

7. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS



## 7.1. ALTERNATIVAS DE CAMPO DE VUELOS

### 7.1.1. INTRODUCCIÓN

En este punto se trata de dar una visión general de los estudios técnicos desarrollados para decidir la configuración de pistas óptima del Aeropuerto de Barajas, para satisfacer las necesidades de la demanda que se han calculado en el apartado correspondiente.

Se definirán las alternativas consideradas, como resultado de los estudios para determinar la viabilidad de su implantación en el terreno ocupado por el aeropuerto. Posteriormente, se explicarán las razones que han llevado a la elección de una de ellas como la más adecuada, desarrollándose luego la elegida al nivel de detalle adecuado para un Plan Director.

### 7.1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS CONSIDERADAS

#### 7.1.2.1. Procedencia de las alternativas consideradas

Las alternativas de desarrollo del Aeropuerto de Madrid-Barajas que se tienen en cuenta son las definidas en el marco del proyecto *fsam*.

Esas alternativas consideran como objetivo fundamental conseguir operaciones instrumentales independientes entre las pistas actuales y las propuestas, objetivo que se logra, ineludiblemente, garantizando una distancia mínima entre pistas paralelas.

Según criterios de la OACI, para asegurar la operación instrumental de aproximación a pistas independientes se aconseja que la distancia entre dichas pistas sea la máxima posible, estimándose que a distancias mayores que 1.310 m existe suficiente margen de garantía de que puedan efectuarse aproximaciones instrumentales independientes.

A continuación se definen geoméricamente las posibles nuevas pistas, llamadas "A", "B" y "C" en el proyecto *fsam*, y se analiza el modo de operación en cada campo de vuelos representado.

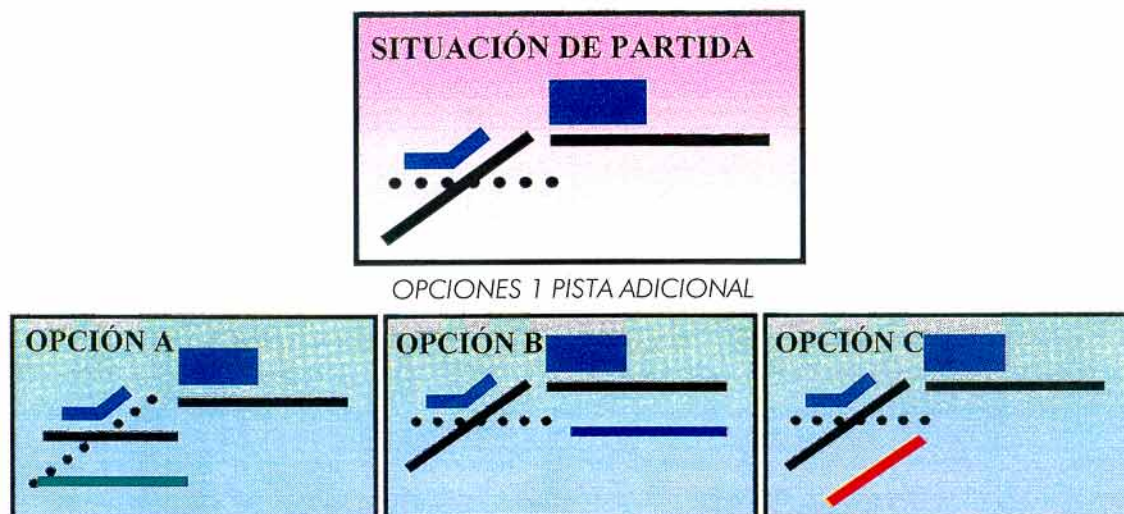
#### 7.1.2.2. Alternativas consideradas

A partir de la configuración actual, se definieron cinco posibles configuraciones de ampliación del campo de vuelo. Tres de ellas contemplan la incorporación de una nueva pista, paralela a cada una de las existentes. Otras dos configuraciones, de máximo desarrollo, incluyen dos pistas adicionales paralelas a dos de las tres existentes.



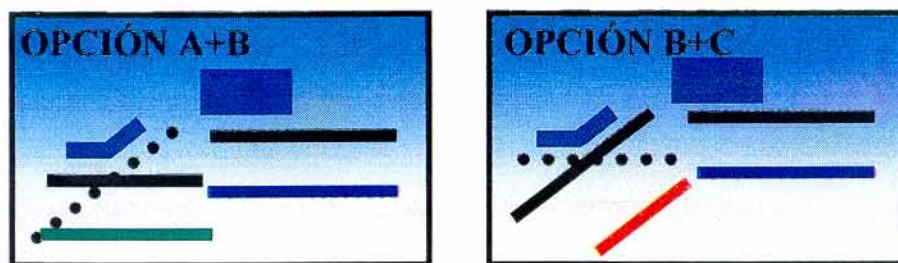
Ilustración 7.1.- Alternativas de ampliación consideradas

OPCIONES DE AMPLIACIÓN



OPCIONES 1 PISTA ADICIONAL

OPCIONES MÁXIMA AMPLIACIÓN, 2 PISTAS ADICIONALES



- PISTAS OPERATIVAS
- ..... PISTAS NO OPERATIVAS

Fuente: fsam

Desde una perspectiva de funcionalidad, el factor fundamental para decidir entre una alternativa de campo de vuelo u otra, siempre que sean físicamente factibles, es la adaptación a la demanda de tráfico que se prevé para el Aeropuerto. Para ello, se estudió la capacidad de saturación de cada configuración de pistas, expresada en términos de operaciones máximas en una hora.



Se realizaron cálculos teóricos y simulaciones en tiempo acelerado (incluidas en el Anexo 10), mediante la herramienta más utilizada para estos fines: el programa SIMMOD de la FAA<sup>1</sup>, llegándose a las siguientes conclusiones:

- Las configuraciones de campo de vuelo denominadas "A", "B" y "C", presentan un problema común: la asimetría del campo de vuelo, esto es, el desequilibrio entre la capacidad para despegues y aterrizajes. Como consecuencia de ello, la capacidad real de dichas alternativas es demasiado baja para considerarlas como posible solución. La alternativa "A", de mayor capacidad, provocaría impactos ambientales por ruido difícilmente asumibles.
- Las configuraciones denominadas "A+B" y "B+C", que consisten en la ampliación del campo de vuelo con la construcción de dos nuevas pistas hasta su máximo desarrollo, convierten a Barajas en un aeropuerto con cuatro pistas de vuelo independientes dos a dos. Estas configuraciones no tendrían los problemas de asimetría de las soluciones anteriores.

Esta capacidad debe ser comparada con la demanda de tráfico obtenida de los estudios de demanda. Dicha demanda, expresada en las mismas unidades, operaciones hora punta, que la capacidad de cada configuración, se muestra en la tabla 7.1.

Tabla 7.1.- Demanda Prevista en Operaciones en Hora Punta

Tráfico	Nº operaciones/hora
Nivel A	85
Nivel B	100
Nivel C	122

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.2.- Capacidad de cada alternativa de ampliación (mínima de las capacidades en configuración Norte o Sur)

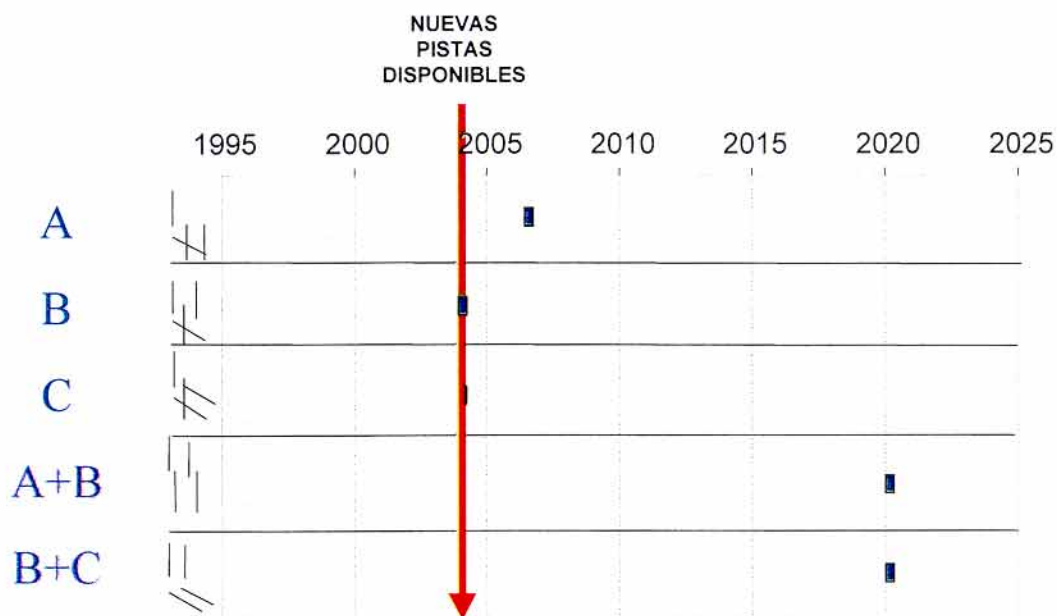
Opción	"A"	"B"	"C"	"A+B"	"B+C"
Capacidad (AHP)	80	78	78	119	119

Fuente: Simulaciones SIMMOD de la DDSNA



<sup>1</sup> Federal Aviation Administration. EE.UU

Ilustración 7.2.- Año de Saturación de las Posibles Configuraciones del Aeropuerto de Barajas



Fuente: Elaboración propia

Las conclusiones de este análisis fueron las siguientes:

- La construcción de una sola pista, aún permitiendo operaciones independientes, no proporciona el aumento de capacidad necesario para hacer frente a la demanda de los próximos diez años, saturándose casi inmediatamente a su posible puesta en servicio.
- Las tres opciones consideradas de ampliación con una pista son muy asimétricas en cuanto a su capacidad según las operaciones se realicen en configuración norte o sur, por lo que plantearían serios problemas de explotación.
- De las tres opciones, la opción "A", que es la de mayor capacidad, provocaría una elevada afección ambiental por ruido en los municipios de Coslada y San Fernando de Henares.

Como resultado de este análisis se descartaron las tres opciones de ampliación de sólo una nueva pista y se realizó un estudio más detallado de las opciones "A+B" y "B+C", que se expone en el siguiente apartado.

Análisis de simulación de capacidad más detallados llegaron a la conclusión de que las dos alternativas de máximo desarrollo consideradas eran equivalentes en términos de capacidad del campo de vuelo: en torno a 120 operaciones/hora.



7.1.2.3. Definición de las alternativas "A+B" y "B+C"

i Alternativa "A+B"

La alternativa de configuración de pistas llamada "A+B" en el proyecto fsam consiste en la ampliación del campo de vuelos del Aeropuerto de Madrid-Barajas hasta su máximo desarrollo con la construcción de dos nuevas pistas paralelas a las actuales 18R-36L y 18L-36R. Los umbrales de dichas nuevas pistas que, como se ve, se denominarían 01R-19L y 01L-19R, tendrían las siguientes coordenadas:

Tabla 7.3.- Coordenadas nuevos umbrales configuración "A+B"

Umbral	Coordenadas UTM	Elevación (m)
01L	X=452.422 Y=4.482.737	586
19R	X=452.733 Y=4.487.237	595
19R De	X=452.730 Y=4.485.737	590
01R	X=453.717 Y=4.478.756	583
19L	X=453.725 Y=4.482.856	576

Fuente: fsam

Con estas coordenadas, las nuevas pistas se situarían a 1.310 m de las actuales a las que son paralelas. De ese modo sería posible efectuar operaciones instrumentales independientes en dichos pares de pistas, operándose, según la configuración obligada por la dirección del viento, tal y como aparece en la siguiente tabla:

Tabla 7.4.- Modo de operación de la configuración "A+B"

Configuración\Operación	Aproximaciones	Salidas
	independientes	Independientes
Conf. Norte	36R y 01R	36L y 01L
Conf. Sur	18R y 19R	18L y 19L

Fuente: fsam



ii Alternativa "B+C"

La alternativa de configuración de pistas "B+C" consistiría, por su parte, en la ampliación del campo de vuelos del aeropuerto con la construcción de dos nuevas pistas paralelas a las actuales 18R-36L y 15-33. Los umbrales de dichas nuevas pistas que se denominarían 18L-36R (ya que la actual pista 18L-36R se cierra, pasando su denominación a esta nueva pista en lo sucesivo) y 15L-33R, tendrían las siguientes coordenadas:

Tabla 7.5.- Coordenadas nuevos umbrales configuración "B+C"

Umbral	Coordenadas UTM	Elevación (m)
36R	X=452.726,21 Y=4.483.735,01	592
18L	X=452.733,69 Y=4.487.233,27	585
18L De	X=452.732,62 Y=4.486.733,52	586
33R	X=454.960,71 Y=4.480.268,42	572
33R De	X=454.657,13 Y=4.480.665,39	574,86
15L	X=452.835,68 Y=4.483.047,30	592

Fuente: fsam

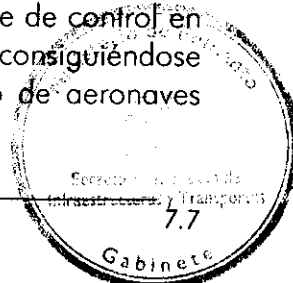
Con estas coordenadas, las nuevas pistas se situarían como mínimo a 1.310 m de la actual a la que son paralelas. De ese modo podrían efectuarse operaciones instrumentales independientes en dichos pares de pistas, operándose, según la configuración obligada por la dirección del viento como se indica en la tabla siguiente.

Tabla 7.6.- Modo de operación de la configuración "B+C"

Configuración\Operación	Aproximaciones	Salidas
	independientes	independientes
Conf. Norte	33R y 33L	36R y 36L
Conf. Sur	18R y 18L	15R y 15L

Fuente: fsam

En el caso del par de pistas paralelas 15-33, se situaría la nueva 15L-33R a 1.900 m de la existente, como valor admisible para evitar problemas operacionales ocasionados por la penetración de la nueva torre de control en las superficies OAS (Superficies de Evaluación de Obstáculos), consiguiéndose al mismo tiempo respetar las instalaciones de mantenimiento de aeronaves



situadas en la Zona Industrial de La Muñoz. Esta separación se justificará técnicamente más adelante, en el análisis de las superficies OAS.

### 7.1.3. ELECCIÓN DE SOLUCIÓN DE CONFIGURACIÓN DE PISTAS

En este punto se presentan las ventajas encontradas en la configuración de campo de vuelos "B+C" respecto a la llamada "A+B".

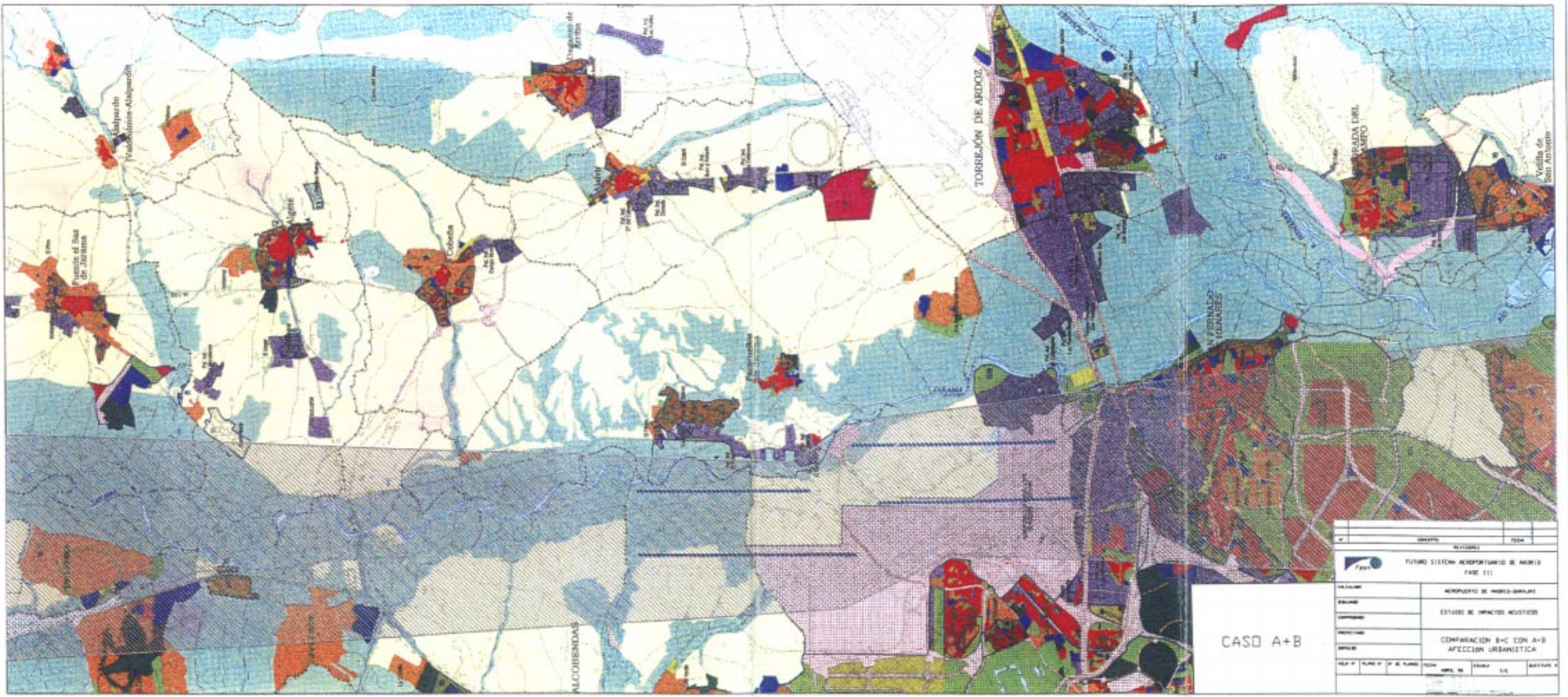
Como consecuencia de estas ventajas, la alternativa "B+C" se considera la más adecuada para adaptarse a las necesidades de la demanda.

