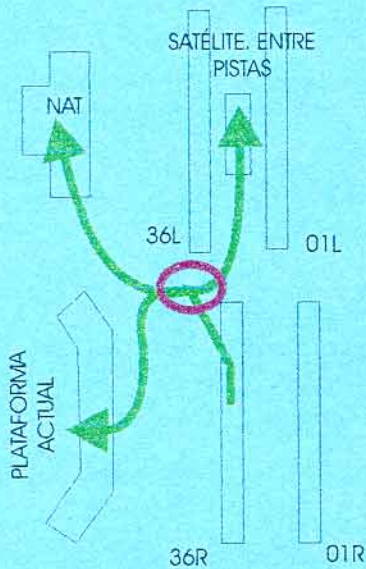
- Comparando los valores correspondientes a algunos de los parámetros secundarios, se observan diferencias importantes en algunos de ellos:
  - La demora media en rodadura para las llegadas aumenta en un 133% para el caso A+B con respecto al C+B. Esto es debido a que el flujo de llegadas a la pista 33L en el caso C+B tiene más posibilidades de segregación, ya que las aeronaves que se dirigen a estacionar a la actual plataforma abandonan la pista por las calles de la izquierda. En cambio, las aeronaves que se dirigen al NAT y al satélite entre pistas hacen uso de la calle de salida rápida a la derecha. Para el modelo A+B, la pista homóloga 36R, por su situación relativa frente a los terminales, obliga a que la mayoría de tráfico de tipo pesado y medio recorra un trayecto en común muy prolongado (ver figura adjunta) independientemente del estacionamiento al que se dirige, existiendo menos diversificación del flujo que en el caso C+B. Además, los



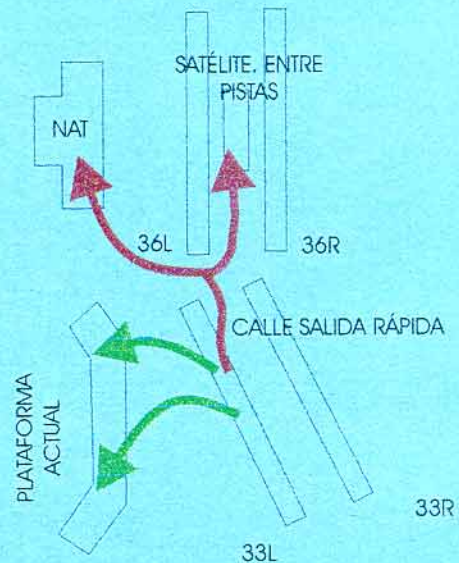




tiempos de recorrido en rodadura de las llegadas también son mayores (un 5%) en el modelo A+B, al estar más alejadas las pistas de aterrizaje respecto de los terminales.



**CASO A+B**



**CASO C+B**

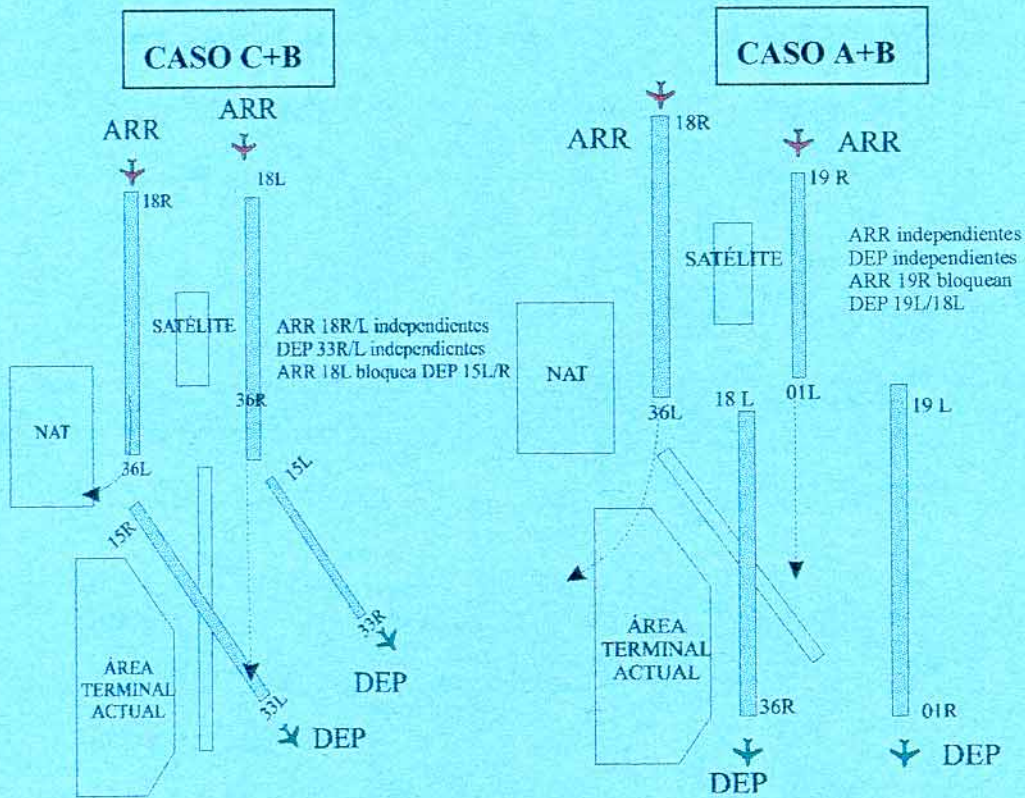
- La demora media en rodadura para las salidas disminuye en un 19% para el caso A+B con respecto al C+B. Esto es debido a que en el caso A+B el acceso a la cabecera de despegues 01L se realiza de forma segregada para las aeronaves procedentes de la actual plataforma de estacionamiento ó del NAT, y las procedentes del satélite entre pistas. Además, los tiempos de recorrido en rodadura son mayores en el caso C+B (del orden del 5,7%).
- Se puede concluir que en lo que a gestión de rodadura respecta (demora en rodadura y tiempos de recorrido) el modelo A+B presenta, respecto del modelo C+B, una situación bastante peor para las llegadas y ligeramente mejor para las salidas.
- En lo referente a la repercusión de las operaciones de Barajas sobre el aeropuerto de Torrejón, indicar que para ambos modelos se alcanzan valores muy elevados en las demoras de las operaciones de salida de Torrejón, como consecuencia de los bloqueos impuestos sobre los despegues desde la pista 23. En ambos modelos, los niveles de demora alcanzados en Torrejón desaconsejan la operación de los despegues por la pista 23.







## B) Configuración Sur



### Aspectos Generales

- Los niveles de tráfico de saturación correspondientes a cada uno de los modelos A+B y C+B son semejantes y su valor es de 1775 ops./día.
- El pico de operaciones con distribución de tráfico acorde con el perfil del día tipo, es de 119 ops./h (a las 17:00h) para el caso C+B, y de 117 ops./h (a las 17:00h) para el caso A+B.







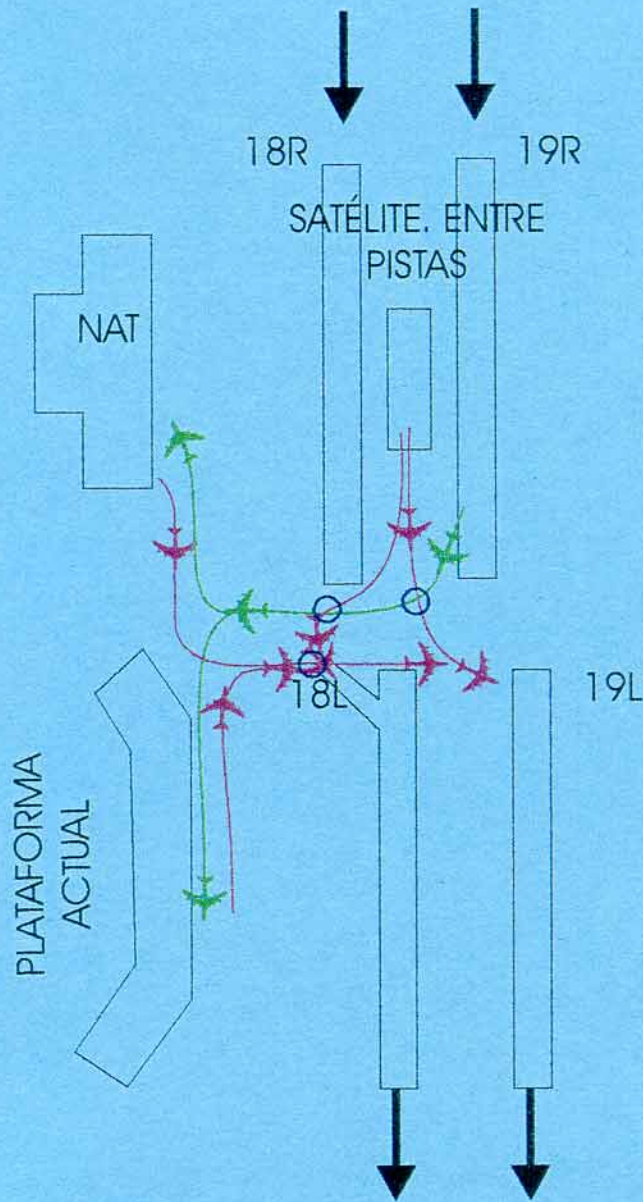
- Los parámetros principales correspondientes al nivel de tráfico de saturación de ambos modelos se muestran en la siguiente tabla. Se observa que las demoras de las salidas son superiores en el modelo A+B. La razón es que en el caso A+B los bloqueos impuestos por una de las pistas de llegadas sobre ambas pistas de salida son más restrictivos que en el caso C+B.

CONFIGURACIÓN SUR		Modelo A+B	Modelo C+B
	<b>CARGA TRÁFICO NOMINAL</b>	1775 ops./día	1775 ops./día
<b><i>SALIDAS</i></b> <i>Demoras en Área de Maniobras y proporción demoradas</i>	<b>DEMORA MEDIA (minutos)</b> Limite: 4-4.5 min	3.46	3.29
	<b>N° SALIDAS DEMORADAS (N° de ops / % del total)</b> Limite: 60%-70%	587 / 66.4 %	589 / 66.63 %
	<b>DEMORA MEDIA DEMORADOS (minutos)</b>	5.20	4.93
<b><i>LLEGADAS</i></b> <i>Demoras en Espacio Aéreo</i>	<b>DEMORA MEDIA (minutos)</b>	<i>Pista 19R: 18.7</i> <i>Pista 18R: 1.8</i> <i>TOTAL: 12.9</i>	<i>Pista 18L: 18.7</i> <i>Pista 18R: 1.8</i> <i>TOTAL: 12.9</i>

- De manera análoga a la Configuración Norte, se detallan a continuación las diferencias más notables encontradas al comparar los parámetros secundarios:
- Las demoras medias en rodadura son inferiores en un 28% para las llegadas, y un 15% para las salidas, para el caso C+B con respecto al A+B. Esto es debido a que en el caso C+B existe una mayor segregación de flujos en rodadura tanto para las llegadas como para las salidas. En el modelo A+B resulta especialmente crítica la zona adyacente a la cabecera de la pista de despegues 18L, ya que al hecho de no existir apartaderos de espera adecuados, se añade el factor de ser una zona donde confluyen grandes flujos de circulación, en concreto los flujos de despegue hacia ambas pistas de salida junto con las llegadas que aterrizando por la pista 19R se dirigen a estacionar al NAT y a la actual plataforma.







- En el modelo A+B el impacto sobre las operaciones de Torrejón es bastante inferior al del modelo C+B, sin embargo, conviene recordar que Barajas opera en Configuración Sur aproximadamente el 10% del tiempo, siendo difícil, por la irregularidad de la Configuración Sur, programar con la suficiente anticipación los despegues por la pista 23 de Torrejón.



**Aena**

*Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea*



**DIRECCIÓN DE SISTEMAS E INSTALACIONES DE NAVEGACIÓN AÉREA  
DIVISIÓN DE DESARROLLO DEL SNA**

**ANÁLISIS  
CAPACIDAD/DEMORA DEL  
SISTEMA  
AEROPUERTO/TMA.  
FSAM CASO A+B**

**Abril de 1999**







## RESUMEN EJECUTIVO

El objeto del estudio es determinar el nivel de saturación de las operaciones en el Futuro Aeropuerto-TMA de Madrid-Barajas para el caso A+B del proyecto FSAM, atendiendo a los niveles de demora y calidad de servicio aceptables en la operación, tanto para Configuración Norte como para Configuración Sur.

Las conclusiones generales obtenidas para el caso A+B del proyecto FSAM son análogas a las del modelo C+B, debido a que el sistema aeropuerto-TMA es semejante en ambos modelos. Las diferencias entre los casos A+B y C+B se basan en parámetros secundarios, y se indican en el documento "Análisis comparativo: "FSAM caso C+B/FSAM caso A+B. CAPACIDAD/DEMORA DEL SISTEMA AEROPUERTO/TMA"

### A) Configuración Norte:

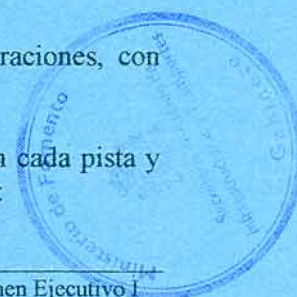
- El nivel de tráfico de saturación es de **1850 ops/día**. El pico de operaciones, con distribución de tráfico acorde con el perfil del día tipo, es de **119 ops/h** (a las 17:00h).
- Con el perfil propio del día tipo, el máximo nº de ops/hora alcanzado en cada pista y los máximos globales de llegadas y salidas son (no en horas coincidentes):

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	36R	01R	36L	01L
Ops/h	32	36	42	40
Máx.	(17:00 h)	(19:00 h)	(15:00 h)	(06:00 h)
Picos de Arr/h y Sal/h .	LLEGADAS		SALIDAS	
	65 (17:00 h)		64 (15:00 h)	

- El estado de saturación se presenta de forma simultánea en el Área de Maniobras y en el Espacio Aéreo (rutas de llegada del TMA).
- El principal problema identificado en Espacio Aéreo es el desequilibrio de demanda de llegadas a las 2 pistas de aterrizaje.
- Las demoras en rodadura así como los tiempos de rodaje son superiores para las aeronaves que operan en las nuevas pistas 01R/19L y 01L/19R, debido a la posición relativa de los estacionamientos.

### B) Configuración Sur:

- El nivel de tráfico de saturación es de **1775 ops/día**. El pico de operaciones, con distribución de tráfico acorde con el perfil del día tipo, es de **117 ops/h**.
- Con el perfil propio del día tipo, el máximo nº de ops/hora alcanzado en cada pista y los máximos globales de llegadas y salidas son (no en horas coincidentes):







	LLEGADAS		SALIDAS	
PISTA	19R	18R	19L	18L
Ops/h Máx.	35 (19:00 h)	36 (20:00 h)	33 (15:00 h)	36 (15:00)
Picos de Arr/h y Sal/h	LLEGADAS		SALIDAS	
	70 (20:00 h)		69 (19:00 h)	

- El estado de saturación se presenta con antelación en el Espacio Aéreo debido al desequilibrio de demanda a ambas pistas de llegada 19R y 18R.
- Al igual que sucede en el modelo C+B, la ubicación de las posiciones de estacionamiento con respecto a las 4 pistas ocasiona aumento de las demoras en rodadura y tiempos de rodadura excesivamente prolongados como ya sucediera en Configuración Norte.

### C) Operaciones en Torrejón

- Para esos niveles de Tráfico en Barajas, en Configuración Norte las operaciones de despegue por la pista 23 de Torrejón resultan inviables debido a las demoras acumuladas, consecuencia directa de la prioridad natural de operación de Barajas.
- En Configuración Sur los valores de demora en el lado tierra para las salidas en el aeropuerto de Torrejón son inferiores, sin embargo conviene recordar que Barajas opera en esta configuración aproximadamente el 10% del tiempo, siendo difícil programar con la suficiente anticipación los despegues por la pista 23 de Torrejón.

A partir de las conclusiones obtenidas se proponen las siguientes recomendaciones:

#### Recomendaciones referentes al área de maniobras:

- Aumentar el número de posiciones de estacionamiento en el Satélite situado entre pistas, ó bien habilitar más edificios Satélites próximos a las cabeceras de las pistas 36L, 36R y 15L, 15R.
- Mejorar el acceso del tráfico a las futuras pistas de despegue (36R en Conf. Norte y 15L en Conf. Sur) haciendo uso de las calles de salida previstas para ellas.

#### Recomendaciones referentes al espacio aéreo:

- Compensar en futuros refinamientos del diseño del TMA los desequilibrios de demanda en las rutas a ambas pistas de aterrizaje (especialmente crítico en el caso de la Configuración Sur).





## ÍNDICE

1.- OBJETO .....	1
2.- ALCANCE .....	1
3.- BASES DEL ESTUDIO .....	2
3.1.- Herramienta de simulación .....	2
3.2.- Datos de partida .....	2
4.- METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	3
4.1.- Planteamiento y características particulares .....	3
4.2.- Parámetros objeto de análisis .....	4
4.3.- Límites de admisibilidad de los parámetros principales .....	5
4.4.- Nivel de detalle en la modelización .....	7
4.5.- Descripción de los modelos .....	7
4.6.- Cargas de tráfico .....	10
5.- RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES .....	14
5.1.-Parámetros principales .....	14
5.1.1.-Resultados de los parámetros principales .....	14
5.1.2.- Análisis de resultados .....	30
5.1.2.1.- Configuración Norte .....	30
5.1.2.2.- Configuración Sur .....	31
5.2.- Parámetros secundarios .....	32
5.2.1.- Configuración Norte .....	32
5.2.2.- Configuración Sur .....	35
5.3.- Resultados referidos a la Base de Torrejón .....	36
6.- CONCLUSIONES DEL ESTUDIO .....	37
7.- RECOMENDACIONES .....	41

ANEXO I: CARTAS DE SALIDA Y LLEGADA INSTRUMENTALES NORMALIZADAS  
ANEXO I: DISEÑO DEL FUTURO ÁREA DE MANIOBRAS  
ANEXO III: CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE BLOQUEO PARA EL CASO A+B





## ANÁLISIS CAPACIDAD/DEMORA DEL SISTEMA AEROPUERTO-TMA.

### FSAM CASO A+B

#### 1.- OBJETO

El objeto del estudio es determinar el nivel de saturación de las operaciones en el futuro aeropuerto-TMA de Madrid-Barajas (caso denominado A+B del proyecto FSAM), atendiendo a los niveles de demora y calidad de servicio aceptables en la operación, tanto para los modelos de Configuración Norte como Sur.

Este informe complementa anteriores estudios de simulación de AENA para el grupo FSAM:

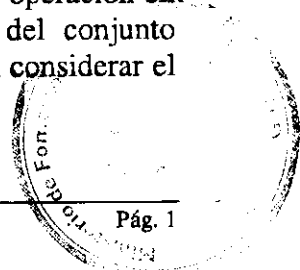
- *“Simulación del Desarrollo del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas”* Marzo 1998 [1].
- *“Estudio de Capacidad del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas. Caso C+B”*. Julio 1998 [2].
- *“Estudio del Impacto de la Operación IFR en el Aeropuerto de Torrejón sobre el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas”*. Octubre 1998 [3].
- *“Análisis de Capacidad/Demora del Sistema Aeropuerto/TMA. FSAM Caso C+B”* Diciembre 1998 [4].

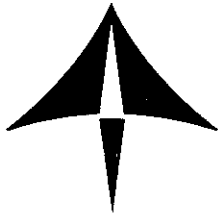
Este estudio responde a la demanda del grupo FSAM de analizar el completo desarrollo del modelo A+B, tanto en su lado tierra, rodadura y plataforma, como en su lado aire, procedimientos y operación en TMA, determinando la “Capacidad Práctica” del mismo.

#### 2.- ALCANCE

El estudio parte de una información detallada del diseño del área de maniobras del futuro aeropuerto, así como de un diseño de la estructura, rutas y procedimientos operativos del TMA asociado. Ello permitirá ofrecer resultados realistas que contemplen el conjunto de la operación aeroportuaria y de su entorno y la totalidad de las restricciones que puedan afectarle.

El objetivo de este estudio es determinar el comportamiento previsible de la operación en el aeropuerto, y en particular, el punto de saturación de la operación del conjunto Aeropuerto-TMA en función de la demora admisible (Capacidad Práctica) al considerar el escenario completo, con las siguientes premisas de operación:





- Distribución de tráfico de acuerdo al perfil del día tipo.
- Distribución de tráfico en pistas según origen, destino y rutas de llegada y salida del aeropuerto.
- Diseño detallado del área de maniobras.
- Políticas concretas de asignación de estacionamientos.
- Diseño detallado de las rutas y procedimientos operativos del TMA.
- Prioridad de las operaciones en Barajas frente a las de Torrejón.