#### 7.1.3.1. Impactos acústicos

Los impactos ambientales de la configuración "B+C" se consideran asumibles, presentando un mínimo incremento respecto a los producidos por el actual Aeropuerto. En la configuración "A+B", el impacto ocasionado por el ruido sobre las poblaciones situadas al Sur del Aeropuerto (Coslada y San Fernando) sería inadmisibile desde puntos de vista económico, social e incluso político.







CASO A+B

 <b>FUTURO SISTEMA AEROPORTUARIO DE MADRID</b> FASE III	
OBJETIVO	ALTERNATIVAS
FECHA	
ESTUDIO	ALTERNATIVAS
ESTUDIO DE IMPACTOS ACUSTICOS	
COMPARACION B+C CON A+B	
AFECCION URBANISTICA	
ESCALA	1:50.000
FECHA	1998
ELABORADO POR	INSTITUTO TECNICO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLOS

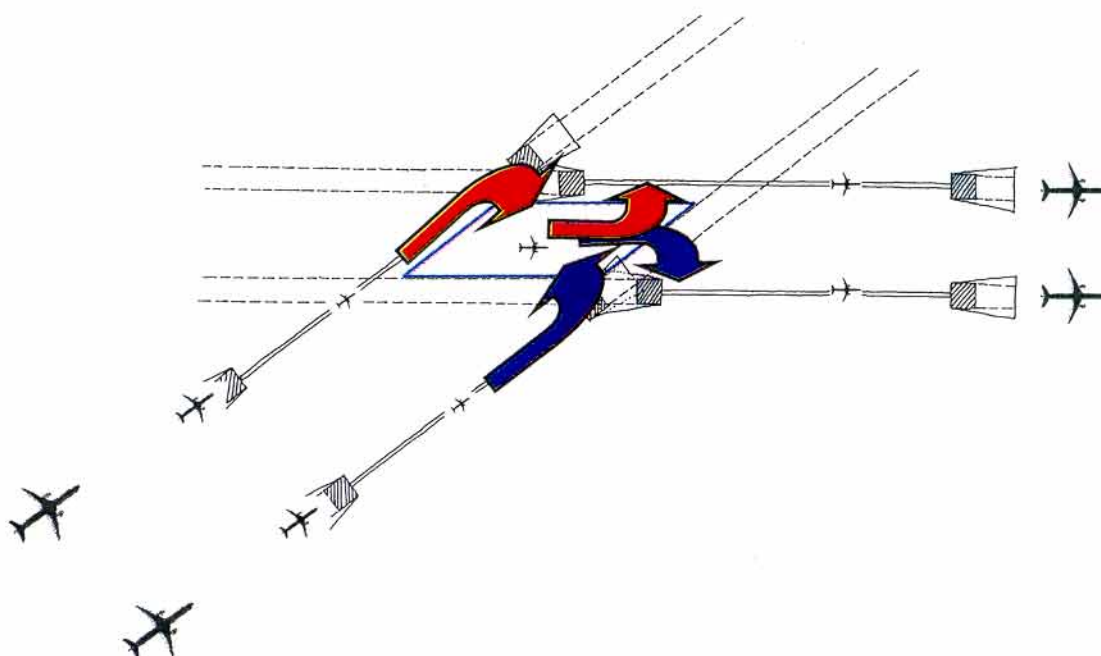




### 7.1.3.2. Eficiencia en la operación

La eficiencia de la operación de las aeronaves en el campo de vuelos "B+C", con áreas terminales en el espacio disponible en torno a la torre de control, sería excelente, beneficiándose de la utilización segregada (para aterrizajes o despegues exclusivamente) de las pistas, operando en pistas dedicadas. Este modo de operación disminuye las distancias de rodadura de las aeronaves y, consecuentemente, los tiempos para los pasajeros y los costes operativos para las compañías.

Ilustración 7.5.- Eficiencia en la operación



Fuente: Elaboración propia

Esta eficiencia en la operación sería menor en la alternativa "A+B" por la mayor complejidad del sistema de rodaduras hasta el área terminal, al no estar las cuatro cabeceras de las pistas situadas en un espacio despejado, como en el caso "B+C".

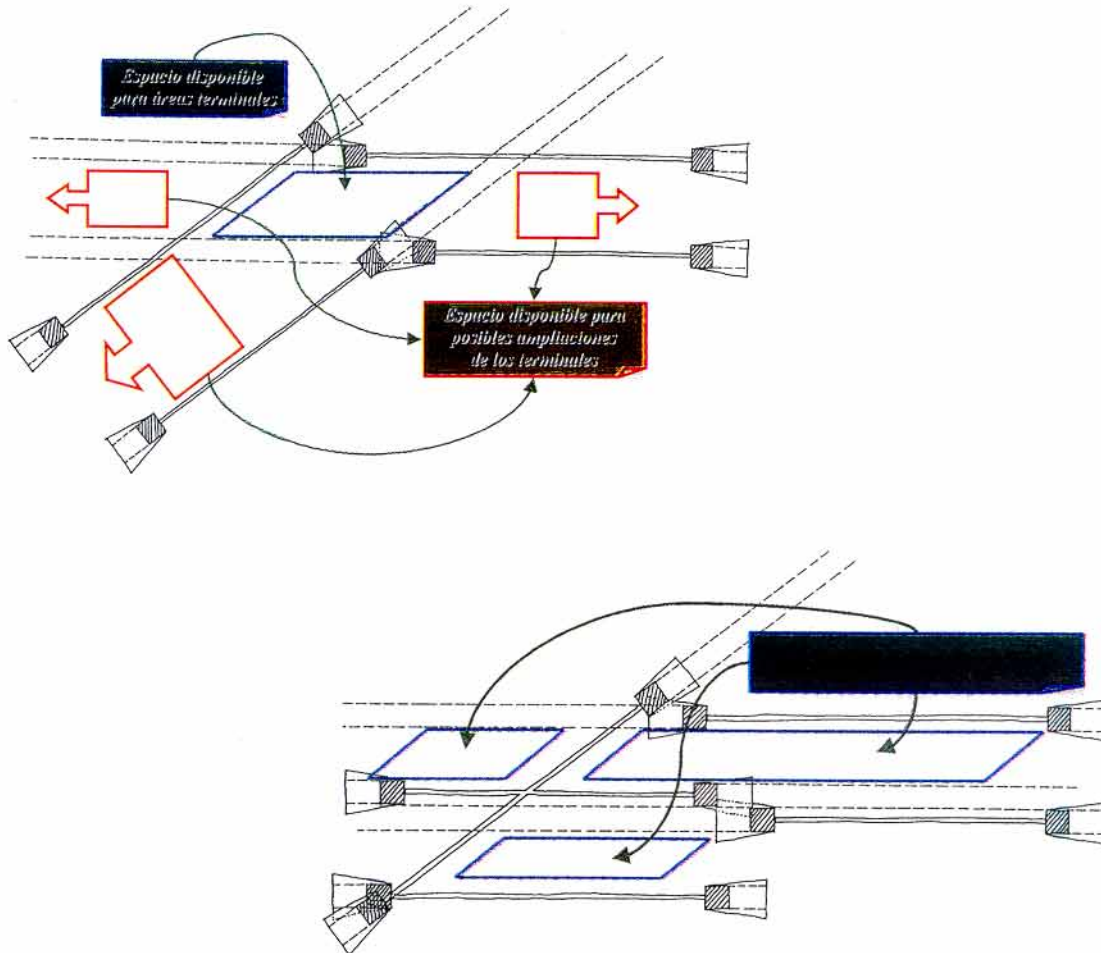
### 7.1.3.3. Espacio disponible para áreas terminales entre pistas

El espacio disponible para áreas terminales sería mucho mayor en la alternativa B+C, por la obligación de respetar las zonas libres de obstáculos recomendadas por organismos de influencia aeronáutica, como son la OACI y la FAA, a la vez que se respetan las recomendaciones de la Asociación de Pilotos de Líneas Aéreas



(ALPA)<sup>2</sup>: Las limitaciones impuestas por estas superficies perjudican seriamente a la opción "A+B" de cara a la construcción de áreas terminales entre pistas.

Ilustración 7.6.- Espacio disponible para áreas terminales



Fuente: Elaboración propia

#### 7.1.3.4. Impacto de la construcción de la ampliación sobre la operación normal del aeropuerto

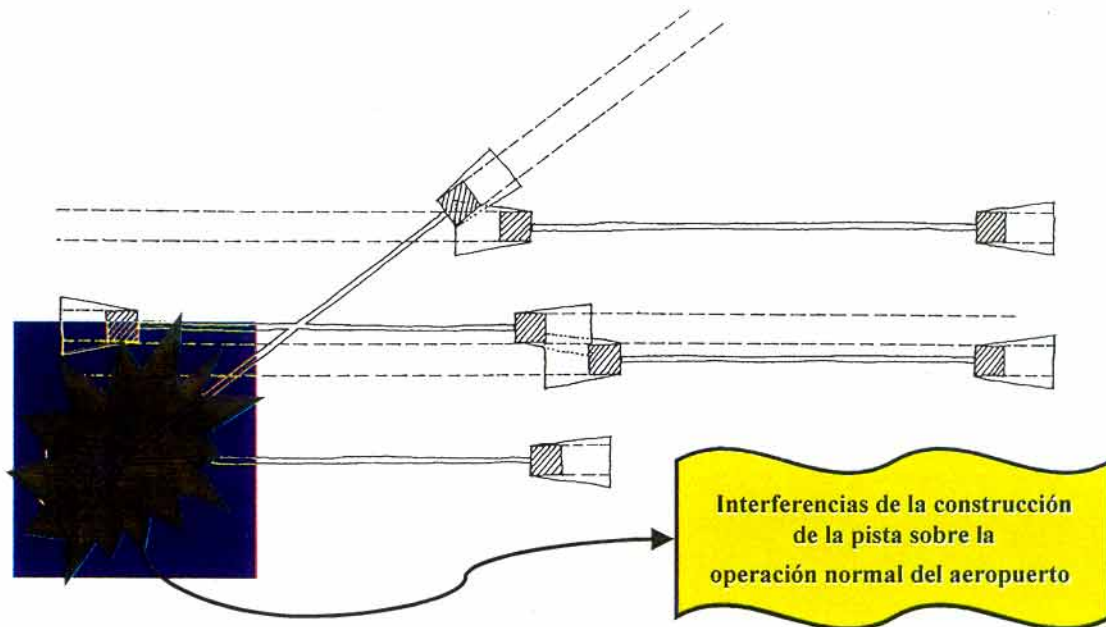
La alternativa "B+C" presenta mayor facilidad de construcción, compatible con la operación normal del Aeropuerto. Es éste un factor clave en la elección entre ambas opciones, debido a la necesidad de compatibilizar las obras de ampliación del Aeropuerto con la actividad habitual del mismo, para poder soportar la demanda prevista. La opción "A+B" presenta mayores problemas en este sentido debido a la posición del umbral 01R, que está situado de forma que esa pista se corta con la actual 15-33, por lo que debería dejar de operarse por esa pista (actualmente, la

<sup>2</sup> Consulta realizada a la Comisión de Seguimiento del fsam, recibiendo el documento "Zonas libres de obstáculos, Aeropuerto de MAD/BJS", de 5 de noviembre de 1998.



principal para aterrizajes) mientras durasen las obras de ampliación del Aeropuerto, algo a todas luces inadmisibles.

Ilustración 7.7.- Interferencia con la operación normal del aeropuerto de la construcción de la opción de máximo desarrollo A+B



Fuente: Elaboración propia

#### 7.1.4. DESCRIPCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

En este apartado se define la configuración de pistas óptima, según el esquema "B+C", para satisfacer las directrices impuestas para la realización de este Plan Director:

- Operaciones instrumentales independientes en pistas paralelas para maximizar la capacidad del campo de vuelos
- Respeto de las normativas nacionales e internacionales vigentes en materia de aeropuertos
- Mínimos impactos ambientales

##### 7.1.4.1. Distancia mínima entre pistas paralelas

El objetivo fundamental de lograr operaciones independientes entre las pistas actuales y las propuestas como ampliación del Aeropuerto se logra, de manera ineludible, garantizando una distancia mínima entre pistas paralelas, entre otros aspectos. Esa distancia se basa en la necesidad de mantener la separación entre aeronaves que realizan la aproximación a pistas paralelas por si ocurriera un error



craso, teniendo en cuenta las posibilidades de reacción de la aeronave y la actuación del control de tráfico aéreo.

Según criterios de OACI, para garantizar la operación instrumental de aproximación a pistas independientes se aconseja que la distancia entre pistas sea la máxima posible, estimándose que a una distancia mayor que 1.310 m existe suficiente margen de garantía de que puedan efectuarse aproximaciones instrumentales independientes. Disponiendo de esa distancia mínima y:

- de dos sistemas ILS a pleno funcionamiento (con los correspondientes radares de vigilancia y medios de comunicaciones),
- con controladores de vigilancia por separado de la aproximación a pistas paralelas con preponderancia de intervención, y
- con procedimientos definidos de frustrada divergentes

se pueden realizar aproximaciones instrumentales (IFR) independientes.

Otro condicionante a la distancia entre las pistas paralelas, totalmente distinto, es el espacio necesario para construir áreas terminales entre ellas. Examinando los casos de aeropuertos mundiales en los que existen edificios terminales entre pistas paralelas, se observa que las distancias mínimas para garantizar independencia entre las operaciones son muy escasas a la hora de planificar zonas terminales en el centro del campo de vuelos. Por ello, la tendencia mundial actual es la de aumentar la distancia entre las pistas paralelas con el objeto de aprovechar el espacio más adecuado para situar plataformas y edificios terminales de pasajeros, minimizando los tiempos y recorridos de rodadura para las aeronaves y las esperas para los pasajeros.

A partir del actual campo de vuelos de Barajas, observando su configuración y el terreno disponible para la construcción de nuevas pistas (desde las actuales hasta el río), se propone una primera aproximación de campo de vuelos con dos pistas paralelas con dirección 18-36 separadas 1.310 m y otras dos pistas paralelas con dirección 15-33 separadas un mínimo de 1.900 m, con objeto de maximizar el espacio disponible para área terminales, respetándose además la zona industrial de La Muñeza, situada al sudeste del aeropuerto.

#### 7.1.4.2. Procedimientos instrumentales de precisión

Del mismo modo que ocurre en la pista actual 18R-36L, las salidas por la pista 18L-36R presentan limitaciones por la proximidad de los montes situados al Norte y el impacto acústico sobre cercanos núcleos de población existentes. Las aeronaves deberán superar los 120 m de altura sobre pistas antes de iniciar el viraje, y para conseguir esa altura, necesitan un recorrido que les acerca a los montes y les hace sobrevolar zonas pobladas. Cuanto más al Norte se sitúe la cabecera 36R de la futura cuarta pista 18L-36R, mayores serán estos problemas. Por ello se debe intentar colocar esta pista lo más al sur posible.

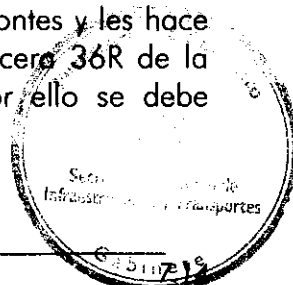


Ilustración 7.8.-Vista de la Sierra de Madrid desde la cabecera 33



Fuente: Archivo propio

El desplazamiento hacia el Sur viene limitado por la zona de seguridad situada al final de pista 15L-33R.

Las aproximaciones en Configuración Sur presentan problemas ATC en sus tramos inicial e intermedio por altura, motivados por el impacto acústico, por la cercanía de los montes de Madrid al noroeste y por las zonas peligrosas existentes, en especial LED41. Las aeronaves deben mantener una cierta altura para que las ayudas previstas para la aproximación, debido a los accidentes orográficos, tengan cobertura a esos niveles de vuelo, y puedan recibir su señal. Por esta razón se acercan al aeropuerto a demasiada altura como para poder realizar un descenso adecuado. Esto aconseja que el umbral 18L, al igual que el 18R, se sitúe lo más al sur posible, coincidiendo con lo reseñado para la Configuración Norte.

Las aproximaciones frustradas en Configuración Norte, por la cabecera 33R, obligan a que la operación no sea independiente entre aterrizajes y despegues, puesto que aunque se puedan cumplir los mínimos de margen de franqueamiento de obstáculos, el límite del área de protección de la maniobra de frustrada de la 15L-33R alcanza las pistas 18R-36L y 18L-36R.

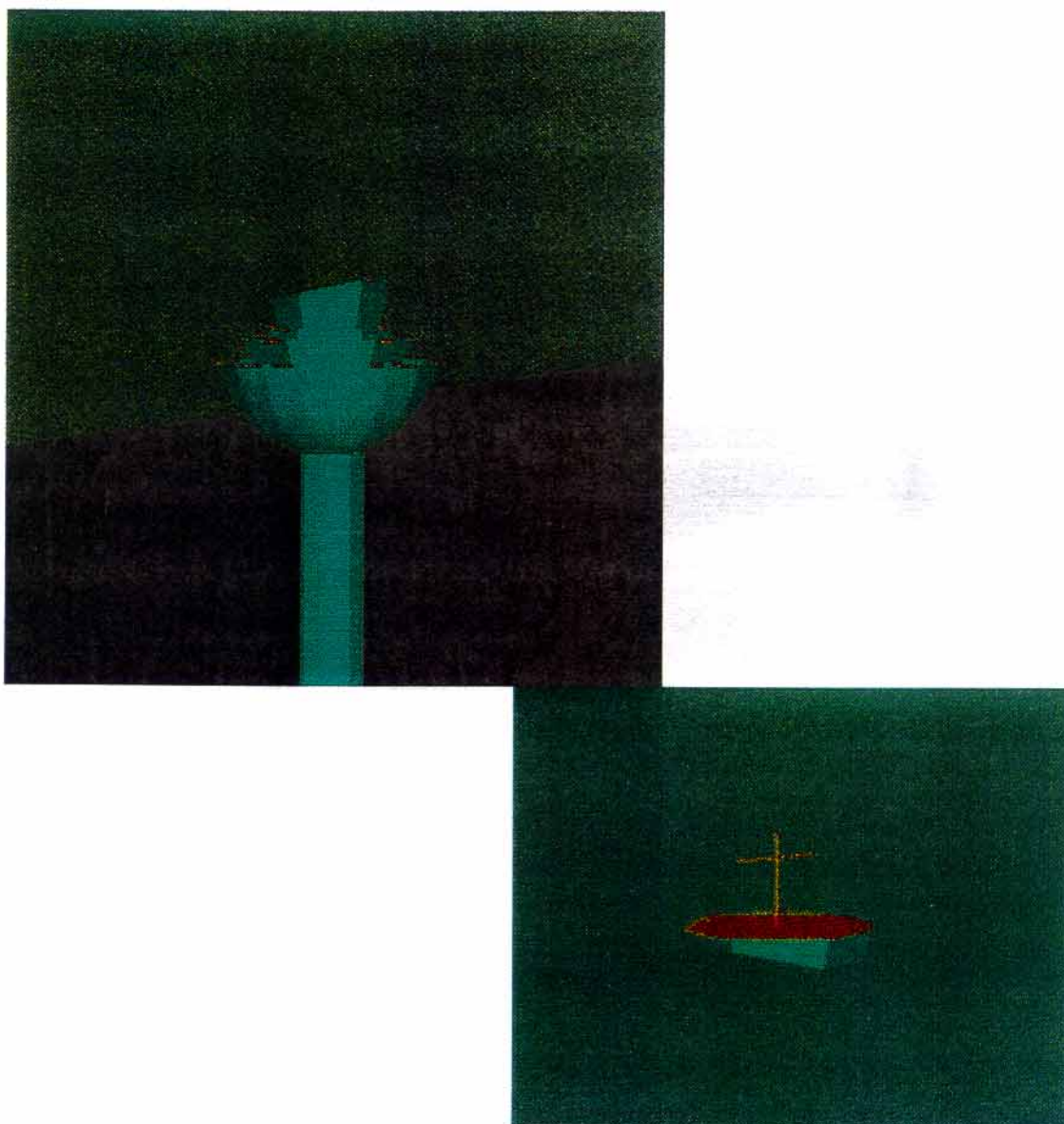
La cabecera 15L puede desplazarse sobre su eje hacia el sudeste para interferir lo menos posible en las aproximaciones por la 18L y no coartar la capacidad del campo de vuelos.



Con una distancia de 1.900 m entre las pistas 15-33, la cota del umbral 33R puede situarse incluso al nivel del terreno, según criterios puramente aeronáuticos. Será el nivel del cauce del río en esa zona el que fije la cota de dicho umbral, para no producir posibles inundaciones del área circundante.

El acercamiento de las pistas al río no produce problemas derivados de las brumas, como demuestra el análisis expuesto en el punto de esta Memoria dedicado a la Meteorología. En cualquier caso, se estudiará la necesidad de instalar un sistema ILS Categoría III para no perder capacidad de llegadas en los momentos puntuales en que las brumas aparezcan.

Ilustración 7.9.- Interferencia de la torre de control en las OAS a menos de 1.900 metros de separación entre pistas 15-33



Fuente: Elaboración propia





Los despegues, como las aproximaciones, también interfieren en la operación de la Base Aérea de Torrejón. El estudio de procedimientos muestra que las salidas por la pista 23 de Torrejón son afectadas tanto por las aproximaciones a las pistas 33 en Configuración Norte, como por las salidas por las pistas 15, en Configuración Sur.

Otro problema relativo a los procedimientos instrumentales de precisión es la posible interferencia de las edificaciones existentes en la zona en la que se situarían las nuevas pistas con las ayudas a la navegación (como el localizador y la senda de planeo de dichas nuevas pistas). En concreto, en el caso de la pista 15L-33R, podrían presentarse problemas debidos a la interferencia de la señal del localizador o de la senda de planeo previstos para las aproximaciones instrumentales a la cabecera 33R (ILS cat. III necesario por las posibles brumas descritas en el punto 3.1.11, dedicado a la meteorología) con los hangares de la zona industrial de La Muñoza, la mayoría de ellos de estructura metálica. Esto podría ocasionar reflexiones de las ondas que falsearan la información recibida por los pilotos en su maniobra de aproximación.

Este problema se estudia en profundidad en el Anexo 11: "Estudio radioeléctrico del procedimiento ILS de la futura pista 33R del Aeropuerto de Madrid-Barajas", donde se simulan las interferencias para evaluar su importancia y garantizar la absoluta credibilidad de la información suministrada por las ayudas.

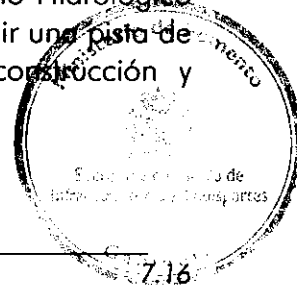
#### 7.1.4.3. Servidumbres operacionales

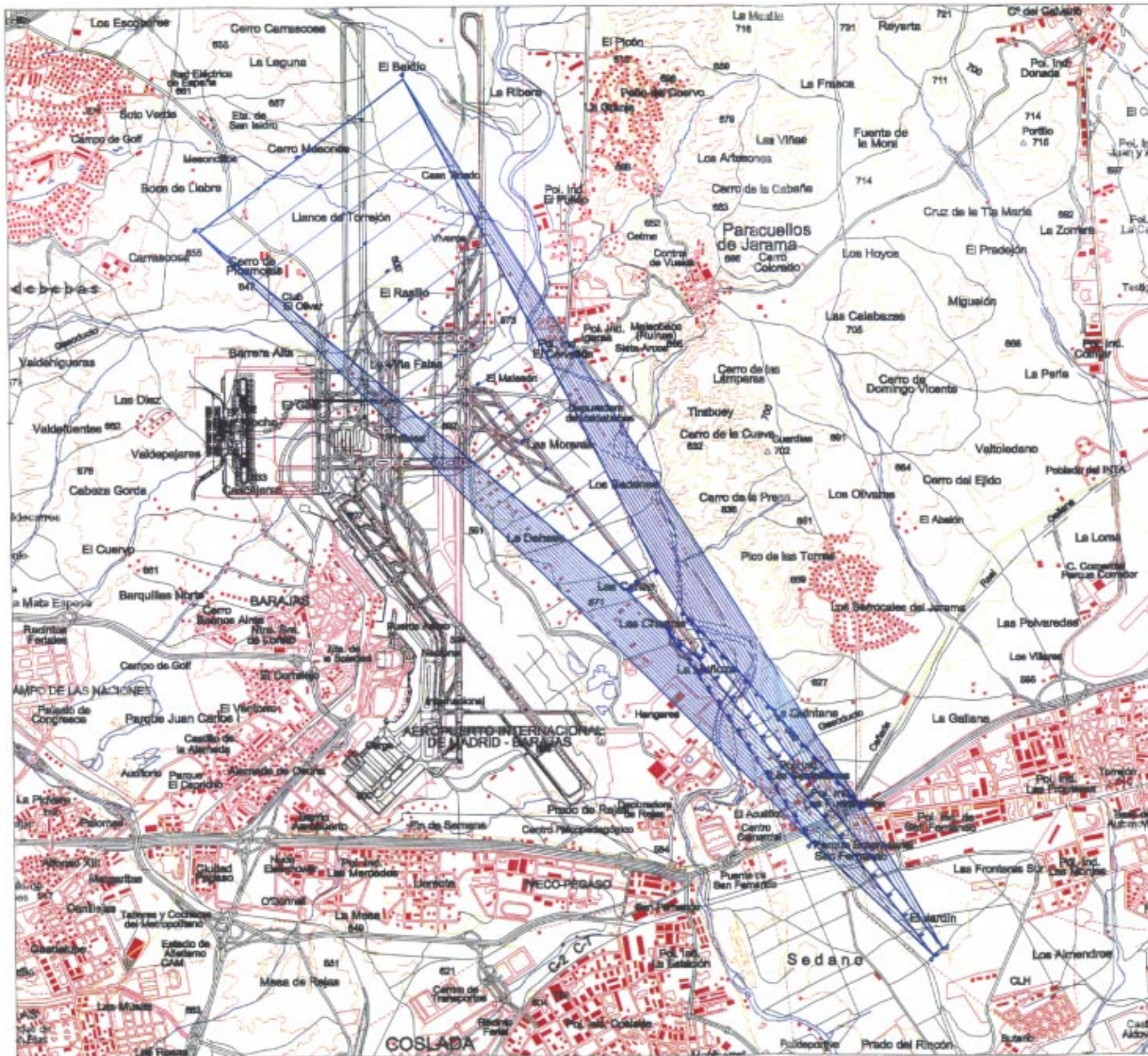
Las servidumbres aeronáuticas de operación han jugado un papel fundamental en la toma de decisión sobre la posición exacta de las nuevas pistas en el Aeropuerto de Barajas; en concreto, sobre la posición de la pista 15L-33R.

El estudio ha demostrado que la mejor solución desde el punto de vista técnico es la separación de 1.900 m entre las pistas 15-33, debido a la necesidad, impuesta por criterios operacionales, de respetar las superficies de evaluación de obstáculos (OAS).

Los obstáculos principales que se han encontrado durante el estudio, cuyas posibles penetraciones en las OAS es necesario evitar, han sido la nueva torre de control y los edificios existentes en la Zona Industrial Sur (La Muñoza).

En concreto, situando la pista 15L-33R a distancias menores de 1.900 m, se producían penetraciones en las OAS, primero de la torre y luego de los hangares de La Muñoza, que forzaban a elevar la cota del umbral 33R (tomado como referencia para el cálculo de las OAS) hasta 24 m sobre el terreno, con lo que se hacía necesario diseñar unos taludes de encuentro de la franja de pista con el terreno que producirían afecciones al cauce del río Jarama, variando las zonas de inundación del río, calculadas con periodos de retorno de 500 años en el Estudio Hidrológico realizado. Además, los movimientos de tierras necesarios para construir una pista de vuelos a tal altura sobre el terreno alargarían el periodo de construcción y aumentarían los costes significativamente.





### LEYENDA

- CATEGORÍA II.
- ELEVACIÓN UMBRAL.- 570 m.
- ÁNGULO TRAYECTORIA DE PLANE.- 3°.
- DISTANCIA LOCALIZADOR/UMBRAL.- 3800 m.
- ÁNGULO PENDIENTE DE ASCENSO PARA APROXIMACIÓN FRUSTRADA.- 2.5%.



**FUTURO SISTEMA AEROPORTUARIO DE MADRID**  
**PLAN DIRECTOR DEL AEROPUERTO DE MADRID-BARAJAS**



TÍTULO  
**ALTERNATIVAS DE CAMPO DE VUELOS OAS CATEGORÍA II**

FECHA <b>JUNIO 1999</b>	FICHERO CAD -
ESCALA <b>1:50.000</b>	PLANO N° 1
NUMÉRICA	GRÁFICA
	HOJA 1 DE 1

#### 7.1.4.4. Áreas de seguridad de extremo de pista

La restricción introducida por las zonas libres de obstáculos de extremo de pista en la planificación y diseño de aeropuertos ha inducido a los expertos en esas materias a estudiar sistemas cuya aplicación permita disminuir el tamaño de las zonas despejadas de objetos, sin aumentar por ello el riesgo para las aeronaves.

En este sentido, la FAA, a través del Departamento de Transporte, ha publicado con fecha 21/8/98 una circular (AC 150/5220-22) en la que expone los resultados de sus pruebas en el Aeropuerto JFK de Nueva York.

Dichas pruebas consisten en la instalación de un sistema diseñado para frenar a la aeronave que realiza un aterrizaje largo, ejecutando fuerzas sobre su tren de aterrizaje y minimizando los daños estructurales para el avión. Este sistema consiste en la colocación, tras el extremo de pista, de materiales de una determinada resistencia que sean capaces de absorber el peso y la aceleración de la aeronave, deformándose sin llegar a perder su resistencia y disminuyendo la distancia recorrida por el avión. Se ha denominado EMAS (*Engineered Materials Arresting Systems*).

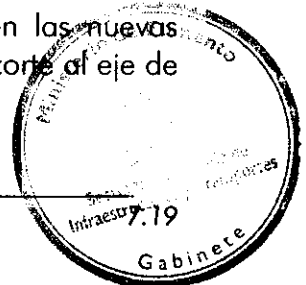
Los materiales utilizados en la composición de estos sistemas han sido estudiados detenidamente antes de probarlo en el Aeropuerto JFK, recomendándose finalmente una banda de cemento celular u hormigón poroso, del ancho de la pista, centrada sobre la prolongación de su eje, de longitud dependiente de las aeronaves que operan en cada aeropuerto. La consulta realizada a la FAA sobre los materiales utilizados para estos sistemas ha revelado la siguiente información sobre ellos:

- Gravilla: Con el paso del tiempo, se compactaba y perdía sus propiedades, con lo que dejaba de actuar como freno para las aeronaves.
- Agua: Atraía a las aves durante sus migraciones, con el consiguiente peligro para la aviación comercial.
- Espuma con fibra de vidrio: Provocaba incendios ante el rozamiento con ciertas partes de la aeronave

Los buenos resultados de las pruebas con el hormigón poroso, han llevado a la instalación del EMAS en otro aeropuerto de Nueva York: La Guardia.

En cualquier caso, debe resaltarse que los sistemas EMAS no pretenden sustituir a las zonas libres de obstáculos dictadas por los distintos organismos y no afectan a sus dimensiones oficiales, aunque está claro que disminuyen el riesgo de accidente en las extensiones recomendadas de dichas áreas.

Por este motivo, se recomienda su implantación en la zona de los futuros umbrales 15L y 36R de Madrid-Barajas, aconsejándose además que se sitúen las nuevas pistas de modo que la prolongación del eje de cualquiera de ellas no corte al eje de



la otra, produciéndose un incremento del riesgo de accidente con colisión por aterrizaje largo.