El tráfico empleado se corresponde con el mismo día tipo real (1 de Abril de 1998) utilizado para el caso precedente C+B, con el adecuado reparto según rutas de llegada y salida. Del mismo modo que en el estudio anterior, se incrementará el tráfico progresivamente hasta los niveles de saturación y se analizarán, entre otros, los siguientes parámetros: ops/h, demoras en tierra y en aire, etc., para determinar el nivel de saturación del sistema Aeropuerto-TMA.

### **3.- BASES DEL ESTUDIO**

Los modelos objeto de estudio han sido analizados mediante procesos de simulación en tiempo acelerado, teniendo en cuenta el diseño detallado del área de maniobras, la estructura de un diseño previo de TMA y las cargas de tráfico representativas. Se describen a continuación las principales bases del estudio.

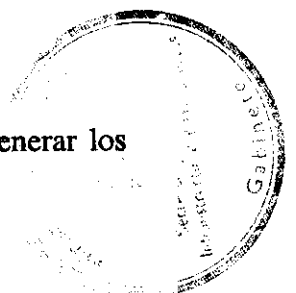
#### **3.1.- Herramienta de simulación**

La herramienta de simulación empleada es el Simulador de Espacio Aéreo y Aeropuertos SIMMOD v. 2.0.3. de la FAA.

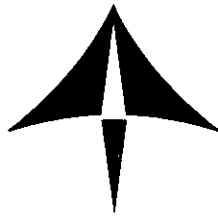
Esta herramienta permite modelar y simular los diversos escenarios, obteniendo resultados referentes a número de operaciones (en zonas del aeropuerto, pistas, rutas y sectores del espacio aéreo), relación demanda/flujo, demoras experimentadas, etc.

#### **3.2.- Datos de partida**

La información geométrica y operativa empleada como dato de entrada para generar los modelos, se ha obtenido de las siguientes fuentes:







1. *"Aeropuerto de Madrid/Barajas. Definición de Campo de Vuelo. Borrador"*. Octubre 1998 [5]. Dirección de Planificación Aeroportuaria.
2. Plano del aeropuerto de Madrid Barajas. Configuración con 5 pistas, propuesta 1. Dirección Corporativa de Planificación. Diciembre 98.
3. *"Estudio de Procedimientos. Caso A+B"*. Septiembre 1998. División de Organización y Reglamentación DCCA/Aena SSCNA para el grupo FSAM. [6].
4. *"Procedimientos Operativos Actuales y Previstos en el TMA de Madrid"*. Carta de Acuerdo Madrid-APP-Barajas TWR. Septiembre 1998. División ATS Región Centro. [7].
5. Modelos básicos y parámetros generales validados y utilizados en el estudio *"Simulación del Área de Maniobras en el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas"* (DDSNA, junio 1997). [8].
6. Perfiles y distribución de tráfico en Barajas y Torrejón obtenidos de la base de datos Picasso.
7. Carga de Tráfico que proporciona la máxima capacidad horaria en el modelo A+B del FSAM *"Estudio de Capacidad del Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas. Caso A+B"* (DDSNA, Abril 1999).[9].
8. Definición de umbrales actuales y futuros *"Proyecto FSAM. Emplazamiento Actual. Alternativas de Desarrollo"* Febrero 98 [10].

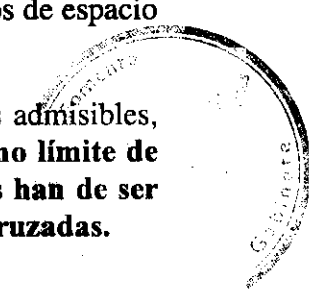
#### 4.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

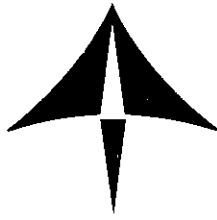
En los siguientes apartados se expone el proceso de simulación empleado.

##### 4.1.- Planteamiento y características particulares

El objetivo buscado con este estudio es determinar el nivel de operación del conjunto Aeropuerto-TMA dentro de unos márgenes de calidad de servicio aceptables. A fin de que los resultados sean realistas, ha de tomarse una aproximación global que considere todos los efectos, tanto los debidos a la rodadura y estacionamientos como los propios de espacio aéreo con el consiguiente reparto de tráfico.

Los márgenes de calidad de servicio se establecen en función de las demoras admisibles, tanto en el lado tierra como en el lado aire de la operación. **Se establece como límite de admisibilidad que las demoras en el futuro desarrollo de Madrid-Barajas han de ser inferiores a las experimentadas en el escenario de referencia con 2 pistas cruzadas.**





Este criterio ha sido empleado con carácter general en las actividades de diseño y simulación de la 3ª pista de Madrid-Barajas, y en el asociado rediseño tanto de la rodadura y área de maniobras como del TMA; y como tal, validado por los diferentes grupos de trabajo del Plan ATM.

Existen 2 aspectos fundamentales que obligan, para determinar la saturación del aeropuerto, a considerar el conjunto Aeropuerto-TMA:

- Las interrelaciones de las operaciones de Barajas con los otros aeródromos de Madrid, en especial Torrejón.
- Los desequilibrios de demanda en llegadas para ambas pistas en las dos configuraciones Norte y Sur (36R-01R y 18R-19R, respectivamente).

Este desequilibrio provoca, ante incrementos del nivel de tráfico, la saturación anticipada de una de las dos pistas de llegada, originando demoras y saturación en el espacio aéreo. Igualmente se tendrá una situación de desequilibrio en las 2 pistas de salida en el lado tierra, si bien los desequilibrios en este caso serán menores.

Por tanto, el objeto de este estudio se materializa en la determinación del nivel de operaciones/día para el que el sistema Aeropuerto-TMA comienza a experimentar problemas de gestión de movimientos y niveles no admisibles de demoras.

#### **4.2.- Parámetros objeto de análisis**

Los parámetros analizados son los siguientes:

##### **A) Conjunto Aeropuerto de Barajas-TMA:**

- **Parámetros principales:** con ellos se determina el nivel de tráfico para el que se produce saturación del conjunto Aeropuerto-TMA.
  - Valores de demora media en lado tierra, a lo largo del día, para las salidas. (Se tiene en cuenta la demora en cola de despegue, en rodadura y en estacionamiento por saturación de cola de despegue).
  - Número y porcentaje sobre el total de salidas demoradas en tierra. Se consideran como tales aquellas con demora superior a 1 minuto.
  - Demora media en Espacio Aéreo de las llegadas. Se especifican los valores correspondientes a las llegadas a cada pista por separado y para el total de llegadas.



- Perfiles, a lo largo del día, de la relación Demanda/Flujo de llegadas y salidas a Barajas. (Es decir, la relación entre las aeronaves que tienen previsto el uso de la pista y las aeronaves que realmente pudieron hacer uso de ella en el intervalo horario previsto).
- **Parámetros secundarios:** pretenden aportar información adicional acerca del funcionamiento del sistema.
  - Demoras medias, en rodadura, de las llegadas y salidas en el área de maniobras.
  - Tiempos nominales de rodadura en Madrid-Barajas para llegadas y salidas.
  - Demoras máximas en lado tierra de las salidas.

#### **B) Operaciones IFR en Torrejón:**

Sólo se consideran parámetros de carácter secundario, al objeto de determinar el impacto que tienen niveles de tráfico crecientes en Barajas.

- Demoras medias de las salidas en el área de maniobras.
- Demoras máximas experimentadas por alguna de las salidas en el área de maniobras.

#### **4.3.- Límites de admisibilidad de los parámetros principales**

El nivel de tráfico aceptable desde el punto de vista operativo (dado en nº de ops/día, en perfil horario y en hora punta) se determina a partir de los parámetros denominados principales al imponerles unos límites de admisibilidad. Los criterios de admisibilidad son fijados en los estudios para la construcción de la 3ª pista, cuantificados por la DDSNA en el documento "*Simulación del Área de Maniobras en el Futuro Aeropuerto de Madrid-Barajas*" junio 1997, y validados por el "Grupo de Movimientos de Aeronaves en Superficie" del Plan ATM.

En este informe se establece como límite para futuros desarrollos del Aeropuerto los niveles de demora experimentados por el Aeropuerto con 2 pistas cruzadas y un nivel de tráfico de 783 ops/día y perfil horario de día tipo. Estos son:

- **Demora media de las salidas en el área de maniobras: 4.0-4.5 min.** de demora media por aeronave y día. De forma adicional se consideraría como límite el punto de inflexión de la curva de demora media.
- **Proporción (%) de salidas demoradas más de 1 minuto en el área de maniobras (salidas demoradas):** se considera un margen comprendido entre el



60-70% de todas las salidas, es decir, 2/3 o más de las salidas experimentan demoras apreciables en el área de maniobras.

- **Demora media, en espacio aéreo, de las llegadas:** debido al desequilibrio existente entre los flujos absorbidos por las 2 pistas de aterrizaje de cada configuración, se fija como límite el **punto de inflexión para el que se dispara el ritmo de crecimiento** de esta demora al incrementarse el tráfico.
- **Perfiles de Demanda/Flujo para las operaciones en cada pista:** se buscan los niveles de tráfico para los que aparezca una **demanda punta sostenida de varias horas que no pueda ser atendida** por la pista en situación más crítica.

De acuerdo a los límites impuestos a estos 4 parámetros fundamentales se determinará el nivel de operación del conjunto TMA-Aeropuerto en ambas Configuraciones (Norte y Sur). Estos límites deben entenderse como un conjunto, es decir, que para considerar que el sistema se encuentra saturado no basta con que uno de ellos, de manera aislada, supere su límite, sino que será necesario el que varios de ellos sobrepasen los valores fijados. El orden en el que esos parámetros fundamentales excedan las limitaciones impuestas dará una idea precisa de cuales son los “cuellos de botella” del sistema y el orden cronológico con el que irán apareciendo.

En las tablas 1 y 2 se resumen los parámetros principales y secundarios del análisis de Capacidad Práctica.

PARÁMETROS PRINCIPALES	LÍMITES DE ADMISIBILIDAD
Demora media de las salidas en el área de maniobras	4.0-4.5 minutos/aeronave
Proporción de salidas demoradas más de 1 min. en área maniobras	60-70%
Demora media de las llegadas en espacio aéreo	Aumento del ritmo de crecimiento de la demora al aumentar el tráfico
Perfil Demanda/Flujo para todo el día	Demanda punta sostenida no atendida en pista más crítica

**Tabla 1.- Parámetros Principales y Límites Admisibilidad. Barajas-TMA.**

PARÁMETROS SECUNDARIOS	ÁREA DE APLICACIÓN
Demoras en rodadura de las llegadas y salidas	Área de maniobras de Barajas
Tiempos nominales de rodadura de las llegadas y	Área de maniobras de Barajas





salidas	
Distribución de conflictos de rodadura en área de maniobras	Área de maniobras de Barajas
Demoras medias de las salidas en área de maniobras	Área de maniobras de la Base de Torrejón
Demora máxima de las salidas en el área de maniobras	Área de maniobras de la Base de Torrejón

**Tabla 2.- Parámetros Secundarios. Barajas y Torrejón.**

#### **4.4.- Nivel de detalle en la modelización**

El grado de detalle implementado en la simulación se describe a continuación:

##### **A) Entorno aeroportuario:**

Implementación de la estructura detallada del aeropuerto, añadiendo estrategias detalladas de asignación de estacionamientos por compañías, pistas, origen y destino.

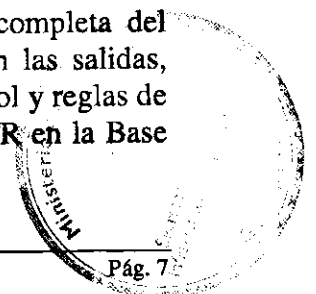
##### **B) Espacio aéreo:**

En este estudio se incorpora a la estructura detallada del aeropuerto el diseño en detalle del futuro TMA. Los aspectos más sobresalientes se detallan en los siguientes puntos:

- Estructura de rutas de salida (SID's): con sus correspondientes tramos, longitudes, derrotas, puntos de divergencia, y rangos de velocidades.
- Estructura de rutas de llegada (STAR's): tramos, longitudes, derrotas, puntos de entrada al TMA, puntos alimentadores, IAF's, tramos de aproximación inicial, intermedia y final, rangos de velocidades.
- Procedimientos operativos de control, con las correspondientes transiciones en los requisitos de separación a medida que las aeronaves se aproximan al aeropuerto desde la fase en ruta.
- Se incluye la Base de Torrejón, tanto su área de maniobras como las rutas de llegada y salida respetándose la prioridad de las operaciones de Barajas frente a las de Torrejón.

#### **4.5.- Descripción de los modelos.**

Estos modelos incorporan al diseño del área de maniobras la estructura completa del diseño de TMA, con sus rutas de salida, llegada, puntos de divergencia en las salidas, alimentadores en las llegadas, rangos de velocidades, procedimientos de control y reglas de separación. Como un elemento más del TMA, se ha incluido la operación IFR en la Base





Aérea de Torrejón, respetando la prioridad a las operaciones de Barajas sobre las de Torrejón para reproducir las condiciones de operación.

Configuración LEMD	Modelos	Nº Pistas LEMD operat.+inact.	Configuración de Pistas LEMD	Configuración Pistas LETO
NORTE	A+B	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 36 L Dep</li> <li>• 01 L Dep</li> <li>• 36 R Arr</li> <li>• 01 R Arr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 23 Dep</li> <li>• 05 Dep</li> <li>• 23 Arr</li> </ul>
SUR	A+B	4+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 19 L Dep</li> <li>• 18 L Dep</li> <li>• 19 R Arr</li> <li>• 18 R Arr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 23 Dep</li> <li>• 05 Dep</li> <li>• 23 Arr</li> </ul>

**Tabla 3.- Descripción de los Modelos del Estudio de Capacidad Práctica.**

#### **Modelo A+B. Configuración Norte**

- **Operaciones de LEMD:**

- Aproximaciones por las pistas 36R y 01R independientes.
- Salidas por las pistas 36L y 01L independientes.
- Las aproximaciones por la pista 36R bloquean por su procedimiento de frustrada a las salidas por las pistas 36L y 01L.

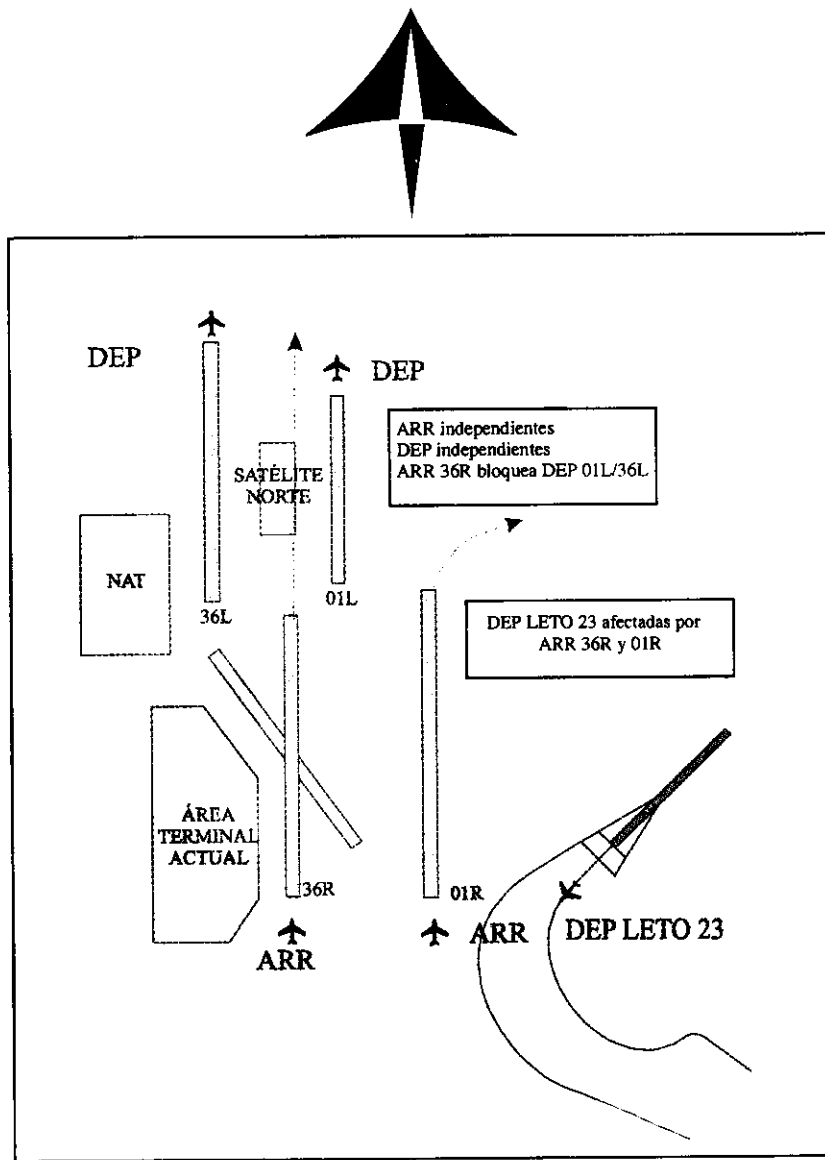
- **Operaciones de LETO:**

- Aproximaciones por la pista 23.
- Salidas por las pistas 23 y 05.

- **Dependencia entre operaciones LEMD-LETO:**

- Las llegadas a las pistas 36R y 01R de Barajas interfieren con las operaciones de salida por la pista 23 de Torrejón.



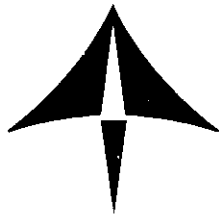


**Figura 1.- Configuración Norte. Modelo A+B. Estudio Capacidad Práctica.**

### **Modelo A+B. Configuración Sur**

- **Operaciones de LEMD:**
  - Aproximaciones por las pistas 19R y 18R independientes.
  - Salidas por las pistas 18L y 19L independientes.
  - Las aproximaciones por la pista 19R bloquean por su procedimiento de frustrada a las salidas por las pistas 18L y 19L.
- **Operaciones de LETO:**
  - Aproximaciones por la pista 23.
  - Salidas por las pistas 23 y 05.
- **Dependencia entre operaciones LEMD-LETO:**





- Las salidas de las pistas 19L de Barajas interfieren con las operaciones de salida por la pista 23 de Torrejón.

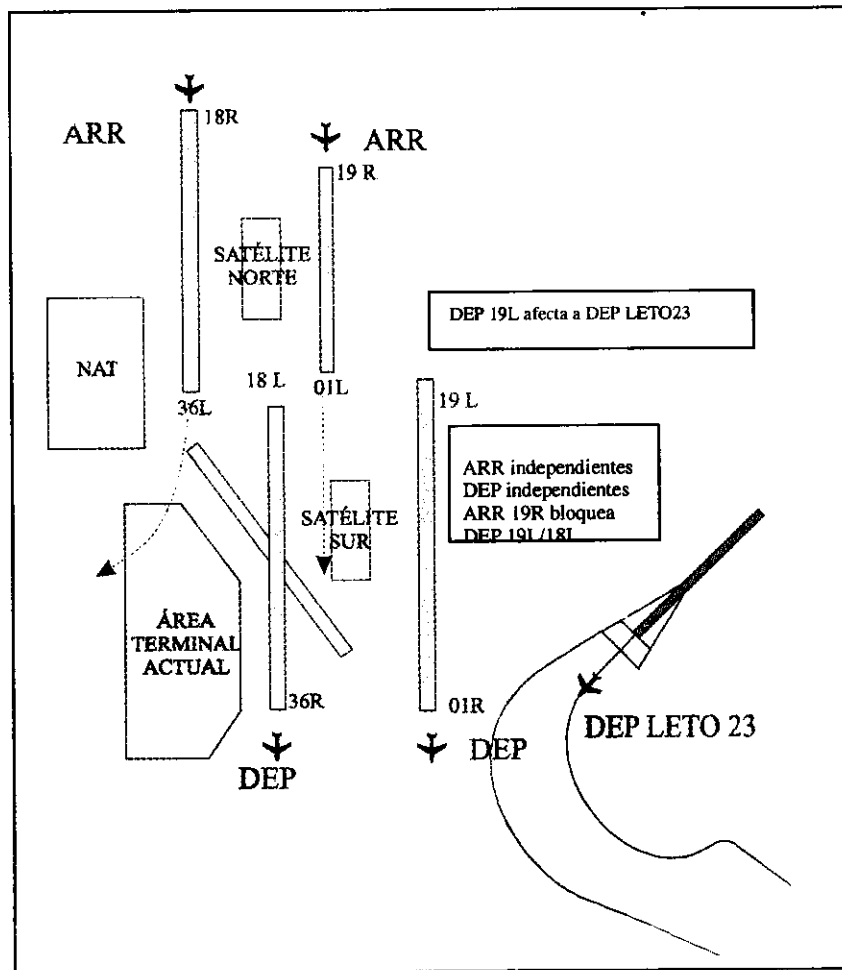


Figura 2.- Configuración Sur. Modelo A+B. Estudio Capacidad Práctica

#### 4.6.- Cargas de tráfico

La carga de tráfico empleada en el análisis del nivel de demora y conflictos corresponde a un día tipo actual, adaptado a las nuevas pistas e incrementado de forma uniforme hasta el número de operaciones totales necesario para saturar la operación manteniendo el perfil horario.