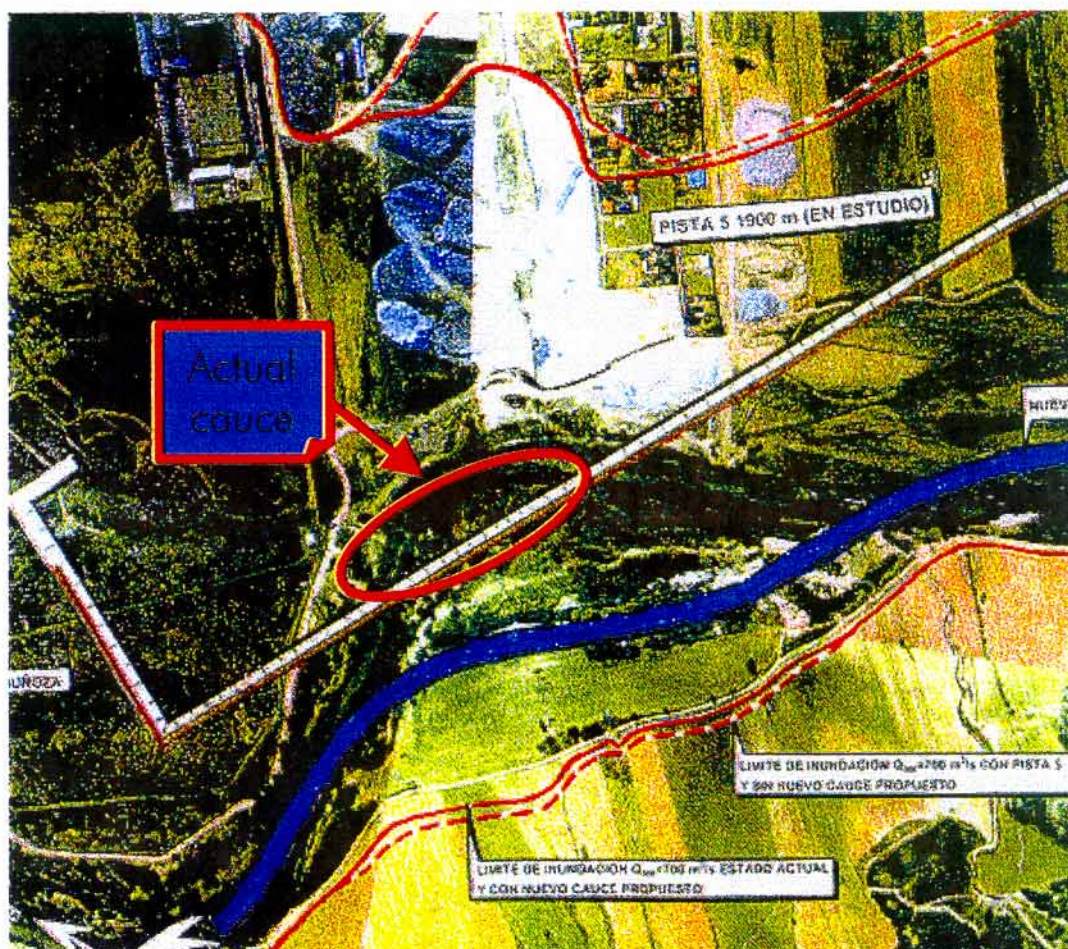
#### 7.1.4.5. Impactos ambientales

##### a) Afección al Río Jarama

El estudio de impacto ambiental muestra que la propuesta de campo de vuelos con las pistas 15-33 separadas entre sí 1900 m no produce afecciones significativas sobre el entorno físico y social del aeropuerto.

Realizado el Estudio Hidrológico del río, en el que se modelizó su cauce desde la zona norte del aeropuerto (Prado Dos Casas) hasta su paso bajo la N-II (Puente de San Fernando), teniendo en cuenta las presas situadas río arriba, se obtienen las zonas de inundación por avenida, con un período de retorno de 500 años. Por otro lado, estudiando la evolución histórica del cauce, se observa que, en la zona en la que la pista 15L-33R invade su zona de policía, se realizó una explotación de graveras que obligó al río a desviarse de su curso. Este hecho aún puede observarse en las fotografías aéreas de la zona, como la que se muestra a continuación.

Ilustración 7.11.- Antiguo desvío del río a causa de las graveras



Fuente: fsm



Si no se hubiera producido ese desvío, la nueva pista de Barajas no invadiría la zona de policía. La solución que se propone en el estudio hidrológico es desviar el cauce actual del Jarama, reconduciéndolo hasta su antiguo cauce y manteniendo las características del actual en cuanto a longitud, anchura, vegetación de ribera, etc.

Esta propuesta incluye la creación de un parque lineal a lo largo del cauce del río en la zona en que éste discurre junto al aeropuerto. La adecuación recreativa de esta zona incluye la creación de humedales que permitan la continuidad de la migración de las aves, senderos peatonales y de bicicleta, zonas de barbacoas, etc..

En resumen, la afección al río producida por la ampliación del Aeropuerto de Madrid-Barajas es perfectamente asumible.

#### b) Afección acústica

Existe otro tipo de impacto ambiental que se considera absolutamente necesario minimizar; el causado por el ruido de las aeronaves. En este sentido, se ha elaborado un estudio de impacto acústico, incluyendo la optimización de las rutas de salida y llegada por las nuevas pistas, aprovechando los corredores no habitados existentes al norte y al sudeste del aeropuerto. Este estudio se incluye en el Documento II.

La conclusión de este estudio es que la afección acústica del Aeropuerto de Barajas ampliado con dos nuevas pistas es muy similar a la que produce el actual aeropuerto, que ya está en fase de corrección mediante el aislamiento o traslado de las viviendas afectadas.

De este modo, el Aeropuerto de Barajas continuará siendo uno de los que menor cantidad de población afecta por ruido en el mundo (en estudio actualmente, con una estimación máxima de 15.000 personas), considerando las afecciones acústicas admitidas por los grandes aeropuertos internacionales con niveles de tráfico equivalentes al suyo, que se muestran en la tabla siguiente.

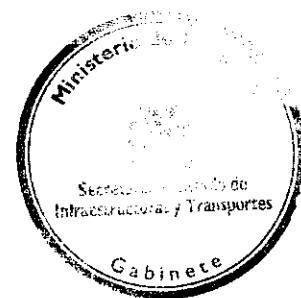


Tabla 7.7.- Población afectada por el ruido en diferentes aeropuertos

Aeropuerto	Población	Año base	Fuente del dato
O'Hare	209.890	1988	Part 150
Atlanta-Hartsfield	80.000	1984	Part 150
Dallas-Ft. Worth	16.834	1989	DEIS
Los Ángeles	92.291	1983	otros
Denver	14.666	1989	EIS
San Francisco	44.440	1982	otros
St. Louis	79.600	1986	Part 150
Newark	65.078	1986	otros
La Guardia	461.749	1986	otros
Phoenix	30.993	1987	Part 150
Greater Pittsburg	6.634	1984	Part 150
Miami	130.000	1985	otros
Detroit-Wayne Co.	37.510	1986	Part 150
Boston-Logan	99.000	1980	otros
Kennedy	212.210	1980	otros
Mineapolis-St Paul	18.554	1987	Part 150
Charlotte	13.243	1988	Part 150
Memphis	72.780	1985	otros
Houston International	4.022	1984	EIS
Philadelphia	Na		
Washington-National	24.50	1989	otros
Orlando	3.480	1985	Part 150
Honolulu	6.468	1987	otros
Las Vegas-McCarren	17.090	1987	otros
Seattle-Tacoma	78.146	1984	Part 150
Balt.-Washington	14.194	1987	otros
Salt Lake City	3.915	1984	Part 150
Cincinnati	2.019	1985	EIS
Kansas City	282	1980	81 EIS, p.34
Cleveland	28.730	1981	84 Part 150, p.82, p.93

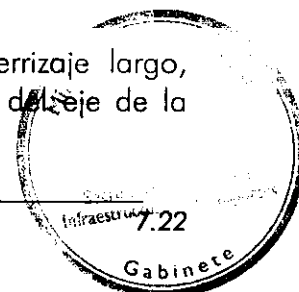
Fuente: Elaboración propia

#### 7.1.4.6. Conclusiones

La situación de la pista 18L-36R queda definida por una separación de 1.310 m de la actual 18R-36L, estando los extremos 18 a la misma latitud. En esa posición, la pista cumple con los mínimos necesarios para efectuar operaciones independientes respecto de las realizadas por la pista 18R-36L actual y no afecta al río

Por su parte, la pista 15L-33R queda definida por el cumplimiento de estos criterios:

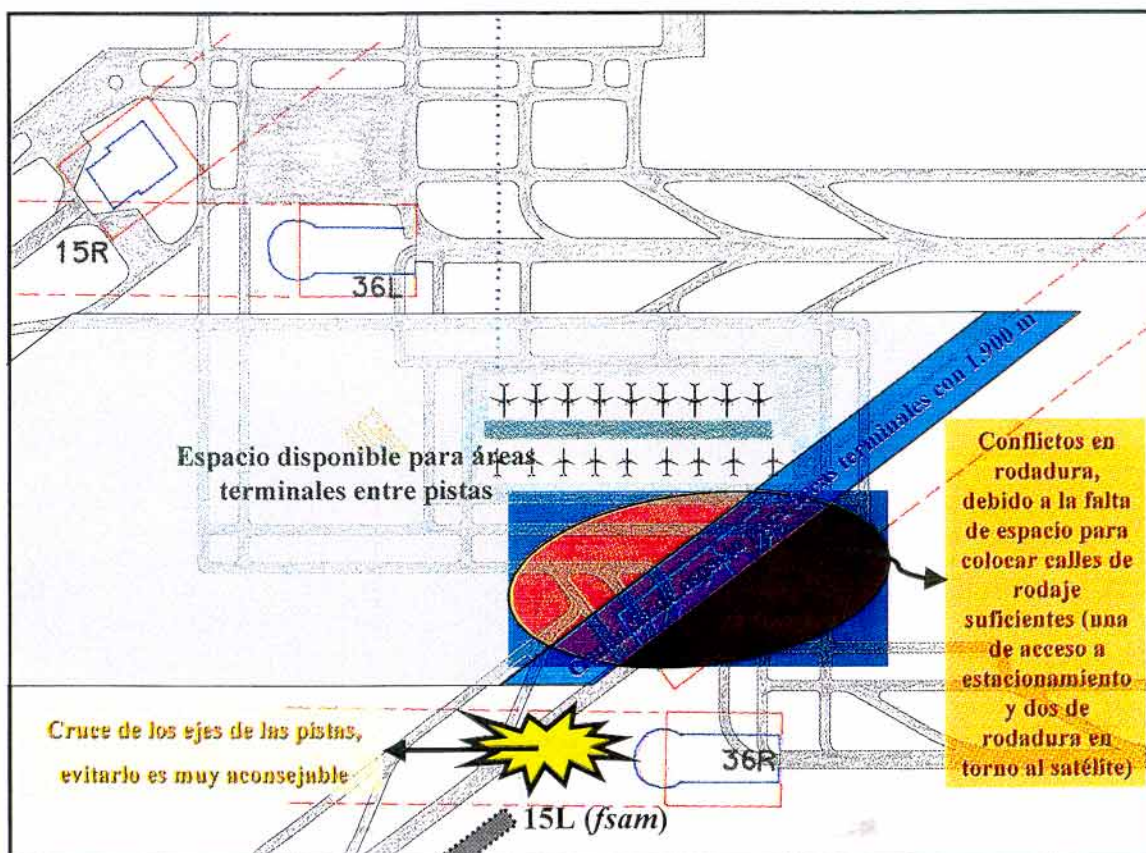
- i Respeto de las servidumbres de operación, garantizando la no penetración de la torre de control en las superficies OAS.
- ii Mínimo riesgo posible de accidente con colisión por aterrizaje largo, definiendo el umbral 15L de manera que la prolongación del eje de la



pista 18L-36R no corte al eje de la pista 15L-33R. De este modo también se consigue que el área de sensibilidad del localizador del sistema ILS de la pista 33R no invada la zona destinada a terminales y rodaduras, quedando espacio para la instalación de un sistema EMAS.

- iii Mínima afección al río Jarama, disminuyendo la altura del umbral 33R sobre el terreno para evitar grandes taludes.

Ilustración 7.12.- Inconvenientes de separaciones de las pistas 15/33 menores de 1.900 m



Fuente: Elaboración propia

### 7.1.5. DEFINICIÓN DEL CAMPO DE VUELOS

#### 7.1.5.1. Nuevas pistas

Las coordenadas de las nuevas pistas 18L-36R y 15L-33R, que llevan al Aeropuerto de Madrid-Barajas a su máximo desarrollo en cuanto a configuración de pistas, serán las que se muestran a continuación:



Tabla 7.8.- Coordenadas umbrales definitivos configuración "B+C"

Umbral	Coordenadas UTM	Elevación (m)
36R	X=452.726,21 Y=4.483.735,01	592
18L	X=452.733,69 Y=4.487.233,27	585
18L De	X=452.732,62 Y=4.486.733,52	586
33R	X=454.960,71 Y=4.480.268,42	572
33R De	X=454.657,13 Y=4.480.665,39	574,86
15L	X=452.835,68 Y=4.483.047,30	592

Fuente: Elaboración propia

Los umbrales se encuentran desplazados para reducir las afecciones sonoras en las poblaciones circundantes y reducir los recorridos medios de las aeronaves hasta las posiciones de estacionamiento en llegadas, puesto que toda la flota usuaria de estas pistas en despegues no necesita más de 3.000 m en aterrizajes, tal y como se explica en el Anexo de Determinación de Longitudes de Pista.

Como ya se ha explicado, en la elevación de los umbrales de aproximación (33L y 33R en configuración Norte, y 18L y 18R para configuración Sur) han influido decisivamente las servidumbres aeronáuticas. Esas servidumbres definieron unas cotas mínimas de dichos umbrales, que después han aumentado considerando la elevación del cauce del río en esas zonas, para asegurar que no se produzcan inundaciones a la vez que se minimiza el impacto ambiental.

En las elevaciones de los umbrales de despegue (36L y 36R en configuración Norte y 15L y 15R en configuración Sur) han influido los siguientes factores:

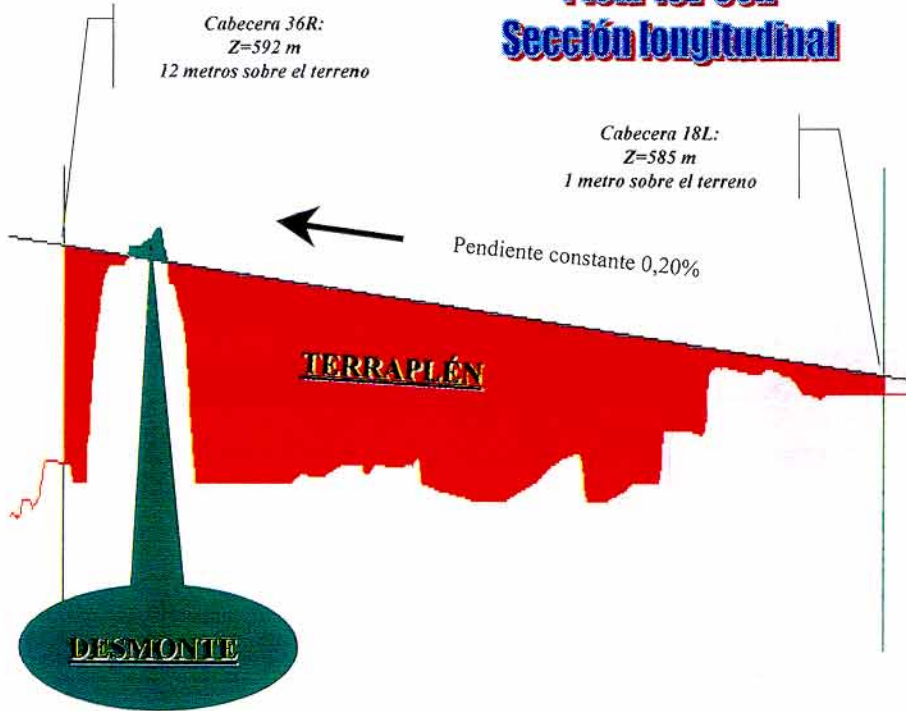
- Respeto de las pendientes máximas para pistas
- Consideración de la cota adecuada según las rodaduras necesarias en el centro del campo de vuelos, teniendo en cuenta sus pendientes máximas.
- Consideraciones de tipo económico y constructivo, de cara a reducir el coste y los plazos de ejecución minimizando el movimiento de tierras a realizar.

El resultado final, sobre el terreno existente, se esquematiza en las secciones longitudinales y transversales mostradas en las páginas siguientes.

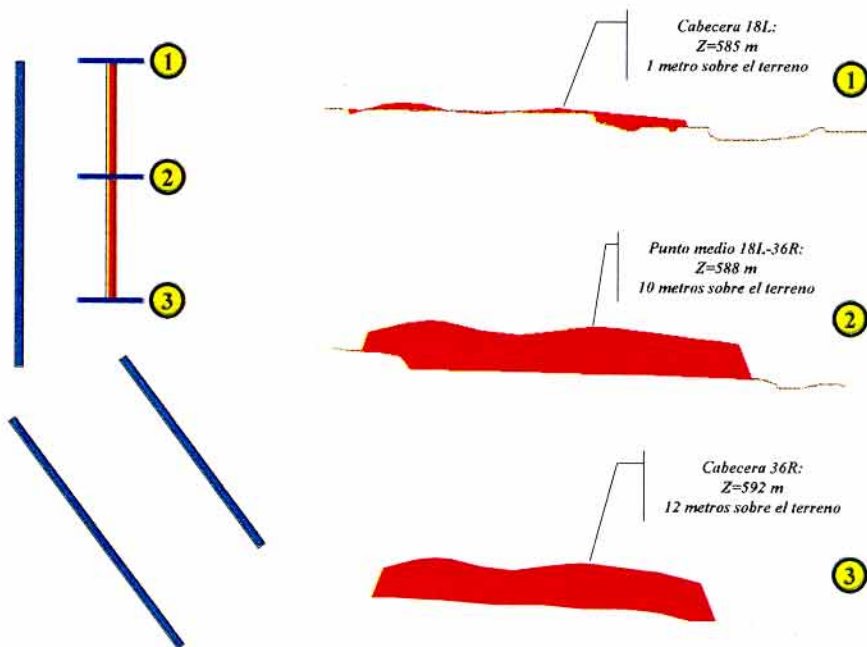




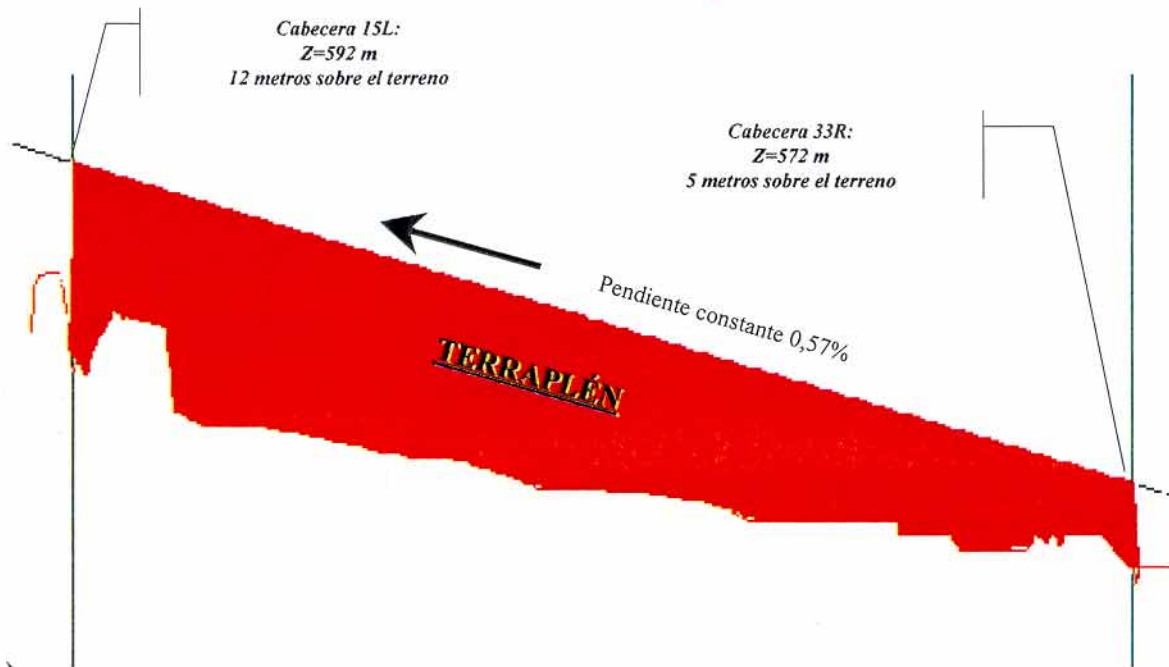
### Pista 18L-36R Sección longitudinal



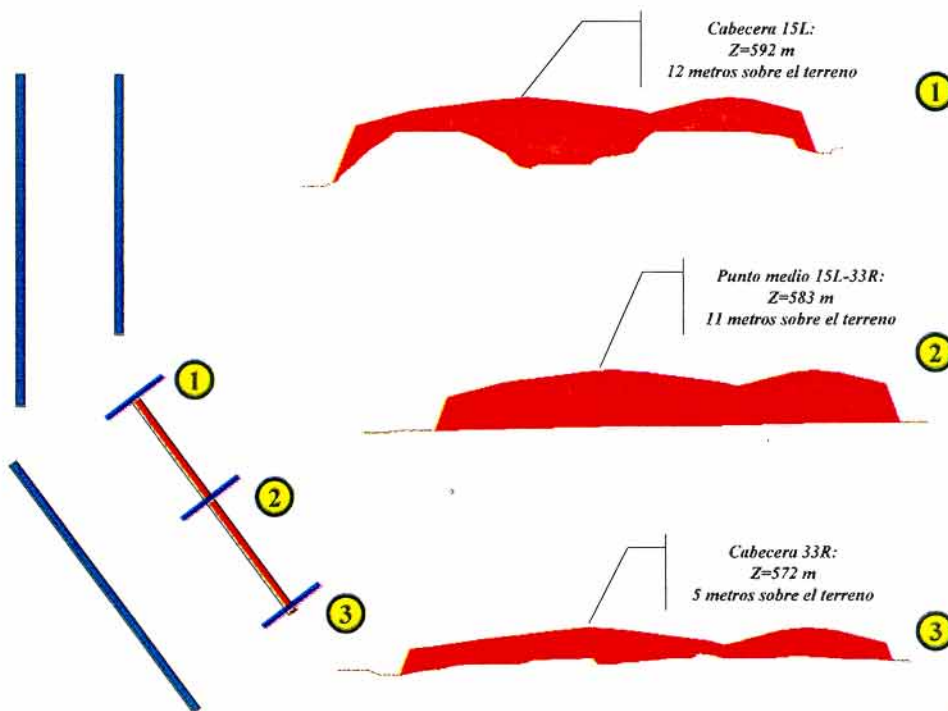
### Secciones transversales



## Pista 15L-33R Sección longitudinal



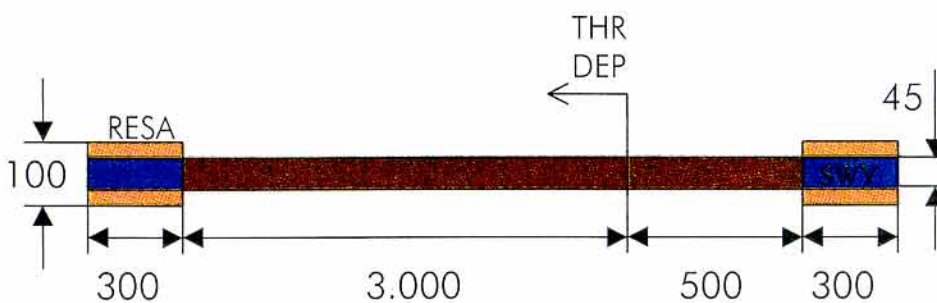
## Secciones transversales



Las pistas se han previsto con un ancho de 45 m puesto que sus longitudes no permiten la operación de futuras aeronaves (tipo F) que, en todo caso, deberían utilizar las pistas actuales. Esto es posible tras las obras previstas y en ejecución, que incluyen la adecuación de la actual pista 15-33 al tráfico de aeronaves NLA, tal y como se recoge en el Plano 6.

En ambas pistas se encuentra idéntica disposición, la representada en la Ilustración 7.13.

Ilustración 7.13.- Esquema de configuración de pista



Fuente: Elaboración propia

Las distancias declaradas, para las nuevas pistas 18L-36R y 15L-33R, son las expuestas en la Tabla 7.9.

Tabla 7.9.- Distancias declaradas (en metros)

	TORA	ASDA	TODA	LDA
18L	NU	NU	NU	3.000
36R	3.500	3.800	3.800	NU
15L	3.500	3.800	3.800	NU
33R	NU	NU	NU	3.000

Fuente: Elaboración propia

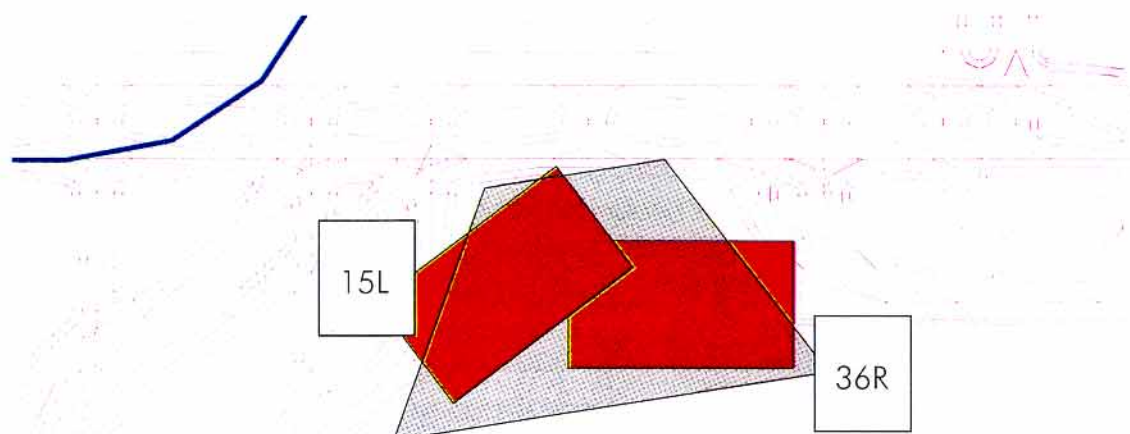
Las zonas de parada de los umbrales 15L y 36R pueden estar incluidas en toda una zona pavimentada (entre ambos umbrales) con hormigón celular o poroso de baja resistencia y alto coeficiente de rozamiento para frenar las aeronaves en aterrizajes largos, según lo explicado anteriormente respecto de los sistemas EMAS.

Esta zona pavimentada incluiría asimismo las zonas de seguridad de extremo de pista (RESA) asociadas a los extremos de las dos nuevas pistas, de forma tal que un único sistema EMAS puede servir a aterrizajes en configuración norte (15L) y en configuración sur (36R).

La propuesta para esa zona se esquematiza en la ilustración siguiente.



Ilustración 7.14.-Sistema EMAS



**Sistema EMAS válido  
para los aterrizajes en  
configuración Norte o Sur**

*Fuente: Elaboración propia*

#### 7.1.5.2. Nuevas calles de rodadura

Como se observa en las dos ilustraciones siguientes, el campo de vuelos se completa con el desarrollo del sistema de rodaduras necesario para conectar las pistas con las áreas terminales previstas.

Las calles de rodadura, como el resto del conjunto del campo de vuelos a excepción de ciertas rodaduras internas de la plataforma y las dos pistas adicionales, han sido dimensionadas para ser empleadas por aeronaves tipo F.

Dado que usualmente el Aeropuerto opera en configuración Norte, la pista 18L-36R será normalmente empleada para despegues, contando con dos calles de acceso a la cabecera 36R y una salida junto a la cabecera 18L que permite el retorno hacia la cabecera anterior a las aeronaves que aborten sus despegues.

En caso de ser operada en configuración Sur, cuenta con cuatro calles de salida rápida que la conectan con la calle de rodaje, proyectadas para permitir a todo tipo de aeronaves abandonar la pista, aumentando así la capacidad del campo de vuelos. Sus radios de curvatura son de este modo compatibles con la capacidad de maniobra y la velocidad de rodaje de las distintas aeronaves en cada punto.

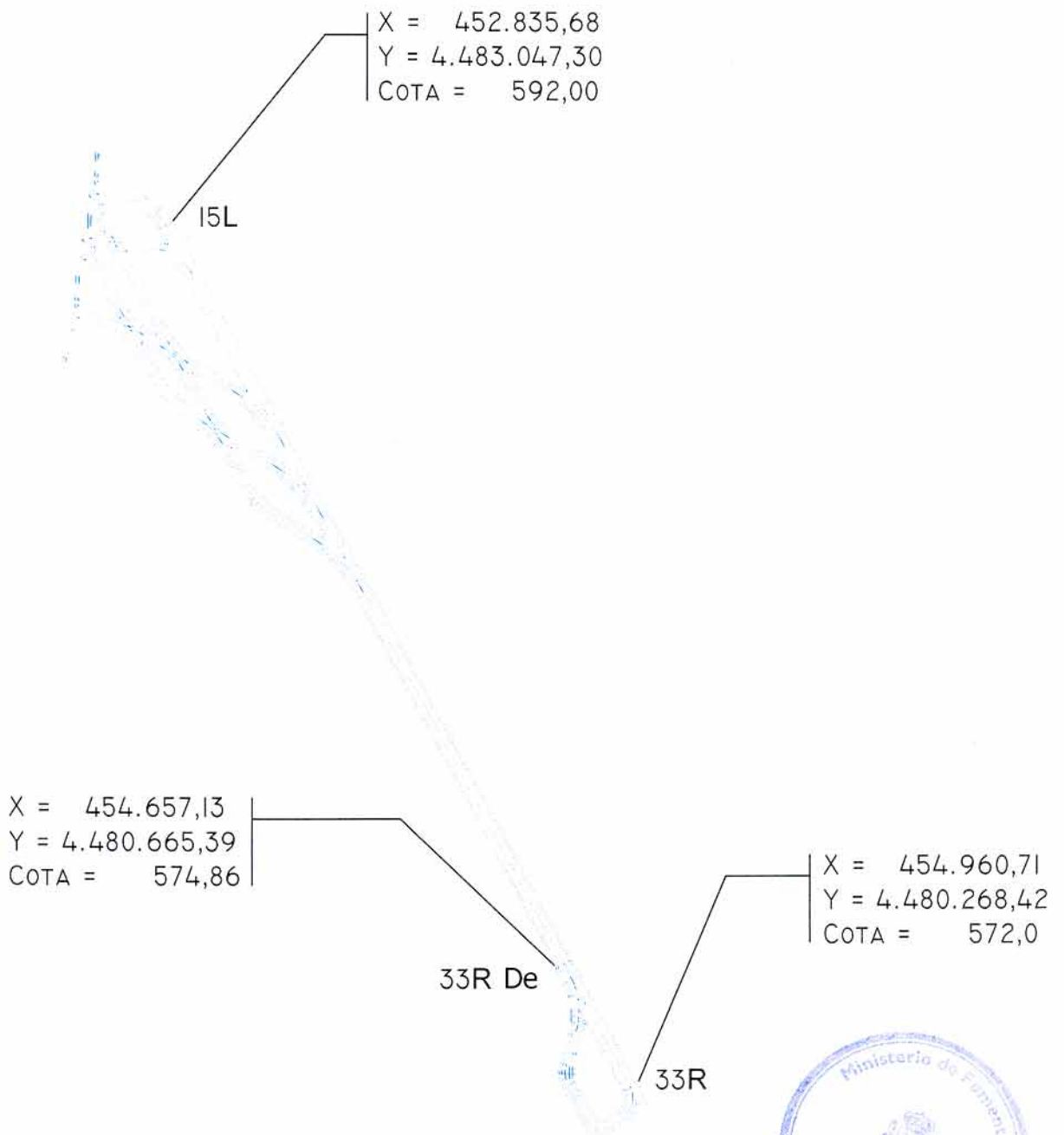
La pista 15L-33R, mayoritariamente empleada para aterrizajes, tiene otras cuatro calles de salida rápida, calculadas para la flota esperada, junto con una calle de acceso a la cabecera 15L y una salida junto a la cabecera 33R con retorno a la pista.



En ambos casos, las calles de rodadura no se extienden a todo lo largo de la pista correspondiente, por considerarse que el incremento de eficiencia derivado no justifica la inversión correspondiente.

Para ambas pistas se ha dispuesto una calle de rodadura adicional que permite aliviar la congestión de la calle principal en las zonas más próximas a la plataforma.