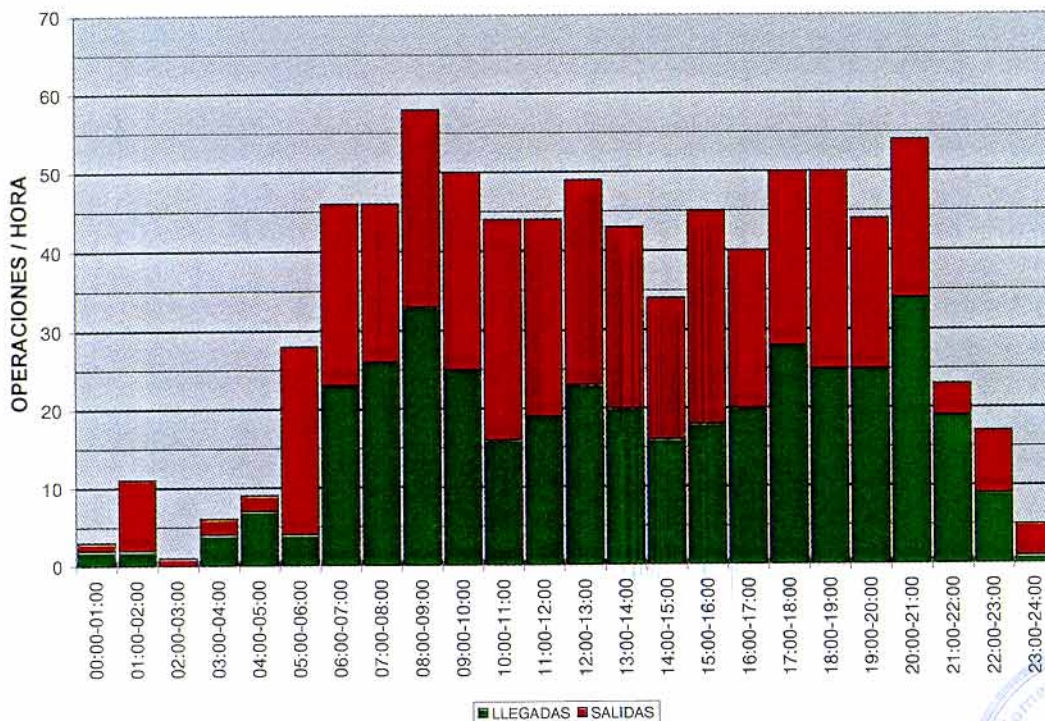
Las cargas de tráfico utilizadas son las siguientes:





- **Día tipo de referencia.** 1 Abril de 1998 con 800 movimientos en Madrid-Barajas y 42 operaciones IFR en Torrejón. La figura 3 representa el perfil horario de salidas/llegadas y totales del día tipo.
- **Día tipo adaptado a configuración de 4 pistas.** Las 800 operaciones del día tipo se redistribuyen en las 4 pistas del caso A+B teniendo en cuenta las rutas de llegada y salida a cada pista y el origen/destino de los vuelos. La tabla 4 indica la distribución de tráfico por pista en Configuración Norte y en Configuración Sur. Las figuras 4 y 5 representan de manera esquemática las rutas de llegada y salida de cada pista del caso A+B así como los porcentajes de tráfico absorbidos en Configuración Norte y Configuración Sur.
- **Tráfico incrementado.** Se incrementa el número de las operaciones en Madrid-Barajas del día tipo adaptado manteniendo constantes las de Torrejón. La tabla 5 recoge los valores nominales de tráfico en M-B resultantes de tales incrementos.

**TRÁFICO DÍA TIPO: 800 OPERACIONES**  
ANÁLISIS: CAPACIDAD / DEMORA CONJUNTO APTO.-TMA



**Figura 3.- Tráfico correspondiente al Día Tipo.**



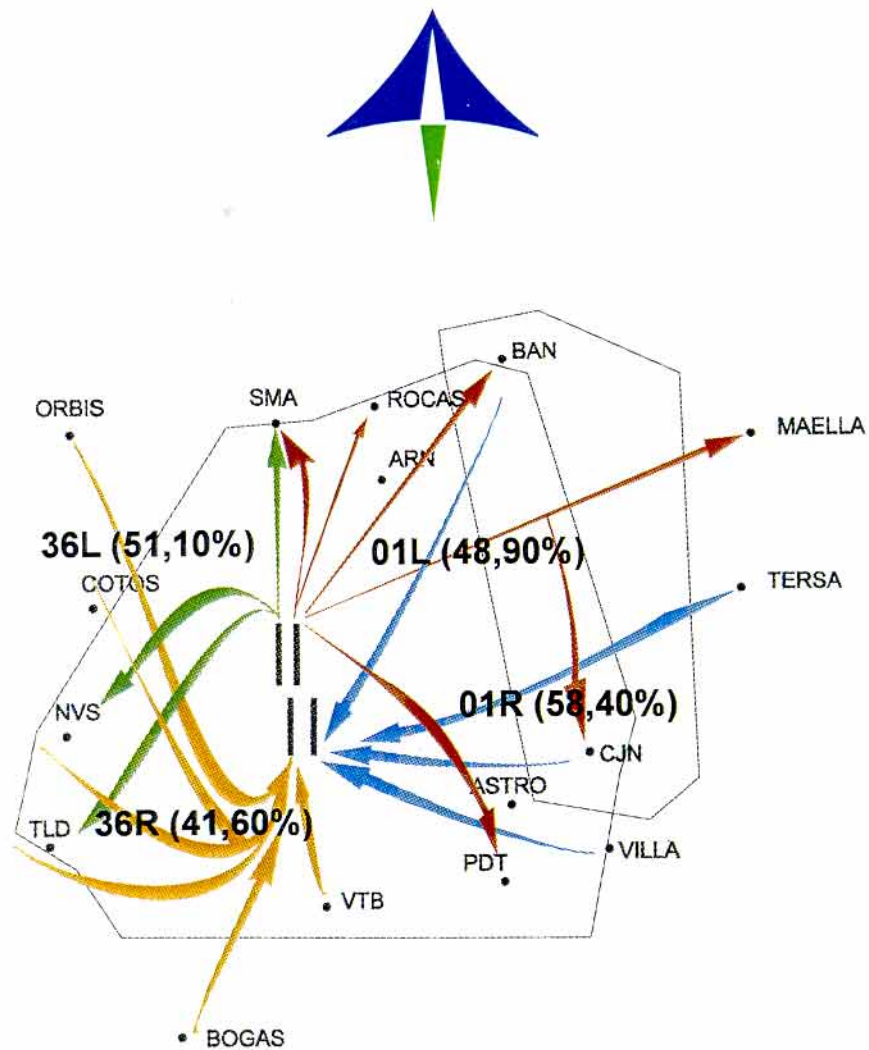


Figura 4.- Rutas de Llegada y Salida de cada Pista en Barajas A+B. Conf. Norte

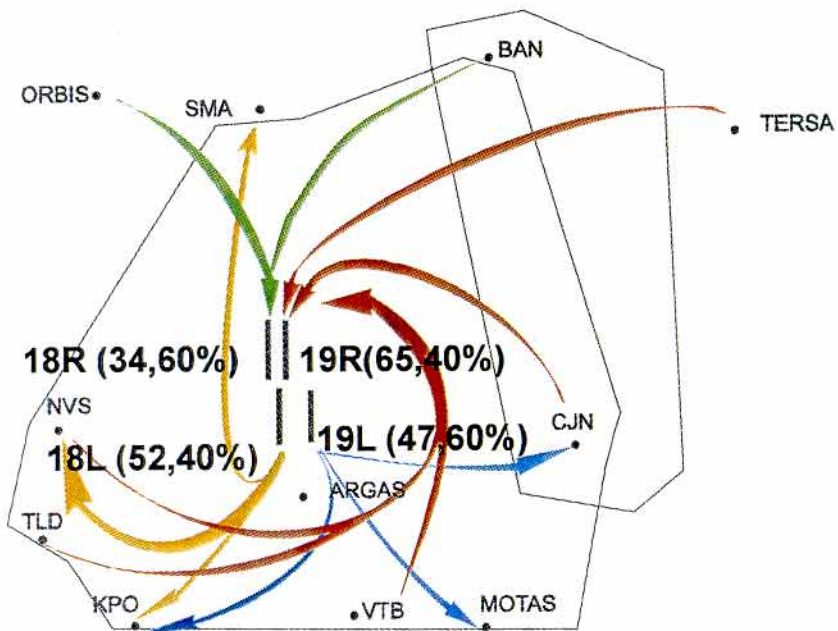


Figura 5.- Rutas de Llegada y Salida de cada Pista en Barajas A+B. Conf. Sur







CONFIGURACIÓN NORTE																				
Carga Tráfico	LLEGADAS									SALIDAS										
	800	36R (42%)				01R (58%)					36L (51%)					01L (49%)				
Op/día	L	M	H	Tot	L	M	H	Tot	Tot	L	M	H	Tot	L	M	H	Tot	Tot		
	10	138	18	166	25	178	30	233	399	18	146	41	205	27	160	9	196	401		
CONFIGURACIÓN SUR																				
Carga Tráfico	LLEGADAS									SALIDAS										
	800	19R (65%)				18R (35%)					19L (48%)					18L (52%)				
Op/día	L	M	H	Tot	L	M	H	Tot	Tot	L	M	H	Tot	L	M	H	Tot	Tot		
	24	204	33	261	14	109	15	138	399	22	155	14	191	23	151	36	210	401		

**Tabla 4.- Distribución de las Operaciones del Día Tipo original en Barajas.**

NIVELES NOMINALES DE TRÁFICO. N° de Ops/día en Barajas					
800	1100	1775	1850	1900	2050

**Tabla 5.- Incrementos Nominales de Tráfico.**

Los vuelos considerados para Torrejón son, exclusivamente, las operaciones IFR. El nivel de tráfico de Torrejón se mantiene constante sin incrementar. La distribución de vuelos es la que figura en la tabla 6.

TOTAL OPS./DÍA	LLEGADAS LETO23				SALIDAS LETO 05				SALIDAS LETO 23				TOTAL
	L	M	H	TOTAL	L	M	H	TOT	L	M	H	TOT	
42 ops./día	17	4	0	21	14	2	0	16	4	1	0	5	21

**Tabla 6.- Carga de Tráfico aplicada a la Base Aérea de Torrejón (Operaciones IFR)**





## 5.- RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

En los siguientes subapartados se presentan y analizan mediante tablas y figuras los siguientes resultados obtenidos:

- Parámetros principales.
- Parámetros secundarios.
- Resultados referidos a Torrejón.

### 5.1.-Parámetros principales

#### 5.1.1.-Resultados de los parámetros principales

- Demoras en área de maniobras de las salidas y proporción demoradas

En la tabla 7 se recogen los valores correspondientes a los diversos niveles de tráfico nominales empleados.

Configuración Norte			
CARGA TRÁFICO NOMINAL	SALIDAS		
	DEMORA MEDIA (minutos) Límite: 4-4.5 min (rodadura+cola despegue+estacionamiento)	Nº SALIDAS DEMORADAS Límite: 60%-70% Nº OPS. / (% sobre el total)	DEMORA MEDIA DEMORADOS (minutos)
800 Ops./día	0.27	49 (12.2%)	2.56
1100 Ops./día	0.76	143 (26.09%)	2.92
1775 Ops./día	3.07	488 (55.26%)	5.57
1850 Ops./día	<b>3.94</b>	<b>563 (60.93%)</b>	6.48
1900 Ops./día	4.5	588 (61.57%)	7.29
2050 Ops./día	6.02	679 (66.89%)	9.01
Configuración Sur			
CARGA TRÁFICO NOMINAL	SALIDAS		
	DEMORA MEDIA (minutos) Límite: 4-4.5 min (rodadura+cola despegue+estacionamiento)	Nº SALIDAS DEMORADAS Límite: 60%-70% Nº OPS. / (% sobre el total)	DEMORA MEDIA DEMORADOS (minutos)
800 Ops./día	0.55	81 (20.19%)	2.72
1100 Ops./día	1.07	185 (34.19%)	3.14
1775 Ops./día	3.46	<b>587 (66.4%)</b>	5.20
1850 Ops./día	<b>4.0</b>	656 (71.54%)	5.59
1900 Ops./día	4.62	712 (74.94%)	6.17
2050 Ops./día	6.15	800 (79.12%)	7.77

Tabla 7.- Valores de Demora en Área de Maniobras de las Salidas.





Se puede comprobar que los límites de admisibilidad fijados para estos parámetros principales se alcanzan de la siguiente forma:

- El límite de admisibilidad de la demora media se alcanza con un nivel de 1850 ops/día en ambas Configuraciones, Norte y Sur.
- El límite de proporción de salidas demoradas más de 1 minuto, se alcanza en Configuración Sur para 1775 ops/día, mientras en Configuración Norte se alcanza para 1850 ops/día.

- **Demora media en espacio aéreo de las llegadas:**

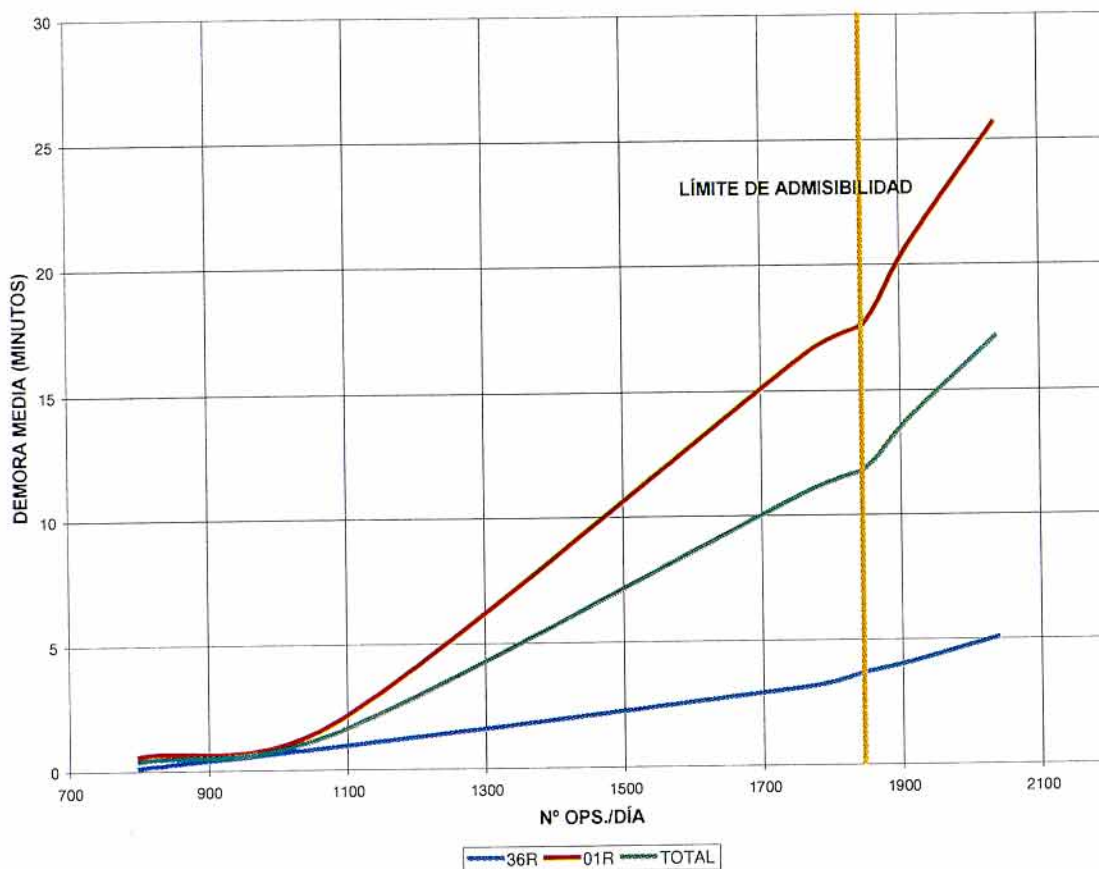
La tabla 8 recoge los correspondientes valores de este parámetro principal.

		Configuración Norte DEMORA MEDIA EN AIRE PARA LAS LLEGADAS(minutos)					
Nº Vuelos	800	1100	1775	1850	1900	2050	
36R	0.1	0.91	3.12	3.67	4.08	5.03	
01R	0.57	1.96	16.5	17.59	20.75	25.62	
TOTAL	0.37	1.52	10.96	11.82	13.87	17.09	
		Configuración Sur DEMORA MEDIA EN AIRE PARA LAS LLEGADAS(minutos)					
Nº Vuelos	800	1100	1775	1850	1900	2050	
19R	0.7	2.02	18.71	23.07	28.47	41.17	
18R	0.22	0.56	1.83	2.01	2.2	2.74	
TOTAL	0.53	1.51	12.89	15.79	19.44	27.93	

**Tabla 8.- Demora Media de las Llegadas en Espacio Aéreo.**

En la figura 6 se representa de manera gráfica esta información para Configuración Norte, siendo el límite de admisibilidad el punto de inflexión en la demora.



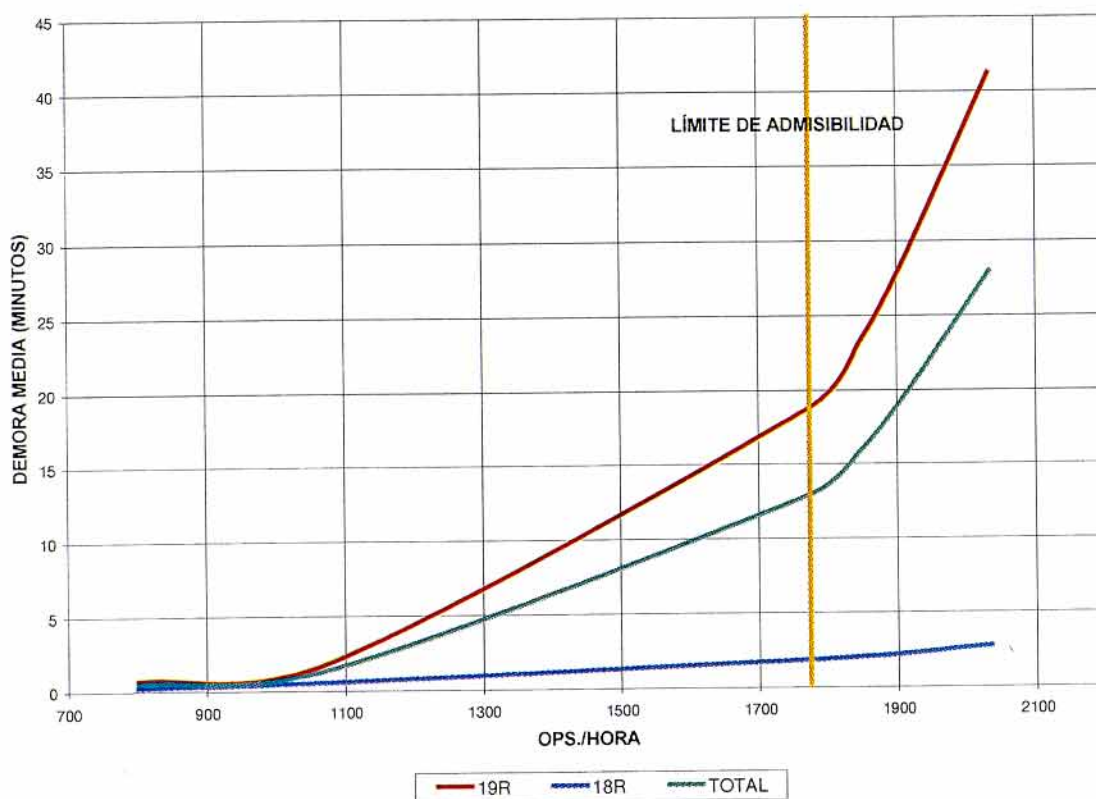


**Figura 6.- Demora Media en Espacio Aéreo de las Llegadas. Conf. Norte.**

El límite de admisibilidad marca las 1850 ops/día, que es el mismo nivel señalado por las demoras medias en área de maniobras de las salidas.