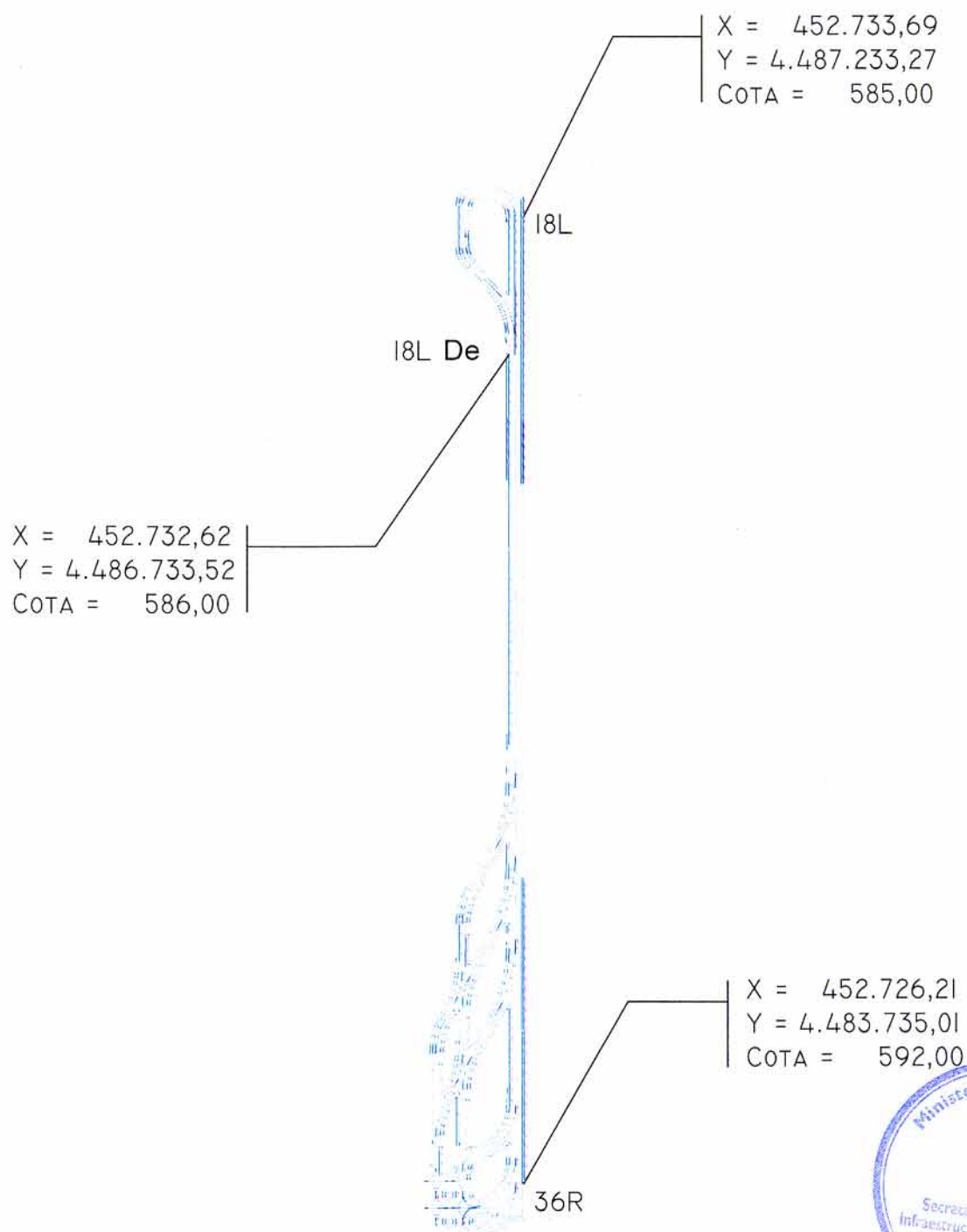
Ilustración 7.15.- Pista 15L-33R



Fuente: Elaboración propia (sin escala)



Ilustración 7.16.- Pista 18L-36R



Fuente: Elaboración propia (sin escala)

En cuanto a cambios necesarios en el sistema de rodaduras actual, se podría mejorar la utilización de las pistas del Aeropuerto al observarse, en la pista 18R-36L, que si las aeronaves que efectúan su despegue por la cabecera 36L tienen que

abortar por cualquier motivo su maniobra, no tienen un procedimiento sencillo para abandonar la pista.

Ante tal situación tienen dos alternativas:

- a) La primera consiste en dejar la pista por la salida Z1. El inconveniente de esta maniobra es que dicha calle está diseñada como salida rápida para aterrizajes por la cabecera 18R, pero no para que la utilicen las aeronaves que despegan por la cabecera 36L, por lo que estas últimas, cuando abortan el despegue por esta cabecera y desean tomar esta calle, deben realizar un giro muy cerrado a baja velocidad, lo que provoca que empleen mucho tiempo en efectuar la maniobra, haciendo que disminuya la capacidad de salidas del Aeropuerto.
- b) La segunda alternativa consiste en abandonar la pista por la calle de salida Z4 cuando las aeronaves no consiguen detenerse a tiempo para tomar la salida Z1. El inconveniente que presenta esta maniobra es que las aeronaves deben recorrer los 2.075 m que separan la calle Z1 de la Z4, invirtiendo aproximadamente 4 minutos en abandonar la pista, con la consiguiente reducción de la capacidad de salidas del Aeropuerto.

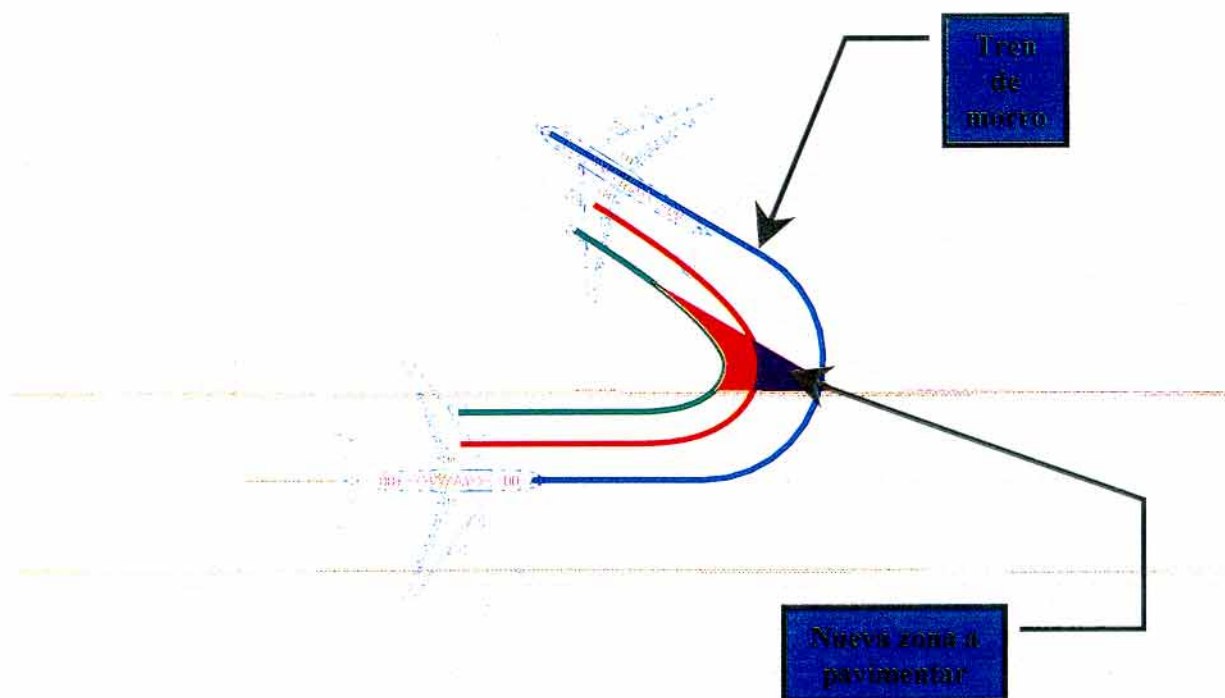
Las dos alternativas provocan que la pista permanezca ocupada durante un periodo de tiempo no deseable, que teniendo en cuenta la actual situación de congestión del Aeropuerto, provoca una importante disminución de la capacidad operativa de la pista cada vez que se produce una incidencia de este tipo.

Para solucionar este hecho se propone la adecuación de la calle de salida Z1 para que pueda ser utilizada por las aeronaves que aborten el despegue por la cabecera 36L, ensanchándose la zona asfaltada en el borde interior de la curva, viniendo desde la cabecera 36L.

Este ejercicio ha sido realizado con el programa de diseño de plataformas y calles de rodadura PathPlanner, y los resultados se muestran en la página siguiente.



Ilustración 7.17.- Adecuación de la calle Z1



Fuente: Elaboración propia

El resultado es la línea que debería seguir el tren de morro de las aeronaves, así como el ensanchamiento de la calle de rodaje en el borde interior de la curva para cumplir con las distancias y las guardas recomendadas por la OACI. El área que se debería pavimentar sería , en total, de unos 550 m<sup>2</sup>.

El diseño se ha realizado para una aeronave tipo F, en este caso un A3XX-100, considerando las primeras recomendaciones de la OACI sobre estos nuevos aviones. Los radios y velocidades son los más conservadores indicados por el "Manual de diseño de aeródromos" de la OACI, suponiendo un giro de 180° con la velocidad adecuada a ese ángulo.

Ante la facilidad de esta adecuación de cualquier calle de salida rápida, se recomienda su implantación en las nuevas pistas propuestas en este Plan Director, máxime si se decide no construir la calle de rodaje paralela a la pista en toda su longitud en una primera fase.





## 7.2. ALTERNATIVAS DE ÁREAS TERMINALES

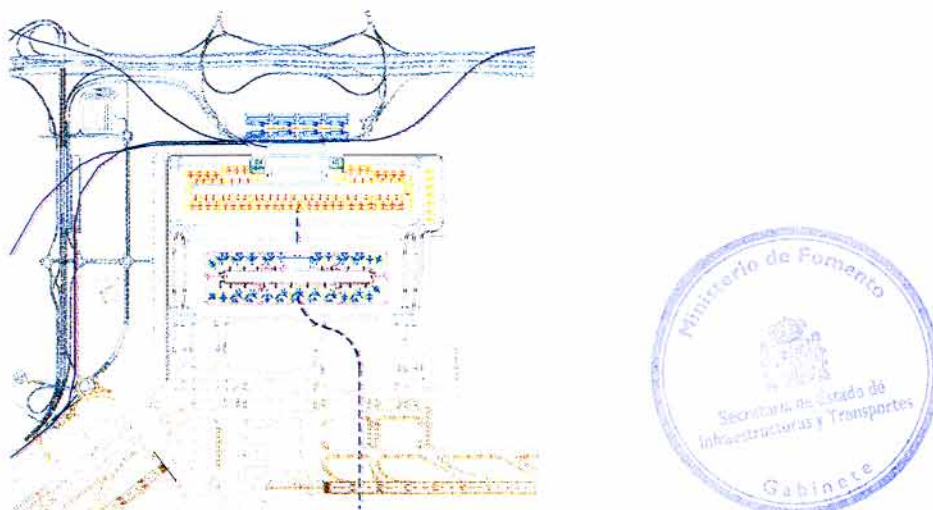
### 7.2.1. ANTECEDENTES

Los proyectos en marcha dentro del Aeropuerto de Madrid-Barajas para ampliar la capacidad de las zonas terminales de pasajeros incluyen diferentes actuaciones, como la construcción del dique Sur o el aumento del número de mostradores de facturación en el complejo T1, T2 y T3. Sin embargo, la obra planificada de mayor envergadura es la construcción del Nuevo Área Terminal o NAT.

Este edificio, diseñado por Richard Rogers y Antonio Lamela, debe estar operativo en el año 2003 y se engloba dentro del Plan Barajas.

Esta área terminal comprende un edificio procesador al que está adosado un dique, con capacidad para 37 posiciones asistidas por pasarela, y un satélite, capaz de proporcionar 26 puertas. El primero atendería el tráfico doméstico y el segundo, el internacional.

Ilustración 7.18.- Diseño del NAT dentro del programa del Plan Barajas



Fuente: Elaboración propia

Esta configuración, sin embargo, estaba encaminada a dar servicio a un aeropuerto de dos pistas operativas, ubicando la mayoría de las puertas al Oeste de la nueva 18R-36L, con una posible extensión al Este de la misma construyendo un satélite unido mediante un túnel bajo pista al NAT. Este satélite entre pistas estaba pensado para el caso de que el Aeropuerto contase con cuatro pistas operativas paralelas (Plan Director 1991).

Sin embargo, el nuevo escenario de demanda y las características de la configuración de pistas elegida para la ampliación del Aeropuerto aconsejan replantear el concepto operativo del Nuevo Área Terminal.

El entorno en el que el Aeropuerto de Madrid-Barajas está compitiendo en la actualidad define como factor competitivo principal entre aeropuertos la eficiencia en la operación (además de la existencia de capacidad). Ello implica que las compañías operen con mínimos costes a través de recorridos en tierra cortos, tiempos mínimos de conexión y servicio al pasajero atendiendo a las aeronaves mediante pasarela telescópica, minimizando las aeronaves atendidas en aparcamiento remoto.

Como parte de los trabajos del Plan Director del Aeropuerto de Madrid-Barajas y en colaboración con "Plan Barajas" se ha realizado un exhaustivo análisis de alternativas para contrastar si la configuración contemplada en el Plan Barajas satisface las necesidades del nuevo aeropuerto de cuatro pistas operativas, o si por el contrario existen otras alternativas mejores en el nuevo escenario.

Como paso previo para la definición de alternativas, se definieron las restricciones existentes, las necesidades y los terrenos disponibles.

## 7.2.2. CRITERIOS Y CONDICIONANTES PARA LA AMPLIACIÓN

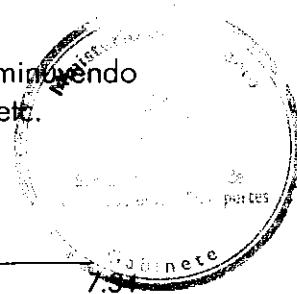
### 7.2.2.1. Condicionantes generales

Existen tres condiciones fundamentales que ha de cumplir cualquier disposición propuesta:

- La capacidad final de la propuesta tiene que absorber al menos 70 millones de pasajeros anuales.
- El número de posiciones asistidas por pasarela en ese momento debe ser alrededor de 140 en todo el Aeropuerto para dar un nivel de servicio óptimo, y sería recomendable que pudiese disponer de ampliaciones integradas dentro de la funcionalidad de la alternativa.
- Bajo ningún concepto la alternativa planteada debe retrasar la fecha de entrada en operación de la actual planificación del año 2003.

Además de estas tres premisas de partida, las alternativas propuestas deben:

- Respetar la normativa internacional (OACI, FAA...) sobre zonas libres de obstáculos y atender a las recomendaciones que de estos organismos emanan.
- La geometría del campo de vuelos debería permitir la operación de los aviones clase F (NLA, como el A3XX, aeronaves de más de 500 plazas de futura aparición).
- Favorecer al máximo la operación de las compañías disminuyendo tiempos de rodadura, respetando tiempos mínimos de conexión etc.



### 7.2.2.2. Zonas libres de obstáculos de extremo de pista

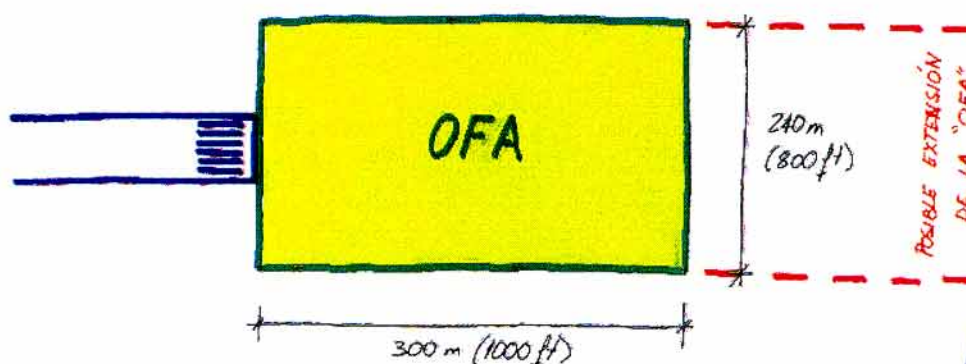
Diferentes organismos como la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI), Federal Aviation Administration de los Estados Unidos de América (FAA), Asociación de pilotos de líneas aéreas (ALPA) y otros recomiendan la adopción de diferentes superficies de protección de extremo de pista de modo que se minimice el riesgo de colisión con obstáculos en el caso de aterrizajes largos, esto es, aeronaves que no puedan frenar a tiempo y sobrepasen la longitud de la pista. En el Anexo 12 de áreas terminales se encuentra el estudio completo, si bien en este apartado se incluye un resumen del mismo.

Se ha considerado de aplicación la normativa dictada por la FAA (más restrictiva que la de OACI o ALPA). En ella se definen la extensión de la zona libre de obstáculos (Object Free Area Extended u OFA extended) y la aplicación de la zona de protección de pista (Runway Protection Zone o RPZ).

La definición de la OFA exige eliminar todos los obstáculos dentro de sus límites. Sin embargo, esta restricción está prácticamente aplicada a las edificaciones, siendo aceptable, excepto cuando esté expresamente prohibido por otras recomendaciones, ubicar objetos tales como ayudas a la navegación o al movimiento de las aeronaves en tierra, e incluso aviones en apartaderos de espera o en rodaje. Todo objeto que no sea completamente necesario para la navegación o el movimiento de las aeronaves en tierra no podrá estar situado en la OFA. Esto incluye zonas de estacionamiento de aeronaves y actividades relacionadas con la agricultura.

La geometría de la OFA se muestra en la ilustración siguiente. Está centrada respecto al eje de la pista, su anchura es de 240 m, y la longitud de la OFA más allá del final de la pista, 300 m. Se recomienda de todos modos la prolongación de la OFA más allá de este límite hasta la máxima distancia posible.

Ilustración 7.19.- Área libre de obstáculos para pistas

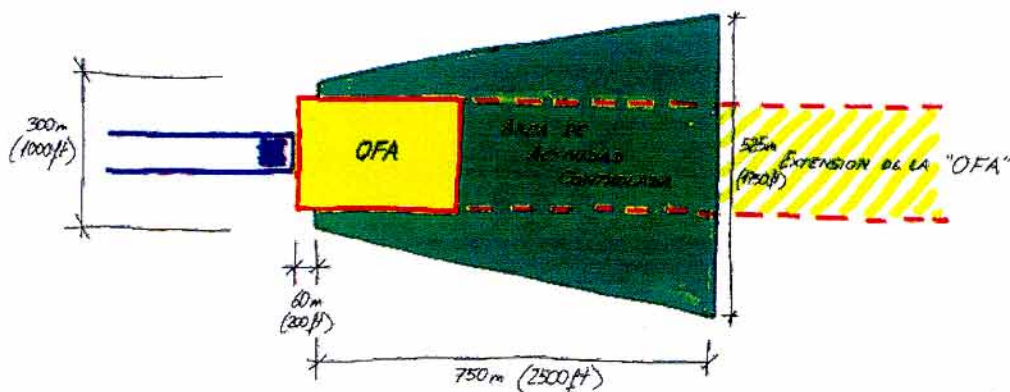


Fuente: Elaboración propia



La zona de protección de la pista es de forma trapezoidal y está centrada respecto a la prolongación del eje de la pista. De distinto modo que otras zonas de protección, ésta comienza 60 metros más allá del final del área disponible para despegues o aterrizajes. Las dimensiones estándar de esta zona son: una longitud de 750 m, una anchura interna de 300 m y una anchura externa de 525 m.

Ilustración 7.20.- Zona de protección de pista



Fuente: Elaboración propia

La función de la RPZ es asegurar la integridad de las personas y de la propiedad en tierra (es decir, protección a terceros). Esto se logra a través del control del propietario del aeropuerto sobre dicha zona.

Es deseable eliminar todo objeto de estas zonas, pero algunas actividades están permitidas, teniendo en cuenta que no atraigan fauna, que estén fuera de la OFA, y que no tengan interferencias con las ayudas a la navegación.

De la aplicación de las áreas libres de obstáculos (OFAs) y las zonas de protección de pista (RPZs) al Aeropuerto de Madrid-Barajas con cuatro pistas operativas, resulta la división del espacio entre pistas en diferentes regiones posibles para la ubicación de edificaciones.

Aunque en la prolongación de la OFA más allá de la RPZ se pueden situar posiciones de estacionamiento e incluso construir edificios, se ha preferido evitarlo en la generación de alternativas, al ser un caso de máxima restricción. En caso de que alguna vez se acuerden medidas que disminuyan estas restricciones (EMAS, por ejemplo), la planificación resultante no se ve afectada y permitiría la ampliación de edificios y satélites.

El documento "Airport Design" de la FAA deja claro que no debe haber zonas de estacionamiento de aeronaves en la OFA, pero las especificaciones acerca de su extensión no quedan claras en dicho documento.

Se ha consultado a la FAA para aclarar, en la medida de lo posible, este punto. La respuesta ha sido la siguiente: consideran que los objetivos de su recomendación se



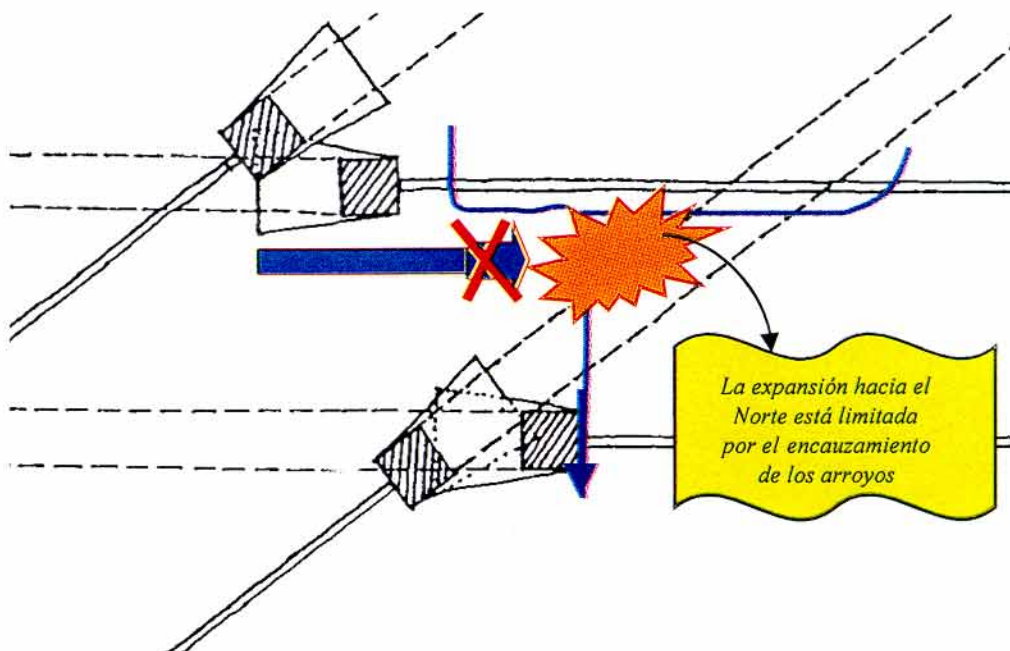
ven cumplidos si se respeta la parte de la extensión de la OFA incluida dentro de la RPZ, es decir, el rectángulo de 240 m de ancho y 750 m de longitud a partir del final de pista. A mayor distancia, la consulta ha confirmado que es posible situar posiciones de estacionamiento de aeronaves, e incluso construir edificios, en la prolongación del eje de la pista.

### 7.2.2.3. Otras Restricciones

El campo de vuelos del Aeropuerto está atravesado por los arroyos Tía Martina, La Plata y Valdebebas, entre otros, que corren de Oeste a Este para desembocar en el Jarama. La construcción de la pista 18R-36L obligó en su momento a establecer los pasos necesarios para su cruce, y del mismo modo se debe disponer para la pista 18L-36R futura.

La solución propuesta cuando se construyó la tercera pista consiste en la confluencia de los tres arroyos en un único cauce que discurrirá recto de Oeste a Este, cerca del centro del campo de vuelos. Esto podría plantear una limitación a la posible expansión hacia el Norte de los edificios terminales situados entre pistas.

Ilustración 7.21.- Limitación por el encauzamiento de arroyos



Fuente: elaboración propia

No se recomienda construir estructuras que tapen cursos fluviales, esto es, ni edificios ni plataforma pueden estar sobre los arroyos canalizados. Una posible solución consiste en disponer el trazado del cauce a lo largo de las isletas entre dos calles de rodadura paralelas, o soluciones de otro tipo.



De todos modos, la expansión hacia el Norte se ve impedida por la existencia de la OFA extendida. En caso de adoptarse soluciones que limitasen esta superficie de protección podría considerarse la ampliación hacia el Norte.

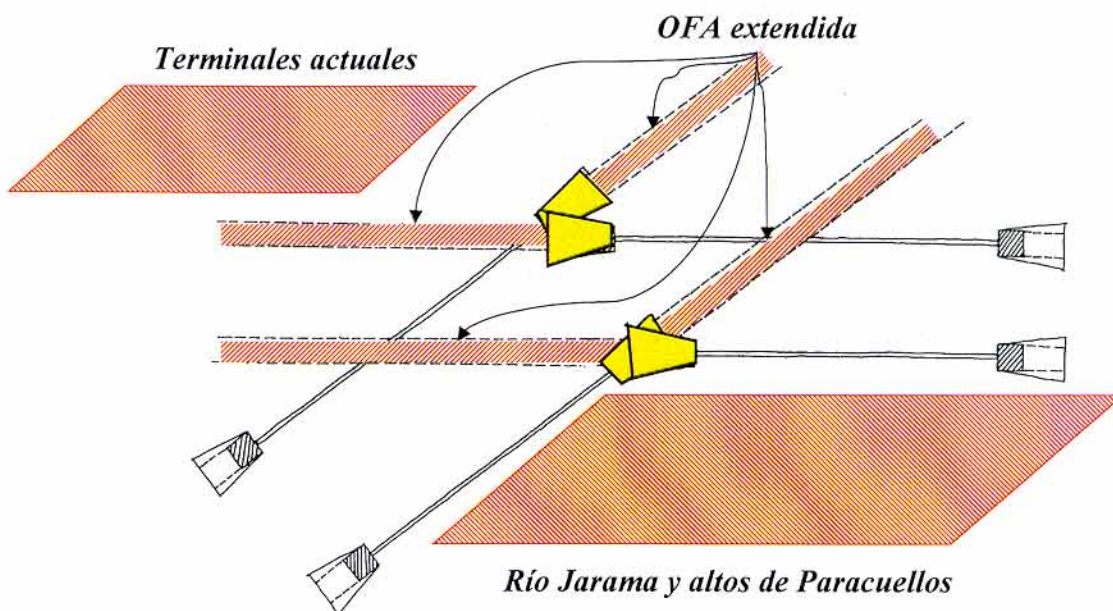
Otras limitaciones al planteamiento de alternativas han sido:

- No plantear ampliaciones de las actuales terminales.
- La existencia del pueblo de Barajas y el cementerio colindante al NAT.
- Los altos de Paracuellos y el río Jarama.

#### 7.2.2.4. Terreno disponible para el planteamiento de alternativas

Atendiendo a las restricciones definidas, los terrenos disponibles para la ubicación de los terminales quedan tal y como se muestra. Las zonas en rojo delimitan terrenos no disponibles para el planteamiento de alternativas.

Ilustración 7.22.- Terrenos disponibles para el planteamiento de alternativas



Fuente: Elaboración propia

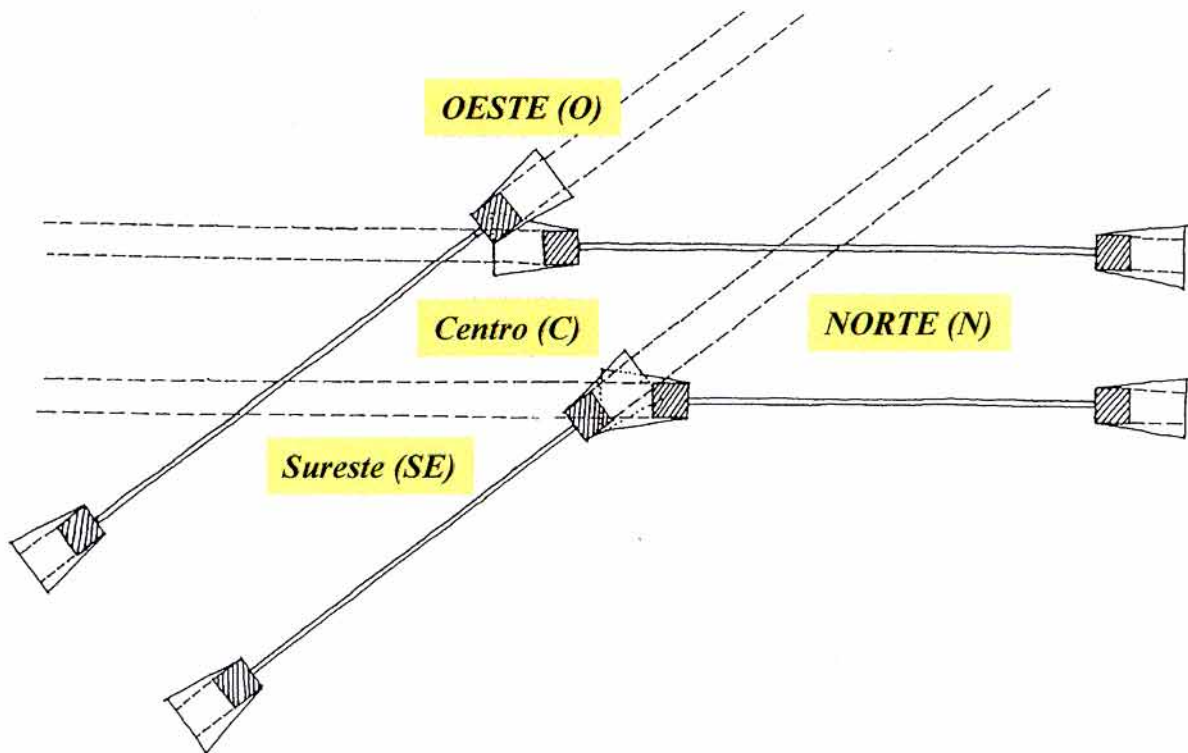


### 7.2.3. PLANTEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE ALTERNATIVAS

#### 7.2.3.1. Estrategia de generación de alternativas

En una primera fase de planteamiento de alternativas se definieron a grandes rasgos las áreas de trabajo y las características de los procesadores y satélites. Las zonas propicias para la ubicación del procesador sirven como clasificador de las diferentes alternativas. Así, las que tienen el edificio procesador al Oeste del aeropuerto se denominarán O-xx, con xx su número de orden.

Ilustración 7.23.- Regiones para el posicionamiento del edificio procesador



Fuente: Elaboración propia

Para cada una de las configuraciones de procesador posibles se generaron diferentes alternativas en fase de análisis funcional, esto es, tratando de generar el mayor número posible de alternativas sin aplicar ningún tipo de restricción para posteriormente aplicar cribas en base a cumplimiento de criterios y análisis comparado entre alternativas.

En total se plantearon 17 alternativas con el procesador al Oeste del aeropuerto, 7 en el Sureste, 2 en el Centro y 4 en el Norte. En el Anexo 12 se explican todas y cada una de estas alternativas así como el proceso de selección llevado a cabo.



### 7.2.3.2. Primera fase de selección

Ante el análisis de las repercusiones que supondría modificar el proyecto actual del NAT de forma sustancial y no mediante desplazamientos o giros, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 7.10.- Incremento del plazo con modificación del proyecto del terminal

ACTUACIÓN	PLAZO
Licitación y concurso de ideas	6 meses
Diseño funcional	6 meses
Proyecto básico	12 meses
<b>TOTAL</b>	<b>24 MESES</b>

Fuente: INECO

Ante estos resultados, la primera fase de selección se basa en depurar las alternativas en base a si respetan el proyecto actual del Plan Barajas o por el contrario representarían cambios sustanciales al proyecto. Aquellos que no respeten el proyecto actual del Plan Barajas son descartados para análisis posteriores.

Asimismo, todas aquellas alternativas que vulneran las superficies de protección (OFA) son descartadas para análisis posteriores.

### 7.2.3.3. Segunda fase de selección

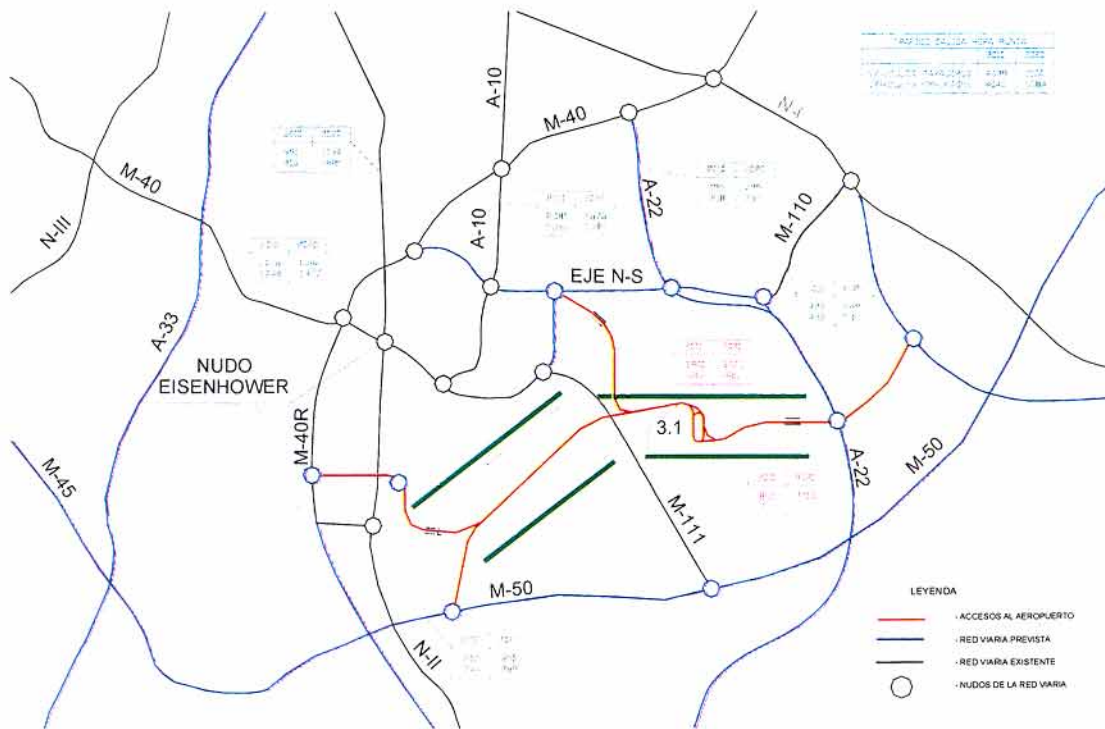
Las alternativas que respetan básicamente el diseño inicial de la NAT pero modifican la ubicación del procesador situándolo fuera de la zona Oeste fueron objeto de un análisis detallado para analizar su viabilidad, de modo que su grado de definición fuese, cuando menos, igual que las alternativas que lo localizaban en el Oeste.