En la figura 7 se representa de manera gráfica esta información para Configuración Sur, siendo el límite de admisibilidad el punto de inflexión en demora.



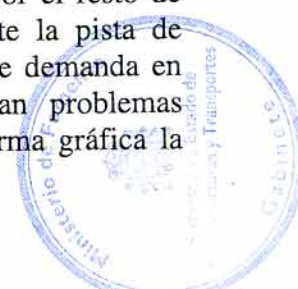


**Figura 7. Demora Media en Espacio Aéreo de las Llegadas. Conf. Sur.**

El valor de saturación para este parámetro viene marcado por las 1775 ops/día, que coincide con uno de los límites señalados por las demoras de las salidas en el área de maniobras. (% de salidas demoradas más de 1 minuto).

- **Perfiles de demanda/flujo de las llegadas y salidas**

Se representan en las tablas 9 y 10 la relación demanda/flujo en Configuración Norte correspondiente a 1850 ops/día, por ser este el nivel de tráfico indicado por el resto de parámetros principales. Para este nivel de tráfico en Configuración Norte la pista de llegadas 01R experimenta problemas importantes de absorción completa de demanda en varias horas consecutivas, mientras que las otras pistas sólo presentan problemas localizados en horas aisladas. En las Figuras 8, 9, 10 y 11 aparece en forma gráfica la misma información.







DEMANDA/FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE. 1850 OPS/DÍA								
HORA	Demanda 36R	Flujo 36R	Demanda 01R	Flujo 01R	Demanda 36L	Flujo 36L	Demanda 01L	Flujo 01L
0.00.00	3	3	3	3	0	0	3	2
1.00.00	0	0	5	5	5	5	16	17
2.00.00	0	0	0	0	2	2	0	0
3.00.00	3	3	7	7	0	0	5	5
4.00.00	7	7	7	6	0	0	5	5
5.00.00	4	4	6	7	11	11	38	33
6.00.00	29	29	19	14	16	16	36	40
7.00.00	21	21	34	35	17	17	28	27
8.00.00	37	30	33	30	21	21	29	30
9.00.00	17	24	32	35	15	14	35	34
10.00.00	17	14	21	22	35	34	21	20
11.00.00	12	15	23	24	36	36	11	12
12.00.00	22	19	34	28	36	36	30	28
13.00.00	17	18	35	33	33	30	21	23
14.00.00	14	15	22	30	24	28	24	22
15.00.00	24	24	19	18	44	42	20	22
16.00.00	27	24	26	27	34	35	20	20
17.00.00	33	32	35	33	27	28	26	26
18.00.00	18	23	43	31	41	42	20	19
19.00.00	22	18	38	36	30	30	22	22
20.00.00	29	30	56	34	27	26	19	19
21.00.00	15	17	32	36	2	3	8	8
22.00.00	10	10	13	34	10	10	11	11
23.00.00	2	2	0	13	8	8	2	2

**Tabla 9.- Relación Demanda/Flujo en Configuración Norte para un nivel de Tráfico de 1850 Ops/día**

El número de ops/hora realmente absorbidas (flujo) se representa en la tabla 10 agrupando las operaciones también según el total de salidas, llegadas y global de operaciones.







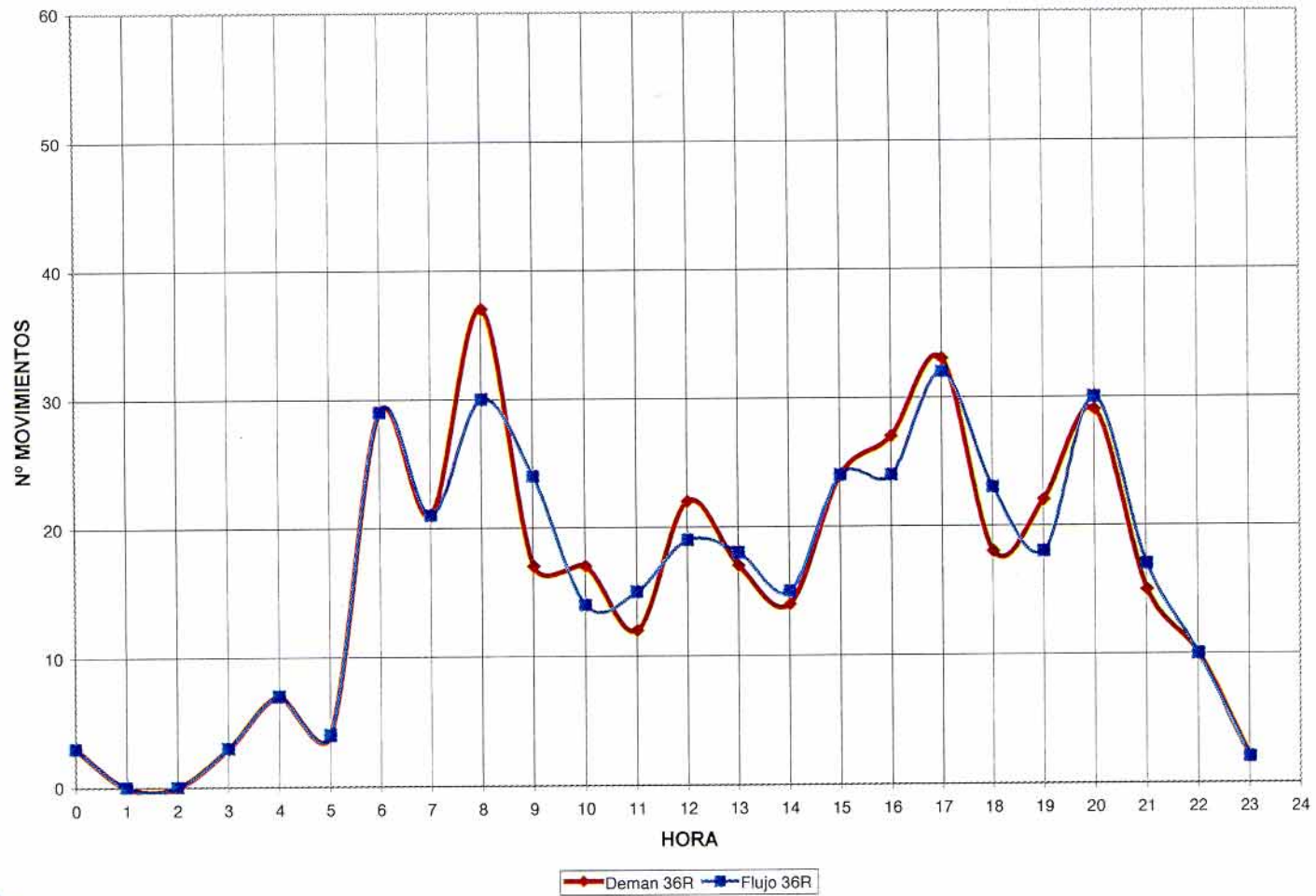
FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN NORTE							
HORA	LLEGADAS		SALIDAS		TOTAL LLEGAD.	TOTAL SALIDAS	TOTAL MOVIMIEN.
	FLUJO 36R	FLUJO 01R	FLUJO 36L	FLUJO 01L			
0.00.00	3	3	0	2	6	2	8
1.00.00	0	5	5	17	5	22	27
2.00.00	0	0	2	0	0	2	2
3.00.00	3	7	0	5	10	5	15
4.00.00	7	6	0	5	13	5	18
5.00.00	4	7	11	33	11	44	55
6.00.00	29	14	16	40	43	56	99
7.00.00	21	35	17	27	56	44	100
8.00.00	30	30	21	30	60	51	111
9.00.00	24	35	14	34	59	48	107
10.00.00	14	22	34	20	36	54	90
11.00.00	15	24	36	12	39	48	87
12.00.00	19	28	36	28	47	64	111
13.00.00	18	33	30	23	51	53	104
14.00.00	15	30	28	22	45	50	95
15.00.00	24	18	42	22	42	64	106
16.00.00	24	27	35	20	51	55	106
17.00.00	32	33	28	26	65	54	119
18.00.00	23	31	42	19	54	61	115
19.00.00	18	36	30	22	54	52	106
20.00.00	30	34	26	19	64	45	109
21.00.00	17	36	3	8	53	11	64
22.00.00	10	34	10	11	44	21	65
23.00.00	2	13	8	2	15	10	25

**Tabla 10.- Valores de Flujo resultante en Configuración Norte para el Modelo de Saturación (1850 operaciones/día)**

El máximo de ops/hora se consigue con 119 movimientos a las 17:00 h.

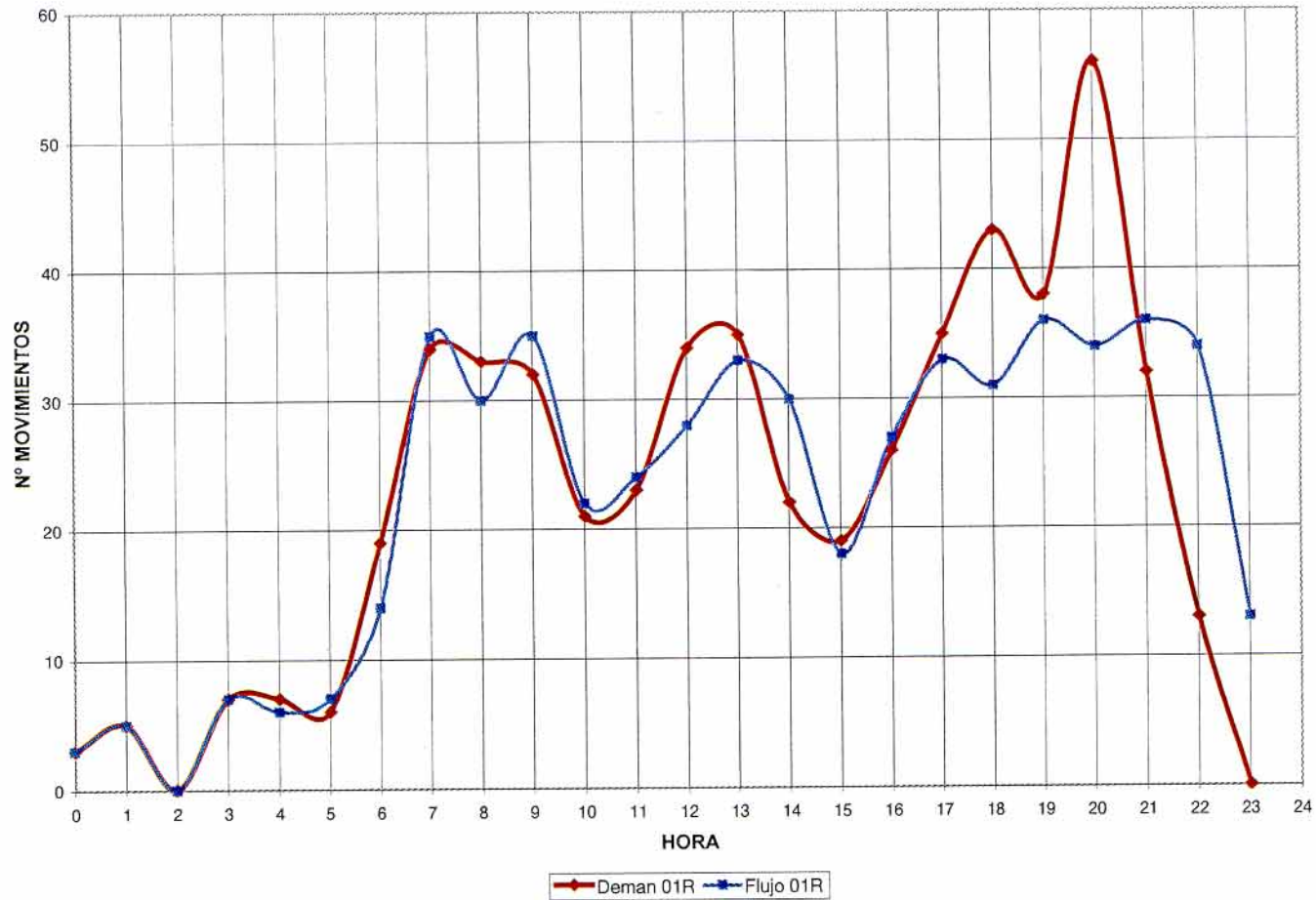
El máximo de operaciones de llegada es de 65 aterrizajes/hora a las 17:00h, mientras que para las salidas, el valor punta es de 64 despegues/hora a las 15:00 h.





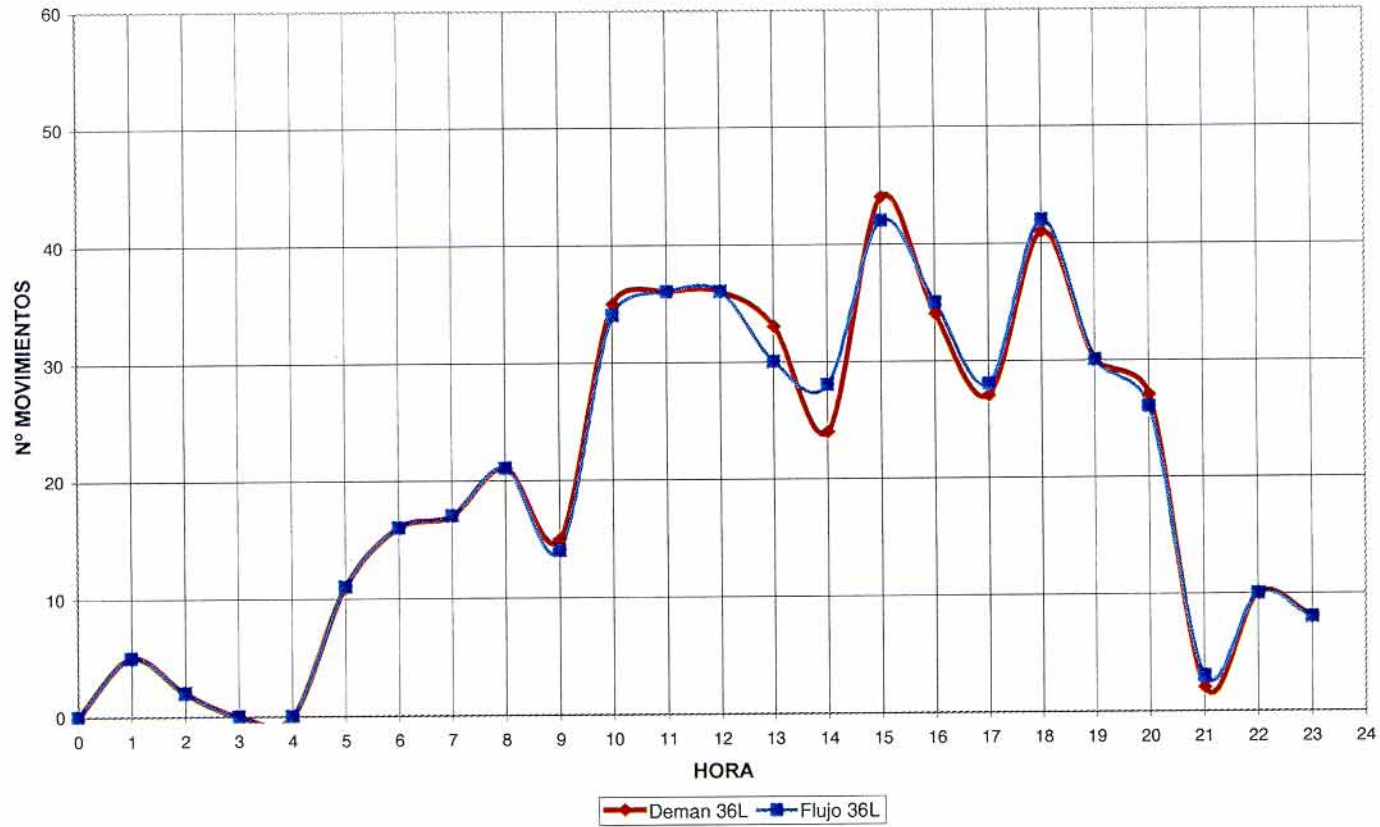
**Figura 8.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Llegadas a la Pista 36R.  
Configuración Norte. 1850 ops/día**





**Figura 9.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Llegadas a la Pista 01R.  
Configuración Norte. 1850 ops/día**

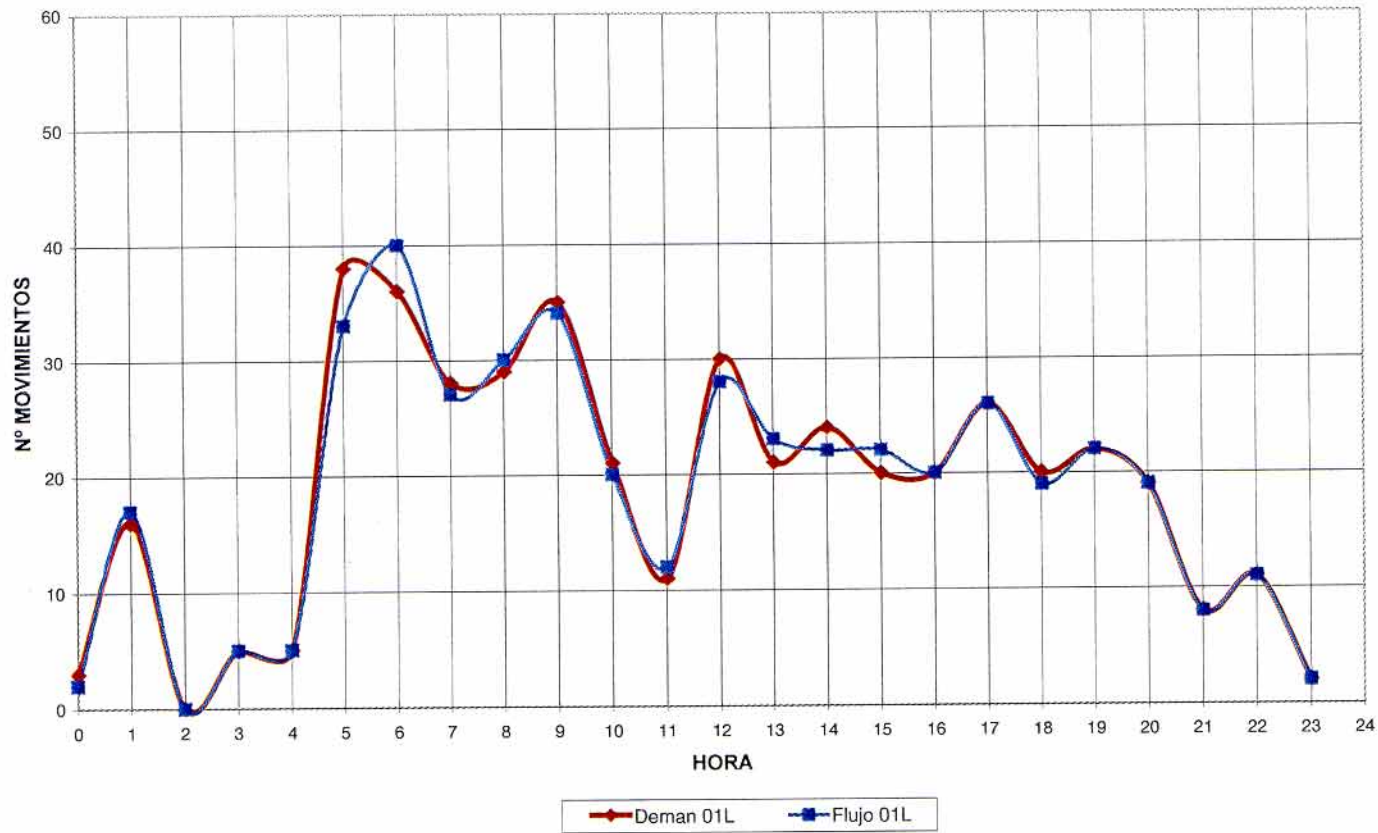




**Figura 10.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Salidas de la Pista 36L.  
Configuración Norte. 1850 ops/día**







**Figura 11.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Salidas de la Pista 01L.  
Configuración Norte. 1850 ops/día**





Se representan en las tablas 11 y 12 la relación demanda/flujo en Configuración Sur correspondiente a 1775 ops/día, por ser éste el nivel de tráfico indicado por los parámetros principales ya analizados. Para este nivel de tráfico la pista de llegadas 19R experimenta problemas de absorción de la demanda en las horas punta. En las figuras 12, 13, 14 y 15 se representa de manera gráfica los perfiles de Demanda/Flujo para cada pista.

DEMANDA/FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN SUR								
HORA	Demanda 19R	Flujo 19R	Demanda 18R	Flujo 18R	Demanda 19L	Flujo 19L	Demanda 18L	Flujo 18L
0.00.00	3	3	5	5	0	0	2	2
1.00.00	0	0	3	3	17	17	4	4
2.00.00	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00.00	5	5	5	5	2	2	2	2
4.00.00	2	2	10	10	2	2	5	5
5.00.00	11	11	2	2	15	15	30	28
6.00.00	22	21	23	21	24	24	19	21
7.00.00	32	32	21	22	16	15	24	23
8.00.00	34	30	28	25	30	31	29	29
9.00.00	33	35	20	22	16	16	26	22
10.00.00	13	15	17	19	28	25	27	28
11.00.00	20	20	21	20	23	26	31	32
12.00.00	26	24	17	17	18	17	29	32
13.00.00	33	32	21	21	26	24	31	25
14.00.00	24	27	12	12	25	25	26	31
15.00.00	26	26	17	17	32	33	36	36
16.00.00	30	30	17	15	16	19	19	18
17.00.00	35	33	30	30	27	27	27	26
18.00.00	37	34	24	25	24	23	36	35
19.00.00	31	35	25	20	27	28	26	28
20.00.00	41	34	39	36	14	14	13	14
21.00.00	29	33	17	25	15	15	6	7
22.00.00	17	23	7	7	21	21	8	8
23.00.00	3	3	0	0	4	4	2	2

**Tabla 11.- Relación Demanda/Flujo en Conf. Sur para un Nivel de Tráfico de 1775 Movimientos/Día**

El número de ops/hora realmente absorbidas (flujo) aparece en la tabla 12, agrupando las operaciones según llegadas, salidas por cada pista y global de operaciones.







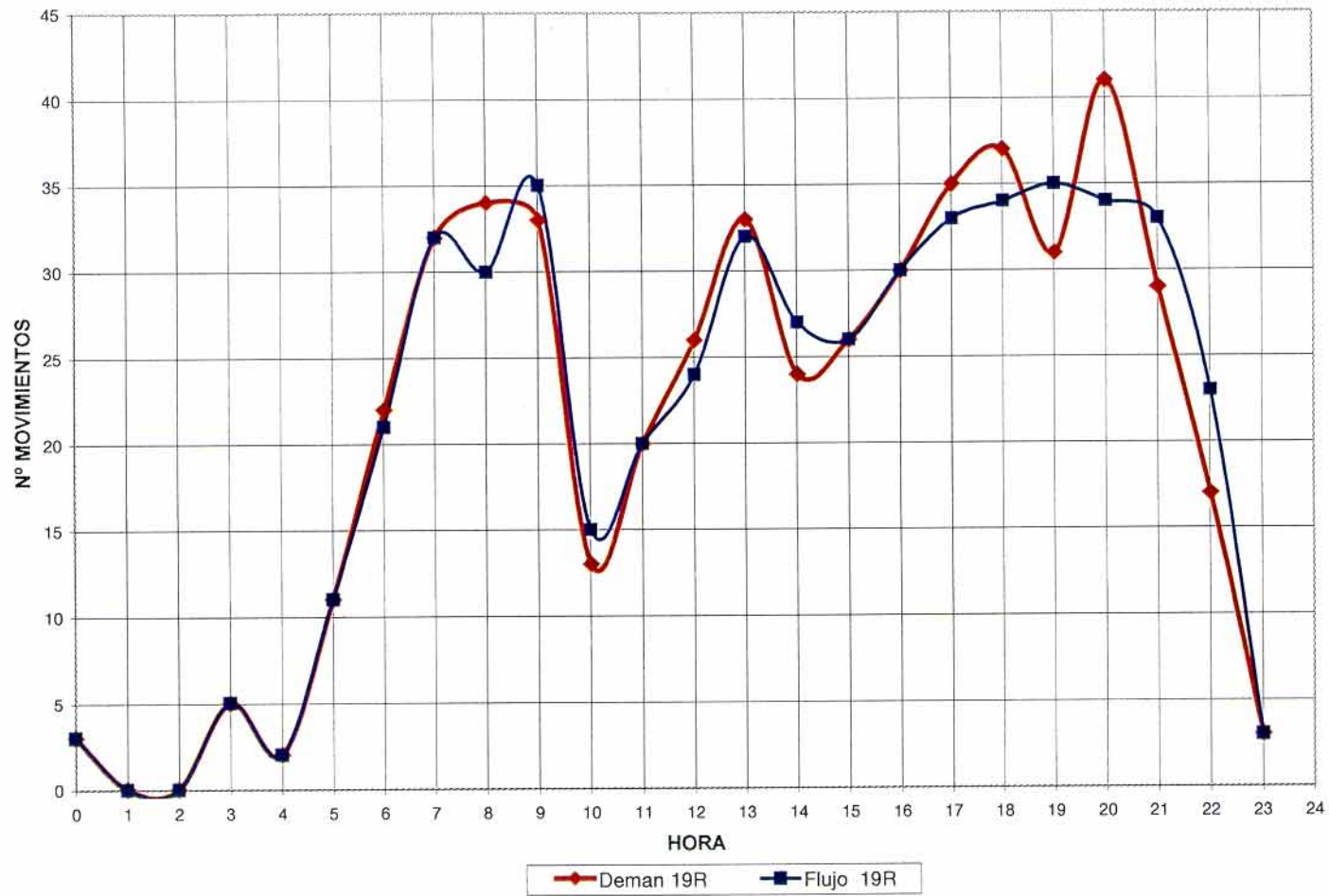
FLUJO DE AERONAVES. CONFIGURACIÓN SUR							
HORA	LLEGADAS		SALIDAS		TOTAL LLEGAD	TOTAL SALIDAS	TOTAL MOVIMIEN.
	FLUJO 19R	FLUJO 18R	FLUJO 19L	FLUJO 18L			
0.00.00	3	5	0	2	8	2	10
1.00.00	0	3	17	4	3	21	24
2.00.00	0	0	0	0	0	0	0
3.00.00	5	5	2	2	10	4	14
4.00.00	2	10	2	5	12	7	19
5.00.00	11	2	15	28	13	43	56
6.00.00	21	21	24	21	42	45	87
7.00.00	32	22	15	23	54	38	92
8.00.00	30	25	31	29	55	60	115
9.00.00	35	22	16	22	57	38	95
10.00.00	15	19	25	28	34	53	87
11.00.00	20	20	26	32	40	58	98
12.00.00	24	17	17	32	41	49	90
13.00.00	32	21	24	25	53	49	102
14.00.00	27	12	25	31	39	56	95
15.00.00	26	17	33	36	43	69	112
16.00.00	30	15	19	18	45	37	82
17.00.00	33	30	27	26	63	53	116
18.00.00	34	25	23	35	59	58	117
19.00.00	35	20	28	28	55	56	111
20.00.00	34	36	14	14	70	28	98
21.00.00	33	25	15	7	58	22	80
22.00.00	23	7	21	8	30	29	59
23.00.00	3	0	4	2	3	6	9

**Tabla 12.- Valores de Flujo Resultante en Configuración Sur para el Modelo de Saturación (1775 Operaciones/Día)**

El máximo de ops/hora se consigue con 117 movimientos a las 18:00 h.

El máximo de operaciones de llegada es de 70 aterrizajes/hora a las 20:00h, mientras que para las salidas, el valor punta es de 69 despegues/hora a las 15:00 h.

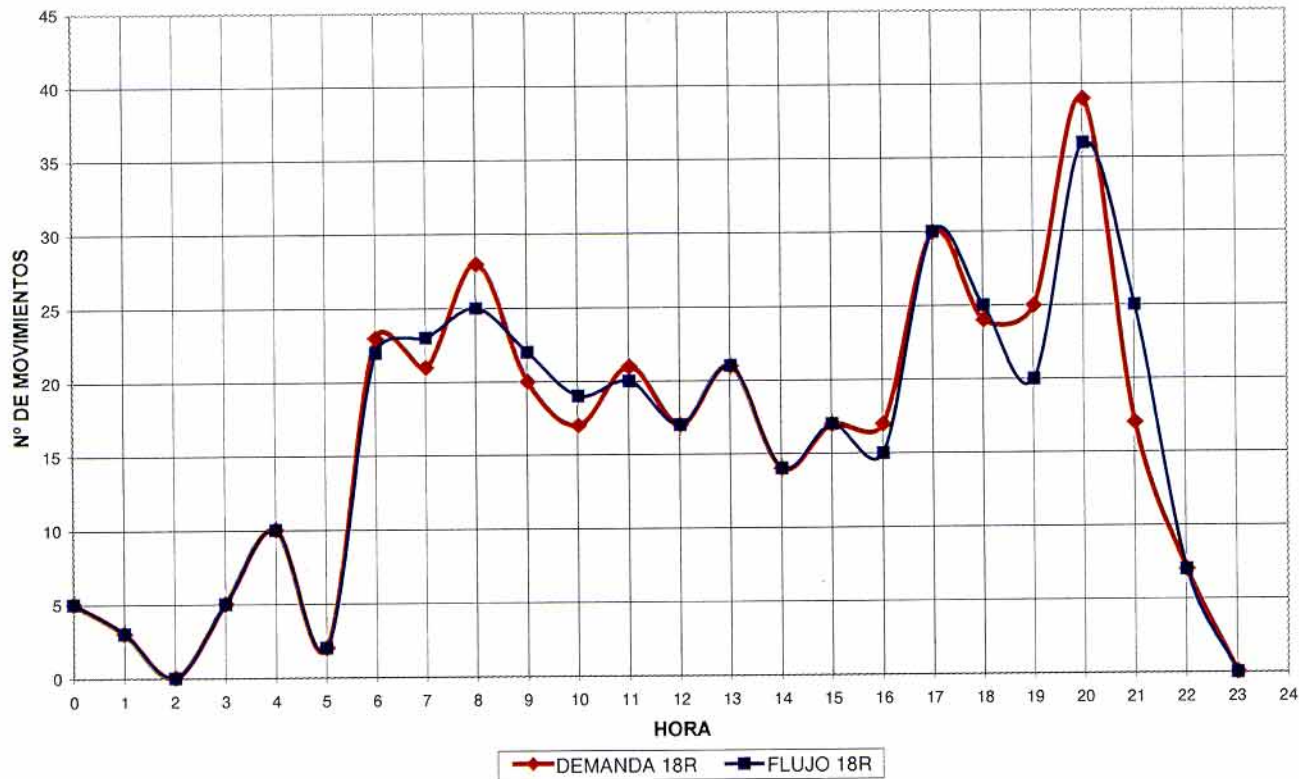




**Figura 12.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Llegadas a la Pista 19R. Configuración Sur. 1775 Movimientos/Día.**

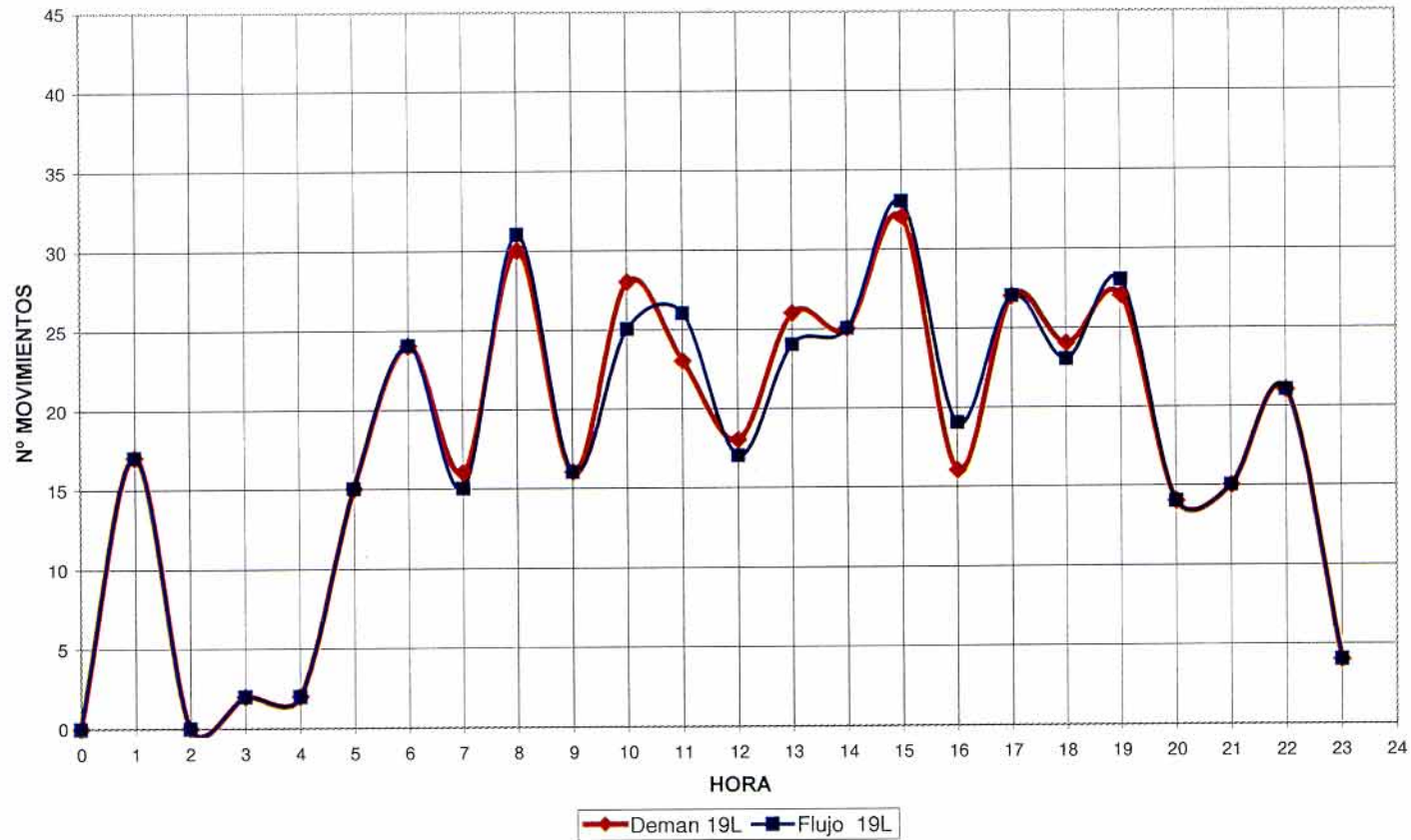






**Figura 13.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Llegadas a la Pista 18R. Configuración Sur. 1775 Movimientos/Día.**





**Figura 14.- Perfil de Demanda/Flujo a lo largo de todo el Día para las Salidas de la Pista 19L.  
Configuración Sur. 1775 Movimientos/Día.**





## 5.1.2.- Análisis de resultados

### 5.1.2.1.- Configuración Norte

De los resultados correspondientes a los parámetros principales del modelo de Configuración Norte se observa que los límites de admisibilidad marcados se alcanzan para todos ellos con el mismo nivel de tráfico, el correspondiente a 1850 ops/día.

Analizando la manera con la que cada parámetro alcanza su límite se determina que la situación más crítica se produce en las llegadas en espacio aéreo, en particular, para las que aterrizan en la pista 01R. Esta pista está sobrecargada, ya que absorbe más de la mitad de todos los aterrizajes, en concreto el 58.40% de ellos. Ese desequilibrio conduce a que para el nivel de tráfico de saturación (1850 ops/día) se alcancen demoras medias, para las llegadas a la 01R, del orden de 5 veces superiores a las demoras habidas para las llegadas a la 36R (17,59 minutos de media frente a 3,67 minutos).

Contemplando las gráficas de demanda/flujo para ambas pistas 36R y 01R, se observa que la pista 01R se satura completamente en la franja horaria comprendida entre las 17:00 h y 21:00 h GMT. La pista paralela 36R está ligeramente saturada solamente en 1 hora (8:00h).

Como resultado final para la Configuración Norte se obtiene para un perfil correspondiente al del día tipo:

**Nivel de Saturación Configuración Norte: 1850 ops/día**

**Capacidad hora punta: 119 ops.**

El máximo nº de ops/hora alcanzado en cada pista, si bien no de forma simultanea, es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	36R	01R	36L	01L
Ops/h	32	36	42	40
Máx.	(17:00)	(19:00)	(15:00)	(06:00)

**Tabla 13.- Máximo Número de Ops/h por Pista. Configuración Norte. 1850 Ops/día.**

Con respecto a los valores de ops/h máximos por pista conviene hacer varias puntualizaciones:

1. Esas ops/h máximas no se dan a la misma hora en las 4 pistas, sino que se distribuyen de forma diferente a lo largo del día para cada una de ellas.
2. La pista 36R está por debajo de su capacidad máxima durante todo el día para el nivel de 1850 ops/día.







3. La pista de despegue 36L admite puntas de tráfico de 42 ops/h. Ello se debe a la rápida divergencia que presentan algunas de sus rutas.

#### 5.1.2.2.- Configuración Sur

De los cuatro parámetros principales analizados uno de ellos (demora media de las salidas en área de maniobras) señala el nivel de 1850 ops/día como el de saturación, mientras que los otros tres (proporción de salidas demoradas, demoras en espacio aéreo de las llegadas y relación demanda/flujo) indican el nivel de 1775 ops/día como el de saturación. Por ello, este último valor de 1775 ops/día es el que se considera como nivel de saturación para la Configuración Sur.

Si se analiza el comportamiento de cada parámetro se observa que en el caso de la Configuración Sur, la saturación en espacio aéreo precede a la del área de maniobras. En Configuración Norte la saturación de ambos elementos se alcanzaba de manera simultánea. Además, se observa que las demoras medias de las llegadas en espacio aéreo son mucho mayores en Conf. Sur, como queda de manifiesto en la tabla 14:

Demora Media en Aire de las Llegadas	1775 Ops/Día	1850 Ops/Día
Conf. Norte	10.96 min.	11.82 min
Conf. Sur	12.89 min.	15.79 min.

**Tabla 14.- Comparativa entre las Demoras en Lado Aire de ambas Configuraciones.**

Son dos los factores determinantes del peor comportamiento de la Configuración Sur en lo referente a la organización de los flujos de llegada en espacio aéreo:

1. El desequilibrio entre la demanda a las dos pistas de llegada es muy elevado (19R absorbe el 65.40% de las llegadas, el 34.60% restante se dirige a la 18R), muy superior al existente en Conf. Norte.
2. Debido a las particularidades de las aproximaciones en Conf. Sur (zonas delta, obstáculos orográficos, aproximaciones RNAV), se imponen separaciones mayores en los IAF's, 5 MN como mínimo, frente a las 3.5 MN de mínima en Conf. Norte.

Se tiene por tanto un peor aprovechamiento de las capacidades del sistema Aeropuerto-TMA debido al fuerte desequilibrio entre las operaciones de llegada.

Como resultado final obtenido para la Configuración Sur, se obtiene para un perfil de tráfico correspondiente al del día tipo elegido.







**Nivel de Saturación Configuración Sur: 1775 ops/día**

**Capacidad hora punta: 117 ops.**

El máximo de ops/h alcanzado en cada pista a lo largo del día (1775 mov/día) es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	19R	18R	19L	18L
Ops/h	35	36	33	36
Máx.	(19:00)	(20:00)	(15:00)	(15:00)

**Tabla 15.- Máximo Número de Ops/h por Pista. Configuración Sur. 1775 Ops/día.**

Con respecto a estos valores máximos de ops/h por cada pista, conviene hacer varias puntualizaciones:

1. Ese máximo de ops/h en cada pista no se producen a la misma hora, sino que se distribuyen a lo largo del día de acuerdo al perfil del día tipo.
2. La pista de llegadas 18R está por debajo de su nivel de saturación durante prácticamente todo el día.
3. Al igual que ocurre en Conf. Norte, estos valores máximos por pista no son aditivos en el caso de pretender obtener el máximo posible de ops/h para todo el aeropuerto, ya que existe influencia de las aproximaciones a la 19R por su maniobra de frustrada (01R en Conf. Norte) sobre ambas pistas de despegue.

## **5.2.- Parámetros secundarios**

Estos parámetros tienen el objetivo de aportar información adicional acerca del comportamiento del conjunto Aeropuerto-TMA una vez determinado el punto de saturación.

### **5.2.1.- Configuración Norte**

- **Demoras de rodadura en el área de maniobras para llegadas y salidas**

Este tipo de demora proporciona información sobre la interacción en rodadura entre los principales flujos de circulación (salidas hacia las 36L y 01L y llegadas desde las 36R y 01R). En la tabla 16 aparece la correspondiente información:





CARGA TRÁFICO NOMINAL	DEMORA MEDIA EN RODADURA (minutos)					
	LLEGADAS			SALIDAS		
	36R	01R	TOTAL	36L	01L	TOTAL
800 Ops./día	0.09	0.04	0.06	0.02	0.02	0.02
1100 Ops./día	0.10	0.07	0.09	0.05	0.08	0.06
1775 Ops./día	0.15	0.11	0.13	0.09	0.16	0.12
1850 Ops./día	0.16	0.13	0.14	0.10	0.16	0.13
1900 Ops./día	0.15	0.14	0.15	0.09	0.17	0.13
2050 Ops./día	0.18	0.17	0.17	0.10	0.18	0.14

**Tabla 1.- Demoras en Rodadura para las llegadas y las salidas. Configuración Norte.**

Se observan demoras en rodadura más altas en las salidas que se dirigen a la pista 01L que las encaminadas a la 36L. La razón es que las únicas posiciones que tienen un acceso fácil y directo a la cabecera de la pista 01L son las situadas en el futuro satélite previsto entre las pistas 36L y 01L. Este satélite dispone de pocas posiciones de estacionamiento (22) frente a las del resto del aeropuerto (245 incluyendo las del NAT). La mayoría de las salidas deben por tanto recorrer trayectos muy largos para acceder a la cabecera de la pista 01L, existiendo más posibilidades de encontrar conflictos en rodadura que repercuten en un mayor nivel de demoras.

- **Tiempos nominales de recorrido en rodadura**

En la tabla 17 se muestran los tiempos nominales de rodadura (es decir, tiempos de recorridos, descontando las posibles demoras, entre pista de aterrizaje y estacionamiento o entre estacionamiento y pista de despegue).

LLEGADAS			SALIDAS		
PISTA 36R	PISTA 01R	OPERACIONES GLOBALES	PISTA 36L	PISTA 01L	OPERACIONES GLOBALES
7.41 minutos	10.38 minutos	9.15 minutos	8.81 minutos	11.76 minutos	10.25 minutos

**Tabla 17.- Tiempos Nominales de Rodadura de las Operaciones de Llegada y Salida. Configuración Norte.**

Las nuevas pistas (01R-19L y 01L-19R) suponen distancias de rodadura mucho mayores al estar la mayoría de posiciones de estacionamiento (NAT y plataforma actual) muy alejadas de dichas pistas. Las posiciones de estacionamiento más favorables son las del satélite entre pistas, pero el número de estacionamientos previsto es muy pequeño comparado con el global de todo el Aeropuerto.







- **Demoras máximas de las salidas en el área de maniobra**

La evolución de la demora máxima ante crecimientos en el nivel de tráfico se muestra en la tabla 18.

Nivel de Tráfico	800 ops/día	1100 ops/día	1775 ops/día	1850 ops/día	1900 ops/día	2100 ops/día
Demoras Máximas (minutos)	7.42	8.47	22.45	18.62	29.57	22.18

**Tabla 18.- Demoras Máximas de las Salidas en el Área de Maniobras. Configuración Norte.**

Esta demora representa la mayor demora acumulada por un solo despegue en el área de maniobras a lo largo de todo el día. Incluye tanto la demora en estacionamiento y en rodadura como la experimentada en la cola de despegue. Se observa una tendencia creciente a medida que aumenta el tráfico, excepto para el caso de 2100 operaciones. Esto es debido a que estas demoras se refieren sólo al despegue que a lo largo del día se ha encontrado la peor situación posible en el área de maniobras.





### 5.2.2.- Configuración Sur

- **Demoras de rodadura en el área de maniobras para llegadas y salidas**

Este tipo de demora proporciona información sobre la interacción en rodadura entre los principales flujos de circulación (salidas hacia las 18L y 19L y llegadas desde las 18R y 19R). En la tabla 19 aparece la correspondiente información.

CARGA TRÁFICO NOMINAL	DEMORA MEDIA EN RODADURA (minutos)					
	LLEGADAS			SALIDAS		
	19R	18R	TOTAL	19L	18L	TOTAL
800 Ops./día	0.02	0.01	0.02	0.04	0.02	0.03
1100 Ops./día	0.03	0.03	0.03	0.07	0.05	0.06
1775 Ops./día	0.06	0.09	0.07	0.17	0.09	0.13
1850 Ops./día	0.06	0.07	0.06	0.17	0.12	0.14
1900 Ops./día	0.05	0.07	0.06	0.17	0.11	0.14
2050 Ops./día	0.06	0.08	0.07	0.19	0.11	0.15

**Tabla 19.- Demoras en Rodadura para las llegadas y las salidas. Configuración Sur.**

De manera análoga a lo sucedido para la Configuración Norte, se observan demoras en rodadura más altas en las salidas que se dirigen a la pista 19L que las encaminadas a la 18L. La razón es que la mayoría de las salidas deben por tanto recorrer trayectos muy largos para acceder a dicha cabecera (19L) teniendo más posibilidades de encontrar conflictos con otras aeronaves en rodadura, lo que influye de manera directa en el nivel de demora en rodadura.

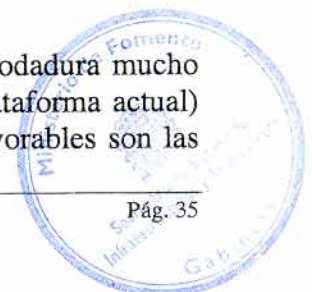
- **Tiempos nominales de recorrido en rodadura**

En la tabla 20 se muestran los tiempos nominales de rodadura (es decir, tiempos de recorrido, descontando las posibles demoras, entre pista de aterrizaje y estacionamiento o entre estacionamiento y pista de despegue).

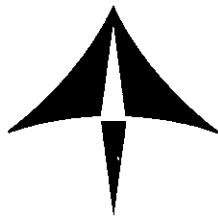
LLEGADAS			SALIDAS		
PISTA 19R	PISTA 18R	OPERACIONES GLOBALES	PISTA 19L	PISTA 18L	OPERACIONES GLOBALES
10.34 minutos	7.62 minutos	9.4 minutos	12.21 minutos	9.12 minutos	10.6 minutos

**Tabla 20.- Tiempos Nominales de Rodadura de las operaciones de llegada y salida. Configuración Sur.**

Las posibles nuevas pistas (01R-19L y 18L-36R) suponen distancias de rodadura mucho mayores al estar la mayoría de posiciones de estacionamiento (NAT y plataforma actual) muy alejadas de dichas pistas. Las posiciones de estacionamiento más favorables son las







del satélite entre pistas, pero el número de estacionamientos previsto es muy pequeño comparado con el global de todo el Aeropuerto.

- **Demoras máximas de las salidas en el área de maniobras**

La evolución de la demora máxima ante crecimientos en el nivel de tráfico se muestra en la tabla 21.

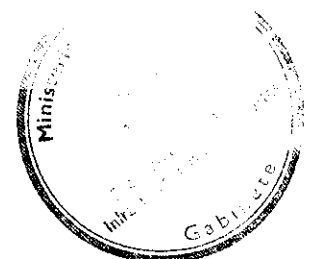
Nivel de Tráfico	800 ops/día	1100 ops/día	1775 ops/día	1850 ops/día	1900 ops/día	2100 ops/día
Demoras Máximas (minutos)	5.62	10.08	37.15	37.15	30.48	27.87

**Tabla 21.- Demoras Máximas de las Salidas en el Área de Maniobras. Configuración Sur.**

Esta demora representa la mayor demora acumulada por un solo despegue en el área de maniobras a lo largo de todo el día (en estacionamiento, rodadura y cola de despegue). En este caso de Configuración Sur, la evolución de esta demora ante crecimientos de tráfico es semejante a la de Configuración Norte. La demora máxima se refiere al despegue que encuentra peores condiciones durante su estancia en el área de maniobras. Al tratarse del caso de una sola aeronave y no una media general existen gran cantidad de factores que afectan enormemente a este parámetro, tales como la posición de estacionamiento desde la que se inicia la rodadura, el trayecto recorrido en el tránsito hacia la cola de despegue, los conflictos con otras aeronaves, etc. Todos esos factores, cuando se refieren a una aeronave en exclusiva, pueden cambiar mucho al pasar de un nivel de tráfico al siguiente.

### **5.3.- Resultados referidos a la Base de Torrejón**

En la tabla 22 se incluyen los resultados correspondientes a la Base de Torrejón, en Configuración Norte y Sur, en particular los datos de demoras medias y máximas experimentadas por las salidas en el área de maniobras.





Configuración Norte						
Tráfico LETO 42 Ops/día IFR	NIVEL DE TRÁFICO EN BARAJAS					
	800 Ops/día	1100 Ops/día	1775 Ops/día	1850 Ops/día	1900 Ops/día	2050 Ops/día
Demora media	1.86 min	4.07 min	24.67 min	46.67 min	53.73 min	75.85 min
Demora Máxima	12.35 min	48.07 min	210.52 min	545.20 min	560.65 min	616.45 min
Configuración Sur						
Tráfico LETO 42 Ops/día IFR	NIVEL DE TRÁFICO EN BARAJAS					
	800 Ops/día	1100 Ops/día	1775 Ops/día	1850 Ops/día	1900 Ops/día	2050 Ops/día
Demora media	1.21 min	1.09 min	2.92 min	3.32 min	2.85 min	3.22 min
Demora Máxima	15.13 min	18.6 min	47.52 min	47.52 min	53.42min	52.95 min

**Tabla 22.- Demoras de las Salidas de Torrejón en el Área de Maniobras.**

Los elevados valores medios de demora obtenidos son debidos a las pocas operaciones de despegue por la pista 23 de Torrejón, que sí se ven afectadas por las llegadas a Barajas en Configuración Norte y por las salidas de Barajas en Configuración Sur.

Los valores de demoras máximas corresponden a algunas de estas salidas por la 23 y al ser tan elevados, por sí solas bastan para elevar considerablemente la media del resto de operaciones.

## 6.- CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Se exponen por separado las conclusiones relativas a la Configuración Norte y a la Configuración Sur.

### A) Configuración Norte

#### Aspectos generales:

- El nivel de tráfico de saturación es de 1850 ops/día.
- El pico de operaciones hora es de 119 ops.
- La saturación se presenta de forma casi simultánea en el área de maniobras y en las rutas de llegada (STAR's) del espacio aéreo, por lo que el conjunto Aeropuerto-TMA no presenta grandes desequilibrios.





- El máximo nº de ops/hora alcanzado en cada pista, si bien no de forma simultánea, es:

PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	36R	01R	36L	01L
Ops/h	32	36	42	40
Máx.	(17:00)	(19:00)	(18:00)	(06:00)

### Espacio aéreo:

- A pesar de esa simultaneidad en la saturación del área de maniobras y la estructura de rutas de espacio aéreo, la situación es más problemática en espacio aéreo, con tasas de crecimiento de las demoras (y por tanto, la carga de trabajo ATC) más elevadas que las correspondientes al lado tierra.
- El principal problema identificado en espacio aéreo es el desequilibrio entre la demanda de tráfico a ambas pistas de llegada 36R y 01R. Basta un desfase del 20% en el reparto del total de llegadas para que la demora media de las llegadas a la 01R (la más solicitada) sea cinco veces superior.
- En el caso de las operaciones de salida desde la pista 36L, se consiguen máximas horarias de 42 salidas/hora, debido a que algunas de sus SID's divergen al poco de despegar.

### Área de movimientos del aeropuerto:

- Un factor determinante en la gestión del área de movimientos es la posición relativa de las posiciones de estacionamiento con respecto a las pistas de aterrizaje y despegue.
- Esa disposición relativa de estacionamientos-pistas es responsable de:
  1. Tiempos de rodadura excesivamente prolongados, en concreto para las aeronaves operando en las pistas 01L y 01R, del orden de un 30% y un 40% superiores a los de sus homólogas 36L y 36R, respectivamente.
  2. Aumento de la demora media en rodadura para los despegues por la pista 01L con respecto a los efectuados por la pista 36L debido a que las aeronaves tienen que recorrer trayectos muy largos para acudir a dicha cabecera, teniendo más posibilidades de encontrar conflictos con otras aeronaves en rodadura en rodadura.







## B) Configuración Sur

### Aspectos generales:

- El nivel de tráfico de saturación es de 1775 ops/día.
- El pico de operaciones hora es de 117 ops.
- La saturación se presenta en una fase más temprana en la estructura de espacio aéreo, como consecuencia del desequilibrio de demanda en ambas pistas de llegada.
- El máximo n° de ops/hora alcanzado en cada pista, si bien no de forma simultánea, es:

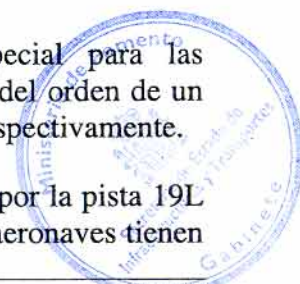
PISTA	LLEGADAS		SALIDAS	
	19R	18R	19L	18L
Ops/h	35	36	33	36
Máx.	(19:00)	(20:00)	(15:00)	(15:00)

### Espacio aéreo:

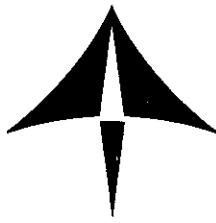
- En Configuración Sur son dos los factores principales que limitan la capacidad del espacio aéreo:
  1. El desequilibrio entre la demanda de tráfico a ambas pistas de llegada 19R y 18R. Es además mucho mayor que en Configuración Norte, llegando a valores de un 30%. El resultado es que las demoras en aire de las llegadas a la pista 19R (pista más solicitada) son del orden de nueve veces las correspondientes a las llegadas por la 18R.
  2. Las peculiaridades de las aproximaciones en Configuración Sur (que obedecen a una serie de condicionantes), con puntos IAF's muy alejados de sus umbrales y en los que es necesario imponer separación de 5 MN, mayores de lo habitual.

### Área de movimientos del aeropuerto:

- La situación es análoga a la de Configuración Norte. Un factor determinante vuelve a ser la ubicación de las posiciones de estacionamiento con respecto a las 4 pistas.
- Esa disposición relativa estacionamientos-pistas es responsable de:
  1. Tiempos de rodadura excesivamente prolongados, en especial para las aeronaves operando en las pistas 18L y 15L, siendo para ellas del orden de un 60% y un 40% superiores a los de sus homólogas 18R y 15R, respectivamente.
  2. Aumento de las demora media en rodadura para los despegues por la pista 19L con respecto a los efectuados por la pista 18L debido a que las aeronaves tienen





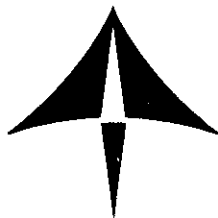


que recorrer trayectos muy largos para acudir a dicha cabecera, teniendo más posibilidades de encontrar conflictos con otras aeronaves en rodadura en rodadura.

### **C) Operaciones en Torrejón**

- Para los niveles de tráfico de saturación de Barajas, los despegues por la pista 23 de Torrejón resultan inviables debido a las demoras alcanzadas.





## 7.- RECOMENDACIONES

A partir de las conclusiones obtenidas, se pueden extraer recomendaciones análogas a las del modelo C+B debido a que el sistema Aeropuerto-TMA es semejante en ambos modelos.

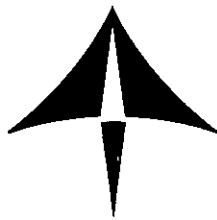
A continuación se indican estas recomendaciones:

### **Recomendaciones referentes al área de maniobras:**

Las siguientes recomendaciones tienden a minimizar el impacto negativo que tiene la rodadura sobre la capacidad de saturación de pistas.

- Convendría disponer de un mayor número de posiciones de estacionamiento en el Satélite situado entre pistas, o bien habilitar más edificios Satélites próximos, en la zona situada entre las pistas 36L y 01L o entre las 36R y 01R, procurando en todo caso, la mayor proximidad posible a las cabeceras de las 36L, 01L y 19L, 18L.
- Esos satélites y sus correspondientes posiciones de estacionamiento no deberían interferir con el sistema de calles de rodadura que comunica las diferentes pistas con el resto del aeropuerto. Especial cuidado deberá prestarse a evitar que afecten los espacios destinados a los apartaderos de espera y las rodaduras que a ellos conducen.
- A medida que se habiliten posiciones de estacionamiento extra en la zona situada entre las pistas, deberían clausurarse las posiciones que están más alejadas de las pistas, en particular las situadas al extremo Sur de la actual plataforma de estacionamiento.
- El hecho de disponer de más edificios Satélite en la zona situada entre las cuatro pistas operativas complicará la circulación y traslado de pasajeros y equipajes dentro del aeropuerto, problemas que no conviene pasar por alto.
- Otra medida que agilizaría el acceso de las salidas a las futuras pistas de despegue (01L en Conf. Norte y 19L en Conf. Sur) es la posibilidad de emplear las calles de salida de dichas pistas para distribuir de manera adecuada las aeronaves que desean acceder a ellas para iniciar la carrera de despegue. Un factor que limita esta posibilidad es que dada la longitud de dichas pistas, algunas aeronaves podrían no disponer de longitud de pista suficiente para el despegue si acceden a ella en un punto que no sea la cabecera.



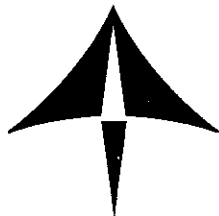


### **Recomendaciones referentes al TMA-espacio aéreo:**

Las siguientes recomendaciones tienen por objeto mejorar la operación en el futuro TMA.

- El problema fundamental del Espacio Aéreo radica en los desequilibrios de demanda entre las rutas de llegada que conducen a ambas pistas de aterrizaje (especialmente crítico en el caso de la Configuración Sur). Una posible solución sería que el nuevo diseño de TMA tuviera en cuenta la posibilidad de disponer de rutas de desvío para que parte de las aeronaves que se dirigen a la pista 01R en Conf. Norte (19R en el caso de Conf. Sur) pudieran dirigirse a la pista 36R (18R en Conf. Sur).
- Ese desvío de parte del flujo de aeronaves sería más eficaz a medida que la segregación se efectuase con mayor antelación respecto de los IAF's.



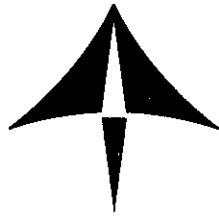


**ANEXO I:**

**CARTAS DE SALIDA Y LLEGADA INSTRUMENTALES NORMALIZADAS**



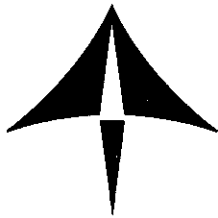




## ÍNDICE

AL1.- INTRODUCCIÓN.....	Pág. N° 1
-------------------------	--------------





## **AI.1.- INTRODUCCIÓN**

Este anexo de procedimientos incorpora los nuevos diseños de rutas de salida del Futuro TMA realizados para el caso A+B (FSAM), por el Departamento de Espacio Aéreo (División de Organización y Reglamentación).

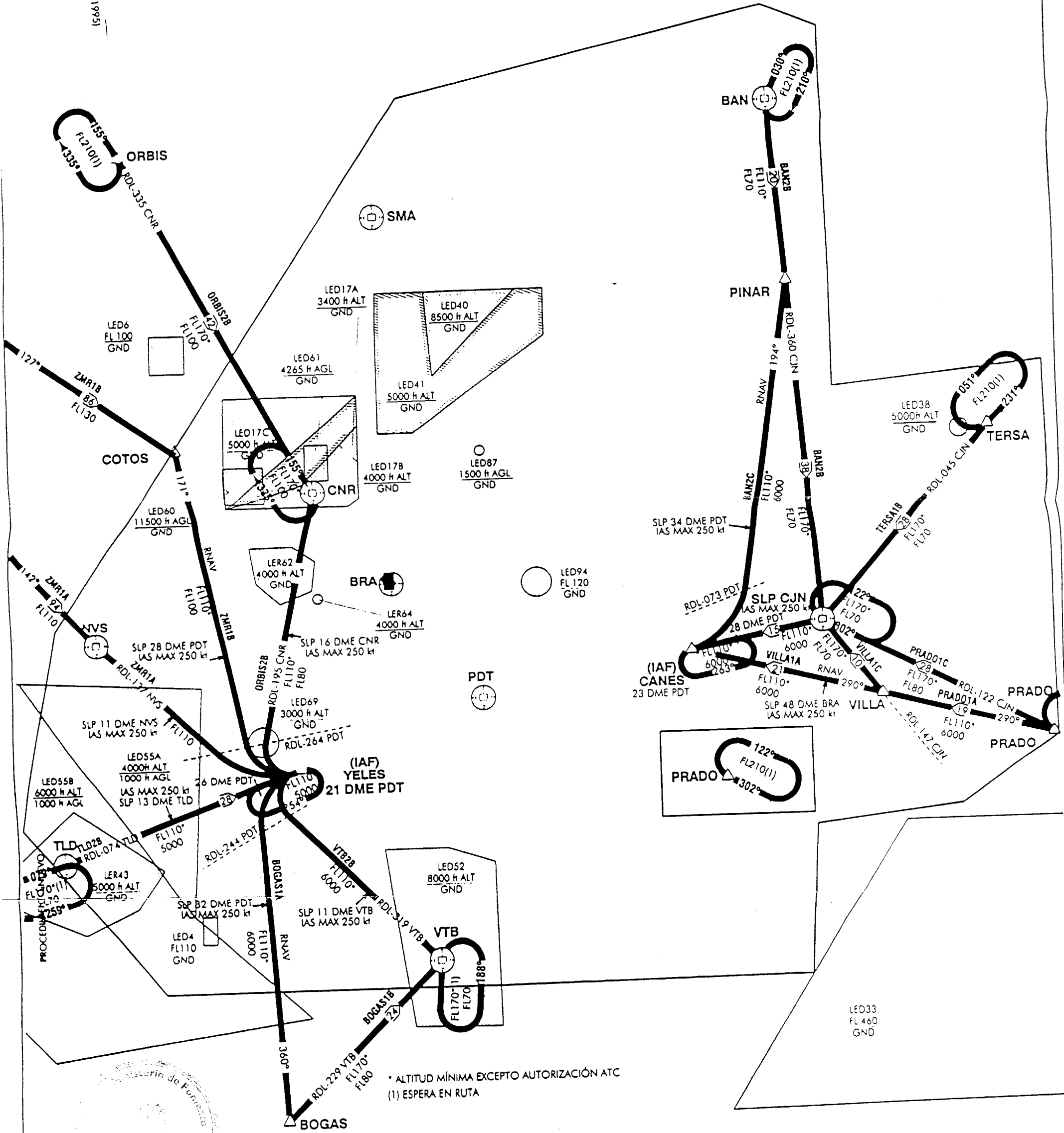


PROYECTO FSAM; CASO A+B  
PROPUESTA STAR

CONFIGURACION NORTE  
MADRID BARAJAS  
RWY 36 R/01R

NOTA: IAS MAX 220 kt AL  
ABANDONAR LOS IAF.

VAR 4°W (1995)



\* ALTITUD MÍNIMA EXCEPTO AUTORIZACIÓN ATC  
(1) ESPERA EN RUTA



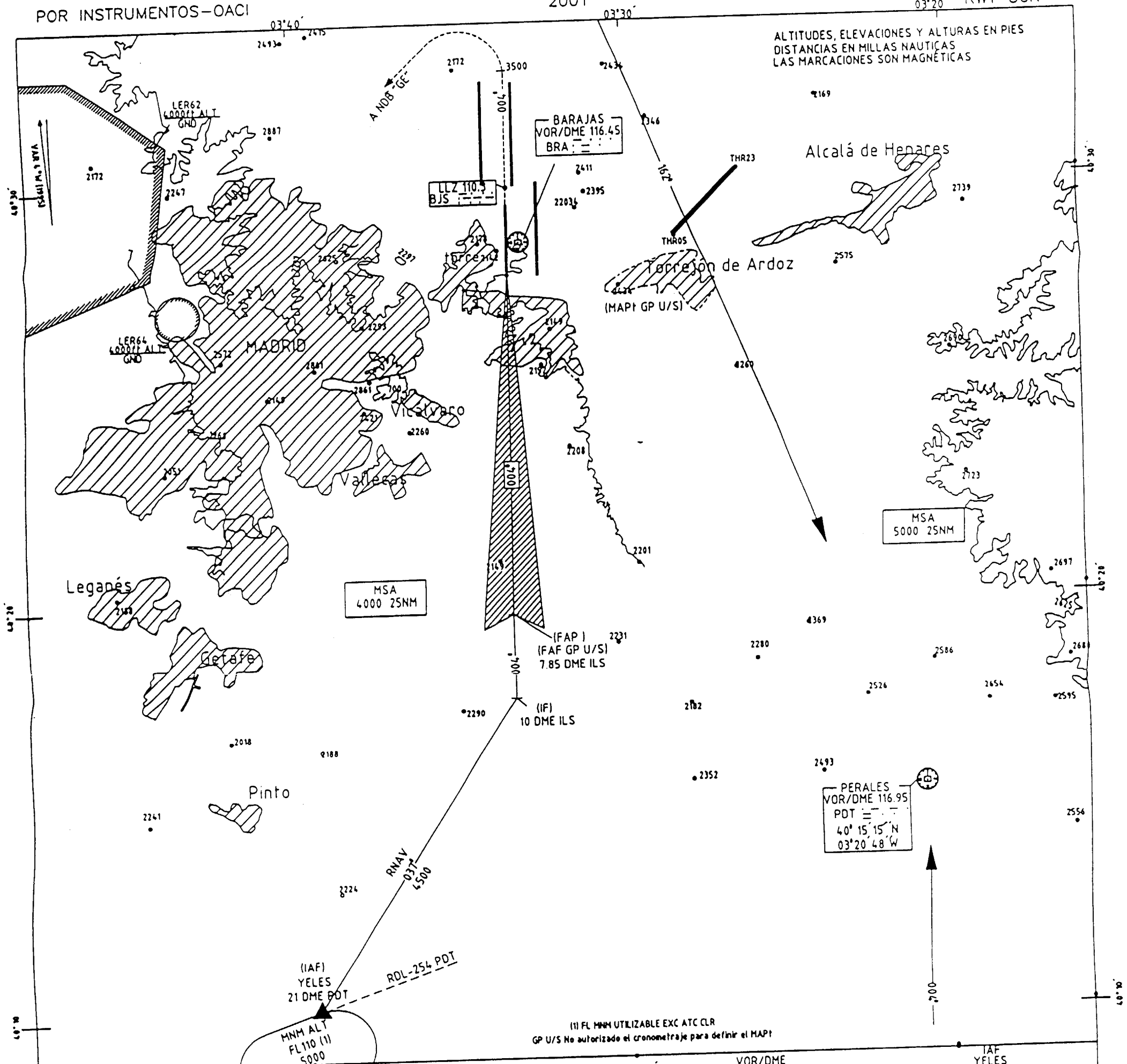


PROYECTO FSAM  
CARTA DE APROXIMACION  
POR INSTRUMENTOS-OACI

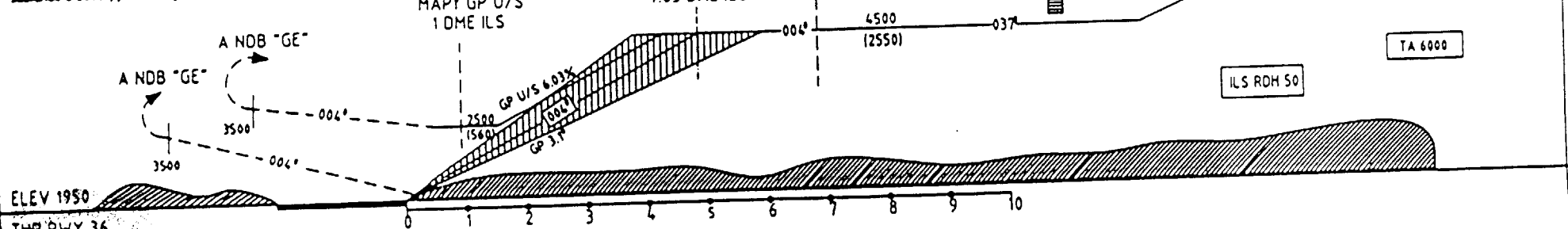
CONFIGURACION NORTE  
ELEV AD  
2001

MADRID/BARAJAS  
ILS/DME  
RWY 36R

ALTITUDES, ELEVACIONES Y ALTURAS EN PIES  
DISTANCIAS EN MILLAS NAUTICAS  
LAS MARCACIONES SON MAGNETICAS



APROXIMACION FRUSTRADA: seguir en rumbo 004° a 3500 ft, virar a la izquierda directo a NDB "GE" subiendo a 5000', para integrarse en la espera.



OCA / H					GS															
					kt															
					FAP-THR: 7.85 NM															
					min: 8															
					ft/min															
					80															
					100															
					120															
					140															
					160															
					180															
					553															
					439															
					549															
					659															
					768															
					878															
					988															
					489															
					611															
					733															
					855															
					977															
					1099															
					ALT/HGT DME ( ) FNA															
					13 DME 12 DME 11 DME 10 DME 9 DME 8 DME 7 DME 6 DME 5 DME 4 DME 3 DME 2 DME 1 DME															
En circuito					2490				2740				3000				3280			
(1) sobre MPM					(1700)				(1701)				(1701)				(1790)			

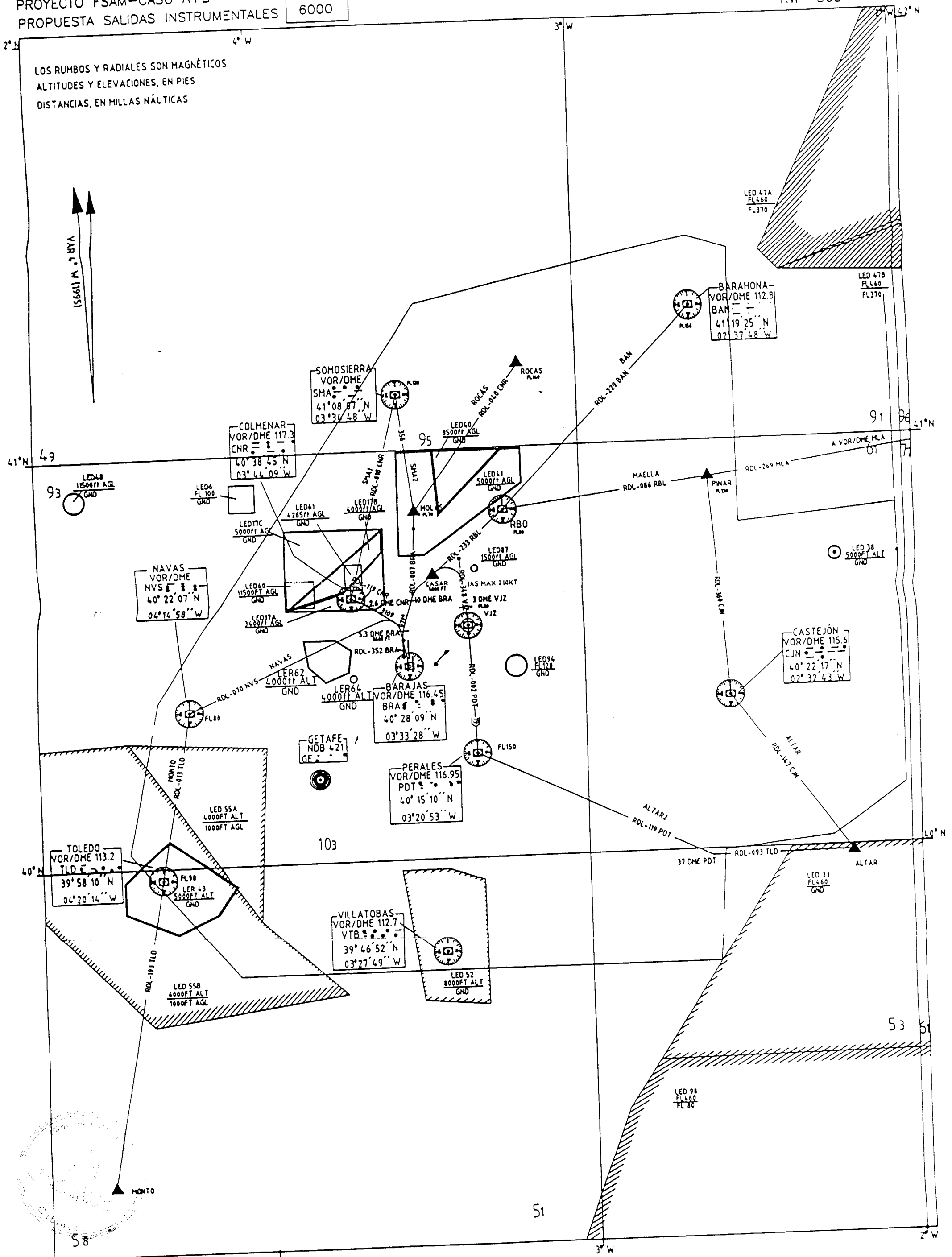
PROYECTO FSAM-CASO A+B  
 PROPUESTA SALIDAS INSTRUMENTALES

TA  
 6000

MADRID/BARAJAS  
 RWY 36L

LOS RUMBOS Y RADIALES SON MAGNÉTICOS  
 ALTITUDES Y ELEVACIONES, EN PIES  
 DISTANCIAS, EN MILLAS NÁUTICAS

VAR 4° W (1995)



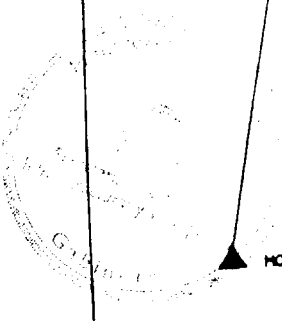
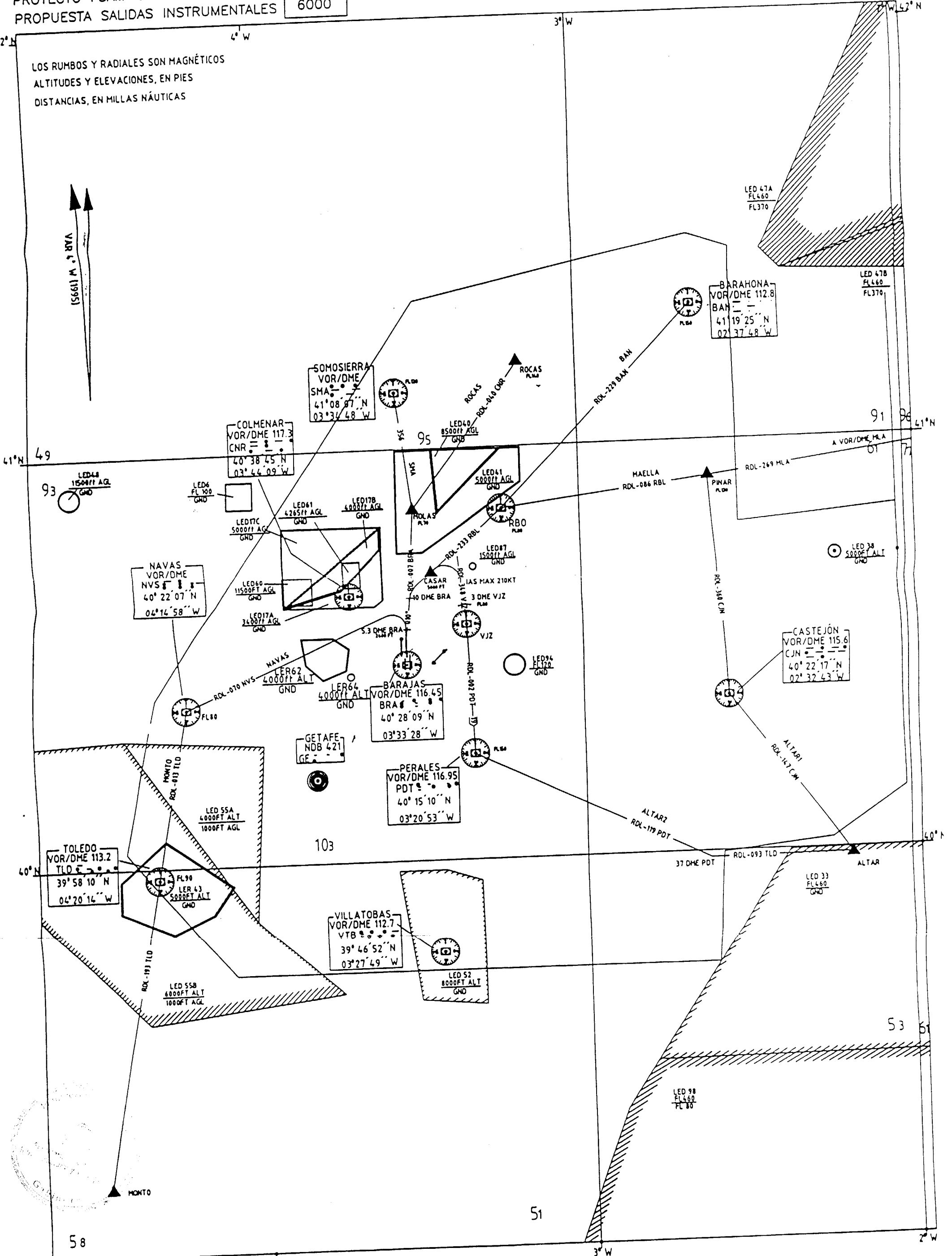
PROYECTO FSAM-CASO A+B  
PROPUESTA SALIDAS INSTRUMENTALES

TA  
6000

MADRID/BARAJAS  
RWY 01L

LOS RUMBOS Y RADIALES SON MAGNÉTICOS  
ALTITUDES Y ELEVACIONES, EN PIES  
DISTANCIAS, EN MILLAS NÁUTICAS

VAR 6° W (1995)



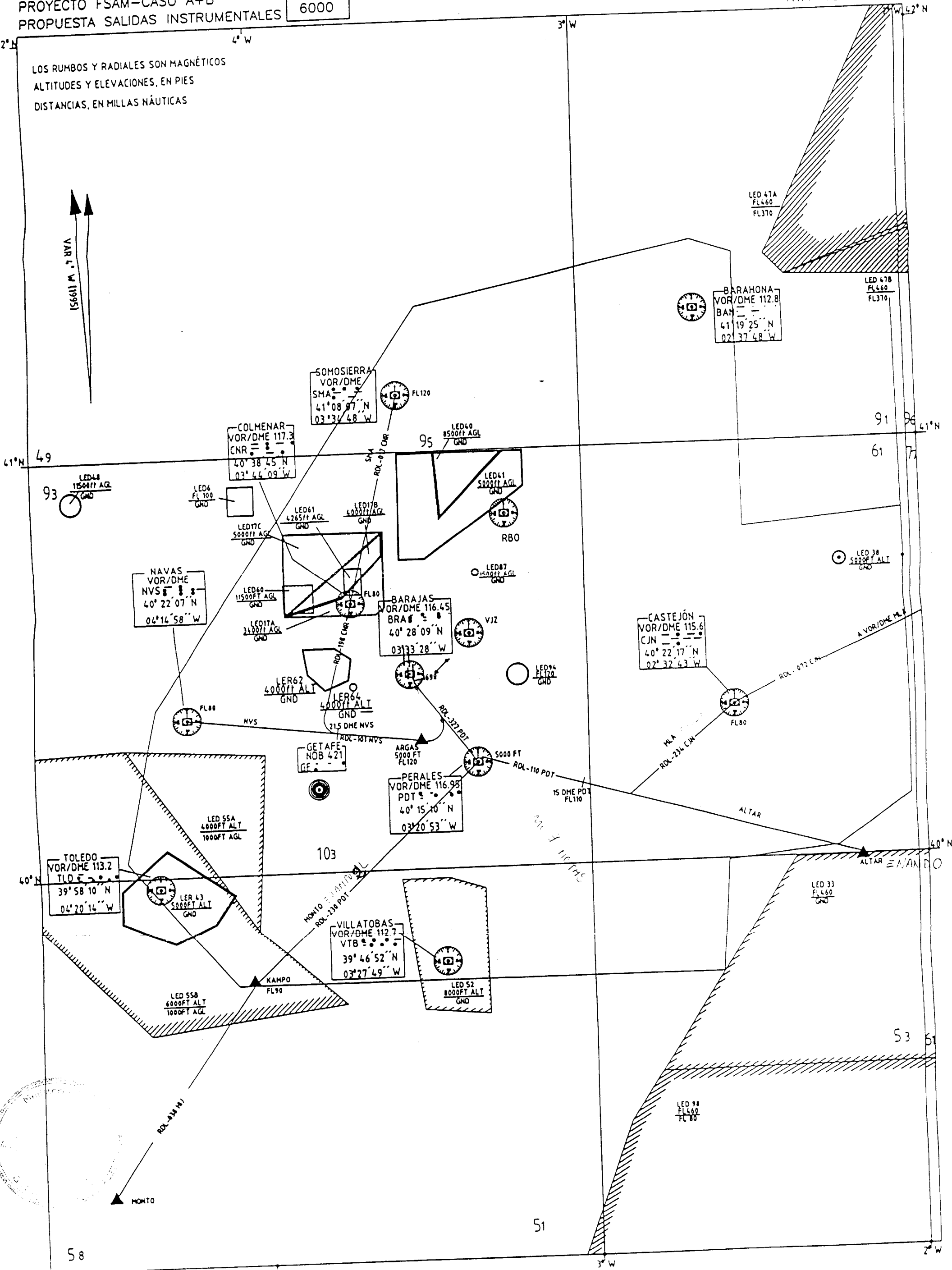
PROYECTO FSAM-CASO A+B  
PROPUESTA SALIDAS INSTRUMENTALES

TA  
6000

MADRID/BARAJAS  
RWY 19L

LOS RUMBOS Y RADIALES SON MAGNÉTICOS  
ALTITUDES Y ELEVACIONES, EN PIES  
DISTANCIAS, EN MILLAS NÁUTICAS

VAR 2° W (1995)



NAVAS  
VOR/DME  
NVS  
40° 22' 07" N  
06° 14' 58" W

SOMOSIERRA  
VOR/DME  
SMA  
41° 08' 07" N  
03° 31' 48" W

COLMENAR  
VOR/DME  
CNR  
40° 38' 45" N  
03° 44' 09" W

BARAJAS  
VOR/DME  
BRA  
40° 28' 09" N  
03° 33' 28" W

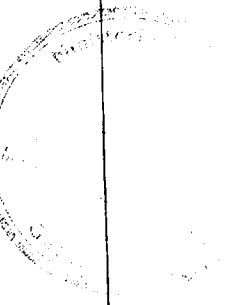
CASTEJÓN  
VOR/DME  
CJN  
40° 22' 17" N  
02° 32' 43" W

PERALES  
VOR/DME  
PDT  
40° 15' 10" N  
03° 20' 53" W

VILLATOBAS  
VOR/DME  
VTB  
39° 46' 52" N  
03° 27' 49" W

BARAHONA  
VOR/DME  
BAN  
41° 19' 25" N  
02° 37' 48" W

TOLEDO  
VOR/DME  
TLD  
39° 58' 10" N  
04° 20' 16" W



51

58

53

LED 33  
FL 460  
GND

LED 98  
FL 460  
FL 80

LED 52  
8000FT ALT  
GND

LED 55B  
6000FT ALT  
1000FT AGL

LED 43  
5000FT ALT  
GND

LED 55A  
4000FT ALT  
1000FT AGL

LED 94  
FL 120  
GND

LED 38  
5000FT ALT  
GND

LED 87  
15000FT AGL  
GND

LED 41  
5000FT AGL  
GND

LED 40  
8500FT AGL  
GND

FL 120

LED 47A  
FL 460  
FL 370

LED 47B  
FL 460  
FL 370

91

61

49

93

40° N

40° N

41° N

42° N

3° W

4° W

2° W

3° W

4° W

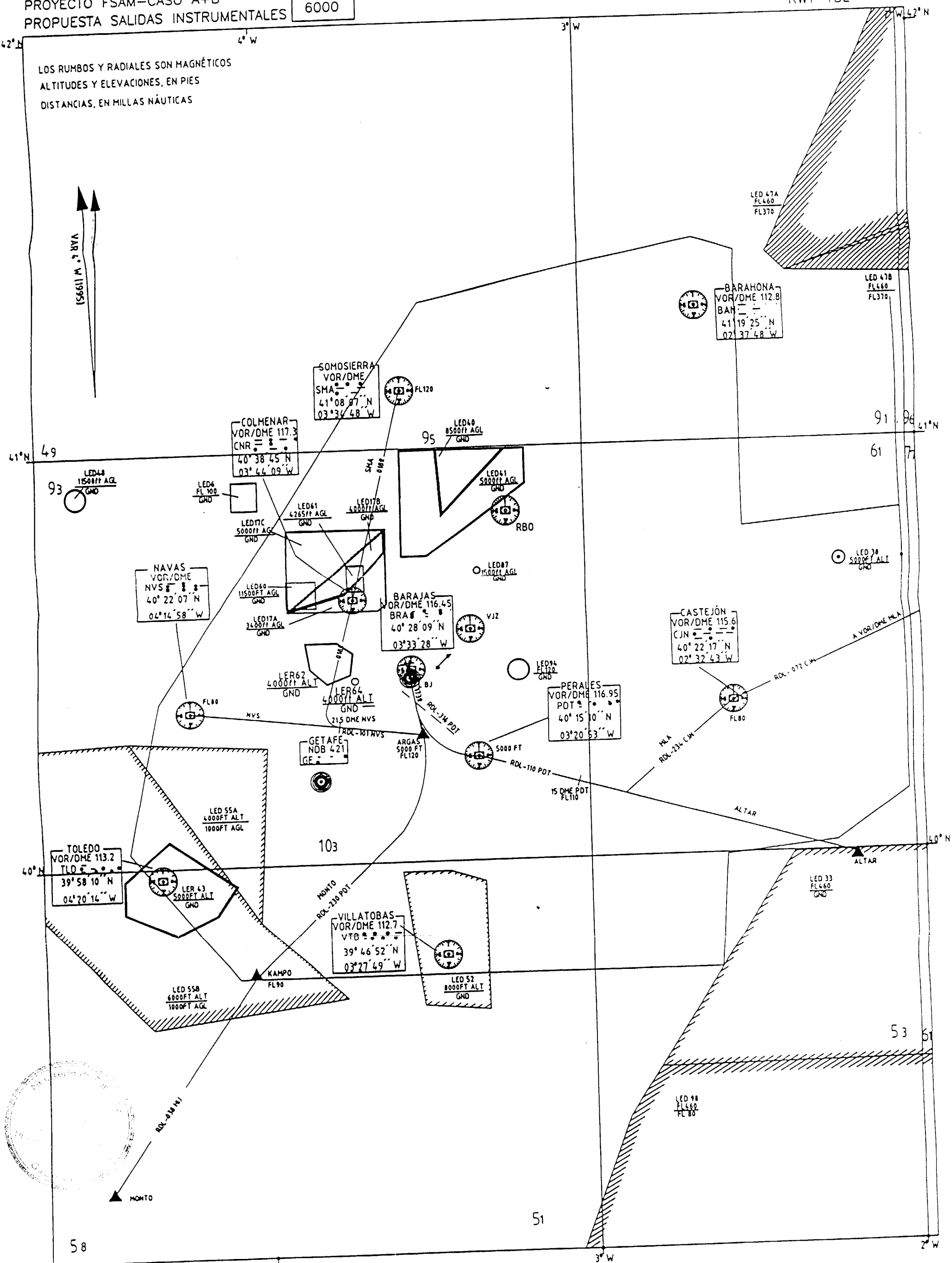
CONSTRUCCION CIVIL



PROYECTO FSAM-CASO A+B  
 PROPUESTA SALIDAS INSTRUMENTALES

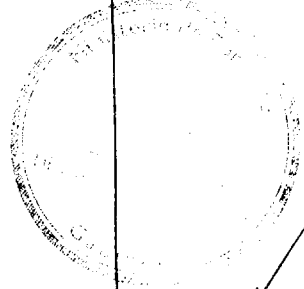
TA  
 6000

MADRID/BARAJAS  
 RWY 18L



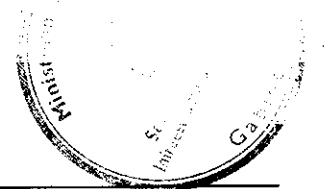
LOS RUMBOS Y RADIALES SON MAGNÉTICOS  
 ALTITUDES Y ELEVACIONES, EN PIES  
 DISTANCIAS, EN MILLAS NÁUTICAS

VAR 2° W (1995)





**ANEXO II:**  
**DISEÑO DEL FUTURO ÁREA DE MANIOBRAS**





## ÍNDICE

	<b>Pág. n°</b>
A.II.1.- INTRODUCCIÓN .....	1



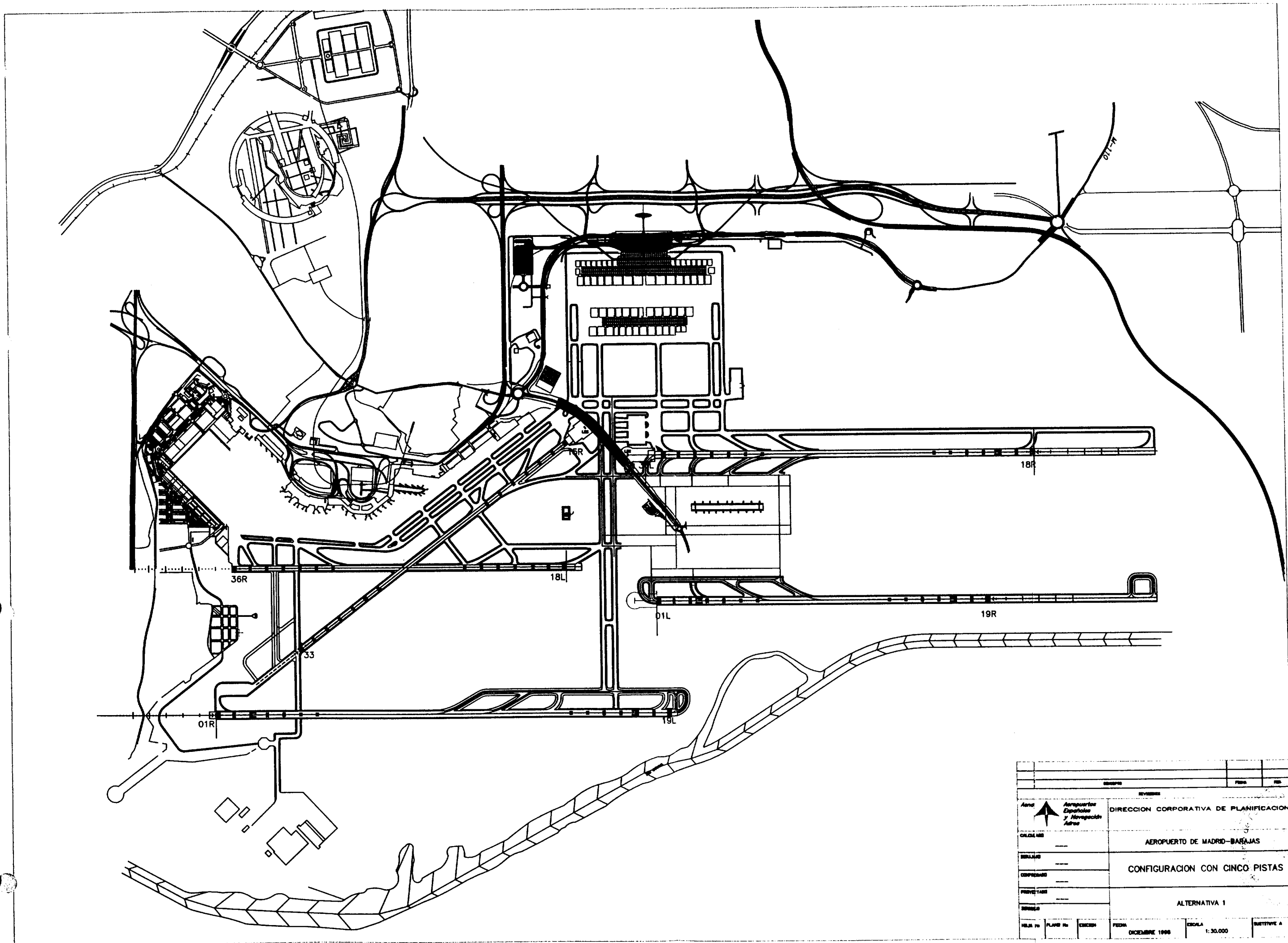



## **ANEXO II. DISEÑO DEL FUTURO ÁREA DE MANIOBRAS**

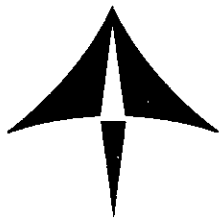
### **A.II.1.- INTRODUCCIÓN**

Este Anexo indica de forma gráfica el diseño del área de maniobras del Futuro Sistema Aeroportuario de Madrid-Barajas (FSAM).





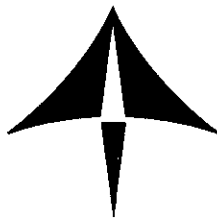
Aerodromo		Fecha		Hoja	
REVISIONES					
 Aena Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea		DIRECCION CORPORATIVA DE PLANIFICACION			
CALDAFAS		AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS			
SERVICIOS		CONFIGURACION CON CINCO PISTAS			
CONSTRUCCION		ALTERNATIVA 1			
PROYECTO					
ESTUDIO					
HOJA No	PLANO No	EDICION	FECHA	ESCALA	SUSTITUYE A
			DICIEMBRE 1966	1:30.000	



**ANEXO III:**

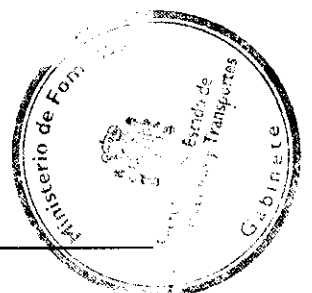
**CALCULO DE LOS TIEMPOS DE BLOQUEO PARA EL CASO A+B**





## ÍNDICE

	<b>Pág. n°</b>
A.1.- INTRODUCCIÓN.....	1
A.2.- CASO A+B SIN INTERFERENCIA CON EL AEROPUERTO DE TORREJÓN. ...	1
A.2.1.- Configuración Norte .....	1
A.2.2.- Configuración Sur.....	1
A.2.3.- Metodología de cálculo.....	2
A.2.4.- Procedimientos operacionales para las salidas de una misma pista de Barajas.....	2
A.2.5.- Procedimientos operacionales para las llegadas a una misma pista de Barajas ....	3
A.3.- CASO A+B: INTERFERENCIA DEL AEROPUERTO DE BARAJAS SOBRE EL AEROPUERTO DE TORREJÓN.....	4
A3.1.- Despegues de Torrejón. ....	4





## ANEXO III.- CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE BLOQUEO PARA EL CASO A+B

### AIII.1.- INTRODUCCIÓN

Este anexo tiene por objeto detallar los tiempos de bloqueo empleados para la simulación de los escenarios incluidos en el caso A+B, correspondiente al estudio del Futuro Aeropuerto de Madrid- Barajas.

### AIII.2.- CASO A+B SIN INTERFERENCIA CON EL AEROPUERTO DE TORREJÓN.

#### AIII.2.1.- Configuración Norte

- En Configuración Norte se han diseñado aproximaciones instrumentales simultáneas independientes a las cabeceras 36R, 01R, y salidas simultáneas independientes de las cabeceras 36L, 01L.
- Las aproximaciones frustradas a la pista 36L bloquean las salidas por las pistas 01L y 36L.

Los valores de los bloqueos ocasionados por las aproximaciones frustradas a la pista 36R se encuentran especificados en la tabla AIII.1.

AERONAVES BLOQUEADAS (DEP36L)	TIPO DE AERONAVES QUE BLOQUEAN (ARR36R)		
	Aeronaves Ligeras	Aeronaves Medias	Aeronaves Pesadas
Ligeras	2,1NM	2,1NM	2,1NM
Medias	2,1NM	2,1NM	2,1NM
Pesadas	2,1NM	2,1NM	2,1NM
AERONAVES BLOQUEADAS (DEP01L)	Aeronaves Ligeras	Aeronaves Medias	Aeronaves Pesadas
	Ligeras	2,1NM	2,1NM
Medias	2,1NM	2,1NM	2,1NM
Pesadas	2,1NM	2,1NM	2,1NM

Tabla AIII.1.- Tiempos de bloqueo en configuración Norte

#### AIII.2.2.- Configuración Sur.

- En configuración Sur se han diseñado aproximaciones instrumentales simultáneas independientes a las cabeceras 18R y 19R y salidas simultáneas independientes de las cabeceras 18L y 19L.







- Las aproximaciones a la pista 19R bloquean a la salidas por las pistas 18L y 19L, tal y como muestra la tabla AIII.2:

AERONAVES BLOQUEADAS (DEP 19L)	TIPO DE AERONAVES QUE BLOQUEAN (ARR19R)		
	Aeronaves Ligeras	Aeronaves Medias	Aeronaves Pesadas
Ligeras	2,6NM	2,6NM	2,6NM
Medias	2,6NM	2,6NM	2,6NM
Pesadas	2,6NM	2,6NM	2,6NM
AERONAVES BLOQUEADAS (DEP18L)	Aeronaves Ligeras	Aeronaves Medias	Aeronaves Pesadas
Ligeras	2,1NM	2,1NM	2,1NM
Medias	2,1NM	2,1NM	2,1NM
Pesadas	2,1NM	2,1NM	2,1NM

**Tabla AIII.2.- Tiempos de bloqueo en configuración Sur**

#### **AIII.2.3.- Metodología de cálculo.**

Los valores de los bloqueos que aparecen en las tablas AIII.1 y AIII.2 garantizan una separación mínima de 3NM (separación mínima radar) en el momento en el que la aeronave bloqueada se encuentra en la fase de despegue y la aeronave bloqueadora está realizando la aproximación frustrada.

#### **AIII.2.4.- Procedimientos operacionales para las salidas de una misma pista de Barajas**

Los despegues consecutivos desde una misma pista de Barajas deben mantener unos intervalos de tiempo de bloqueo entre sí con objeto de conseguir en espacio aéreo las separaciones según criterios de estela turbulenta. En estos tiempos de bloqueo influyen los siguientes factores:

- Clasificación de la aeronave en Pesada, Media ó Ligera.
- Rango de velocidades en las fases iniciales del vuelo.





- El hecho de que las aeronaves sucesivas vayan a seguir rutas que presentan divergencia al poco de despegar (8 DME de BRA según Carta de Acuerdo Madrid APP-TWR) ó siguen tramos comunes durante gran parte del vuelo.

De acuerdo a esos factores, los procedimientos de bloqueo introducidos en las simulaciones son los recogidos en la Tabla AIII.3.

Tiempos de Bloqueo en Segundos		Aeronave que Precede (1ª)					
		Despegues Sucesivos Siguen Rutas Divergentes			Despegues Sucesivos No Divergen		
		Pesada	Media	Ligera	Pesada	Media	Ligera
Aeronave que Sigue (2ª)	Pesada	65	75	175	80	90	190
	Media	85	65	165	100	80	180
	Ligera	105	95	85	120	110	100

**Tabla AIII.3.- Procedimientos de bloqueo entre despegues de una misma pista de Barajas.**

#### AIII.2.5.- Procedimientos operacionales para las llegadas a una misma pista de Barajas

Las reglas de separación en Espacio Aéreo para las llegadas consecutivas a una misma pista de aterrizaje son:

- Separación Inicial en Ruta = 10 MN.
- Separación en el TMA (antes del IAF) = 5 MN.
- Separación en el IAF y fases posteriores (Procedimiento de Aproximación): la separación propia debida a separaciones mínimas radar por estela turbulenta. Se consideran las que aparecen en la Tabla AIII.4.

SEPARACIONES EN MN		AERONAVE QUE PRECEDE (1ª)		
		PESADA	MEDIA	LIGERA
AERONAVE QUE SIGUE (2ª)	PESADA	4	3.5	3.5
	MEDIA	5	3.5	3.5
	LIGERA	6	5	3.5

**Tabla AIII.4.- Separaciones aplicadas en la fase de aproximación**





### A.3.- CASO A+B: INTERFERENCIA DEL AEROPUERTO DE BARAJAS SOBRE EL AEROPUERTO DE TORREJÓN.

#### A3.1.- Despegues de Torrejón.

Los tiempos de bloqueo provocados por las operaciones del aeropuerto de Madrid-Barajas con respecto a los despegues del aeropuerto de Torrejón utilizados para la simulación del modelo A+B, tanto en Configuración Norte como en Sur, derivados de información operativa suministrada por la División ATS de la Región Centro, son los que a continuación se presentan en la Tabla AIII.5.

	TIEMPOS DE BLOQUEO (minutos)	
	OPERACIONES QUE BLOQUEAN	
	(LEMD) ARR01L Y 36R	(LEMD) DEP 19L Y 18L
OPERACIONES BLOQUEADAS DEP LETO23	6	5

**Tabla AIII.5.- Tiempos de bloqueo de las operaciones de LEMD sobre los despegues de LETO**