La definición de los posibles nuevos accesos y su viabilidad fue objeto de un análisis específico, de modo que se integrasen dentro del futuro planeamiento de las infraestructuras como la M-50, la A-22, la M-45, etc. que dio como resultado una serie de esquemas de accesos que se presentan en las ilustraciones siguientes:



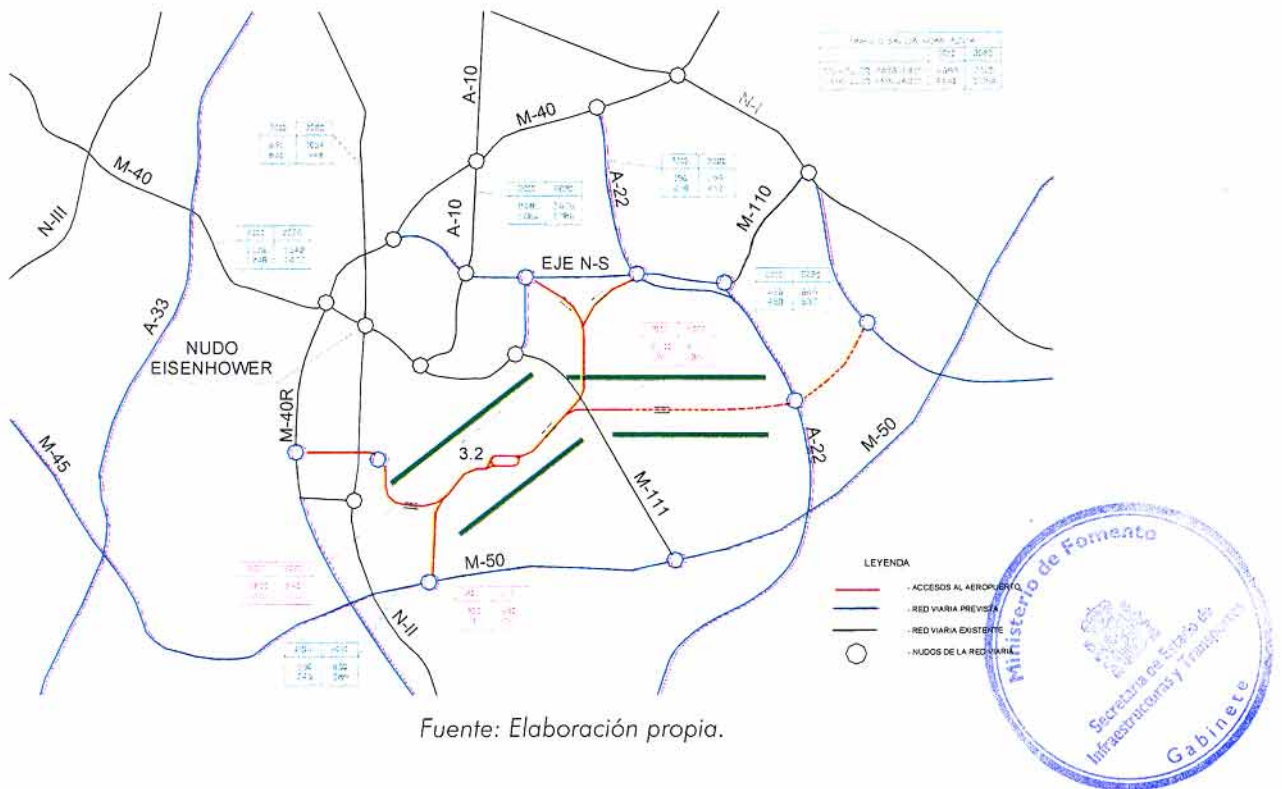


Ilustración 7.24.- Esquema de accesos en las configuraciones "N"



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 7.25.- Esquema de accesos en las configuraciones "SE"



Fuente: Elaboración propia.

Los accesos a las alternativas centrales se basarían en las soluciones de accesos por el Sudeste y el Norte con pasos bajo plataforma.

El análisis de las alternativas llevó al planteamiento de las siguientes dificultades:

- La ubicación de los terminales en los casos Norte y Sudeste precisaría en las primeras fases de desarrollo el uso de terrenos no expropiados. Las expropiaciones son imprescindibles para el comienzo de las obras, pues los edificios a construir en primera fase se localizan en terrenos no pertenecientes a Aena. El retraso mínimo estimado a causa del proceso de expropiación es de dos años.
- Los accesos viarios hacia una terminal al Norte, podrían ejecutarse antes del 2003. Sin embargo, esto supondría alejar 11 km el Aeropuerto del centro de Madrid, lo que acarrearía un coste socioeconómico de unos 7.200 millones de pesetas anuales.
- En cuanto a los accesos para la Sur, es imposible que las tramitaciones previas y las obras cumplan los plazos previstos al deber definirse todo el planeamiento de accesos en la N-II y la zona de Coslada. Estos cambios fueron estimados por la Dirección General de Carreteras en 8 ó 10 años.

Estas razones, especialmente la imposibilidad de acometer las obras en el plazo estipulado, no aconsejan adoptar las soluciones que plantean ubicar el procesador fuera de la zona Oeste.

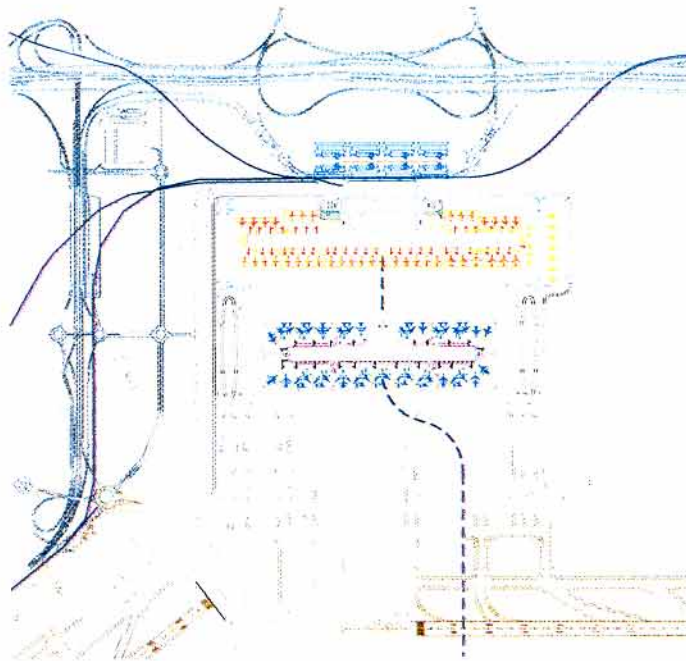
#### 7.2.3.4. Tercera fase de selección

Las alternativas que no han sido eliminadas en las fases posteriores se pueden agrupar según dos conceptos claramente diferenciados y definidos. La diferencia entre ambas se plantea en el planeamiento a corto plazo, esto es, en la primera fase de construcción del NAT (dique + satélite).

La primera línea de trabajo (o escenario 0) se basa en conservar el planeamiento inicial del Plan Barajas para el NAT y definir con posterioridad ampliaciones con satélites entre pistas.



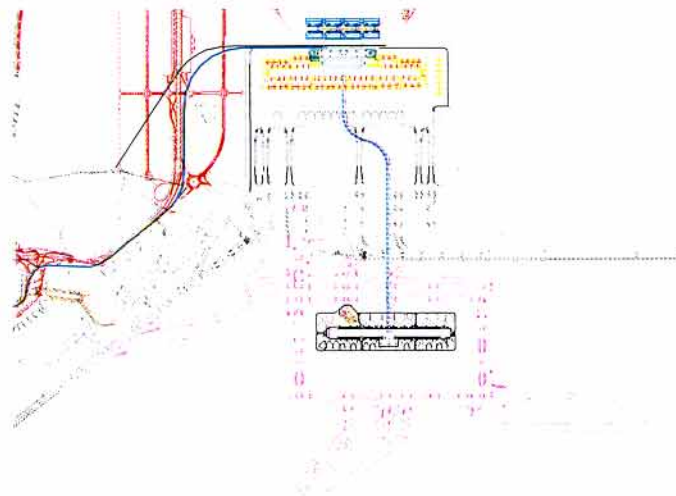
Ilustración 7.26.- Línea de trabajo 0



Fuente: Elaboración propia

La segunda línea de trabajo (o escenario 1) plantea el desplazamiento del NET o edificio procesador más dique hacia la pista 18R-36L, mientras que el satélite se desplaza al lado Este de la pista.

Ilustración 7.27.- Línea de trabajo 1



Fuente: Elaboración propia



Con el objeto de analizar cuál de las dos líneas de trabajo ofrecía mejores prestaciones para el Aeropuerto con cuatro pistas operativas se desarrolló un

trabajo conjunto con los técnicos del Plan Barajas que evaluó esta circunstancia y del que se recoge un resumen en el Anexo 12 de áreas terminales.

El citado documento elabora una comparación que atiende principalmente a la primera fase del NAT (procesador más dique y satélite), en la cual las diferencias son más marcadas. Se examinan los siguientes criterios:

- Distancias de rodadura puesto de estacionamiento – pista.

En el Escenario 1 el dique se encuentra más cerca de las cabeceras y el satélite entre las cuatro pistas; los recorridos en rodadura son menores que en el Escenario 0.

- Interferencias en rodaduras.

La simulación del área de movimiento de ambos escenarios muestra menos conflictos en el 1 que en el 0.

- Recorridos de pasajeros.

Es ventajoso el Escenario 0 en la primera fase, con dique y un satélite cercano al Oeste de la pista 18R-36L, pero la diferencia con el Escenario 1 es sólo de dos minutos. En fases sucesivas, en que ambos escenarios ocupan el centro del campo de vuelos, la diferencia se reduce

- Movimiento de aeronaves en vacío.

En la primera fase el Escenario 0 permite un menor tiempo de reacción ante cambios de asignación de puertas, mas en fases posteriores se comportaría mejor el Escenario 1 por tener más posiciones flexibles y mayor concentración de aeronaves en una sola área terminal.

- Tiempo de tratamiento de equipajes.

En el Escenario 1 la distancia entre procesador y satélite es mayor, razón por la cual aumentan los tiempos de tratamiento de equipajes respecto al Escenario 0.

- Plan de Inversiones.

El Escenario 1 adelanta inversiones a la primera fase

- Puestos en remoto.

El Escenario 1 permite más estacionamientos remotos.

- Desarrollo futuro (expansión en la segunda fase)

Las ventajas operativas del Escenario 0 en la primera fase se pierden al acometer la expansión en el centro del campo de vuelos. El Escenario 1,



por el contrario, mejora por atender a los criterios más importantes en planificación de áreas terminales: concentración de puertas y eficiencia del lado aire.

➤ Disponibilidad de terrenos.

Parte del satélite del Escenario 1 se asienta sobre terrenos que aún no son propiedad de Aena, si bien las tramitaciones correspondientes se pueden efectuar mientras se acometen las obras en otras zonas.

➤ Tramitaciones administrativas.

Se estima que los plazos de tramitación son más cortos en el Escenario 0, pero el retraso que pudieran sufrir en el Escenario 1 no afecta a la programación global.

➤ Duración de las obras.

Es igual en ambos escenarios.

➤ Movimiento de vehículos de servicio.

En ambos escenarios las circulaciones de vehículos de servicio deberán canalizarse por el túnel de servicios aeroportuarios, pues los movimientos en superficie entre edificios estarán prohibidos o restringidos. Si se permiten en el Escenario 0, en la primera fase, facilita un mejor movimiento de vehículos de servicio por disponer de una plataforma única.

➤ Costes de operación para Aena.

El Escenario 1 precisa sistemas de conexión para pasajeros y equipajes más fiables y de más alta tecnología que el 0 en la primera fase; de ahí que la inversión necesaria y el coste de explotación sea mayor. En fases sucesivas, el Escenario 0 también requeriría este tipo de sistemas.

➤ Vulnerabilidad ante fallo de sistemas críticos.

En el Escenario 0, dada la cercanía entre las áreas conectadas por people mover y SATE, parece más sencillo solucionar cualquier eventualidad, principalmente en la primera fase.

➤ Movimiento de equipos de handling.

En una primera fase, el Escenario 1 representaría un ligero aumento de coste por la mayor distancia a la que se encuentran las áreas terminales. Necesitará una mejor gestión de los equipos

➤ **Potencial comercial.**

En la explotación comercial de las superficies para pasajeros se busca la máxima concentración para que la masa de potenciales clientes sea la mayor posible. En este contexto, el Escenario 1 presenta una mejor imagen final en la segunda fase. En la primera, ambos escenarios cuentan con el mismo grado de concentración.

➤ **Tratamiento de la carga.**

El Escenario 0, por su parte, necesitaría un amplio centro de distribución de carga cercano al área terminal. En la primera fase el Escenario 1 podría requerir la existencia de dos pequeños centros de distribución: uno cercano al dique que, probablemente, procesaría la carga tipo exprés por su necesaria conexión al exterior del Aeropuerto, y otro cercano al satélite entre pistas. Esto se vería compensado por la cercanía de cada uno de ellos a su área de recepción - aportación, aparte de la poca distancia entre el centro distribuidor de carga junto al satélite y las instalaciones de CLASA.

➤ **Accesos y servicios.**

El desplazamiento del NET (procesador y dique) hacia el este en el Escenario 1 permite mejorar los accesos, aumentar las plazas del aparcamiento de vehículos, proporcionar capacidad de expansión a las instalaciones proyectadas y liberar terreno de gran valor económico para servicios.

La evaluación del conjunto de los aspectos enumerados más arriba revelaba que, si bien ambos conceptos son funcionalmente operativos, el aprovechamiento del centro del campo de vuelos por el Escenario 1 desde la primera fase le confiere ventajas operativas, al tiempo que no compromete los plazos establecidos.

Las conclusiones del citado estudio afirmaban que:

*"[...]en lo relativo a los criterios considerados como muy importantes e importantes, la Solución 1 es claramente ventajosa en algunos aspectos operacionales y en todos aquellos aspectos relativos a la planificación a largo plazo. Se observa que la Solución 1 es superior a la Solución 0 en aquellos aspectos considerados como muy importantes, menos en la operatividad de los vehículos, y en todos los costes asociados a dicha operación. La decisión a favor de la Solución 1 es por tanto clara."*



#### 7.2.4. IMPLICACIONES DEL CAMBIO DE PLANIFICACIÓN.

Una vez decidido que la opción de desarrollo del Aeropuerto de Madrid-Barajas se haría en base al escenario 1 y no al escenario 0, se hizo necesario realizar un análisis de afecciones a la planificación del Plan Barajas. INECO realizó dicho análisis en estrecha colaboración con los técnicos del Plan Barajas.

Este análisis incluyó un análisis pormenorizado de cada una de las actuaciones afectadas, así como su cuantificación económica e implicaciones para la planificación del proyecto.

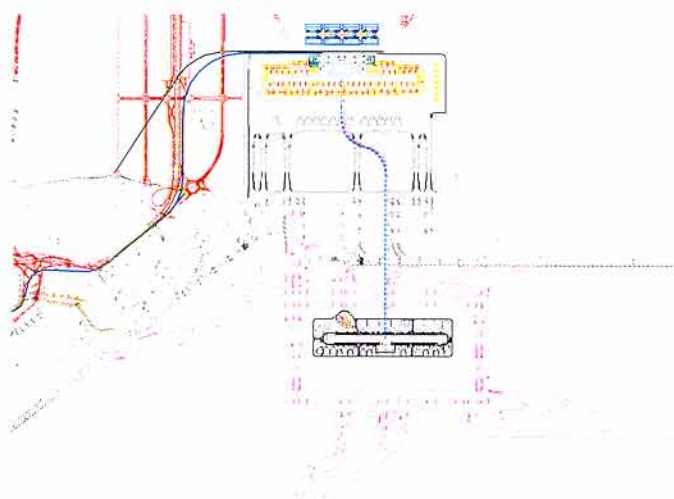
La conclusión fundamental del mismo fue que los costes asociados a este cambio eran mínimos ya que se aprovechaba el proyecto y las actuaciones realizadas o en realización prácticamente en su totalidad.

Asimismo, y por la misma causa, la adopción de esta alternativa no generaba retrasos significativos al proyecto.

#### 7.2.5. DEFINICIÓN DE LA ALTERNATIVA DE DESARROLLO

Una vez planteada la línea de trabajo 1 como la de desarrollo para el Plan Director del Aeropuerto de Madrid-Barajas, se trata en este apartado de mostrar el proceso de definición de la misma en el largo plazo.

Ilustración 7.28.- Configuración de partida

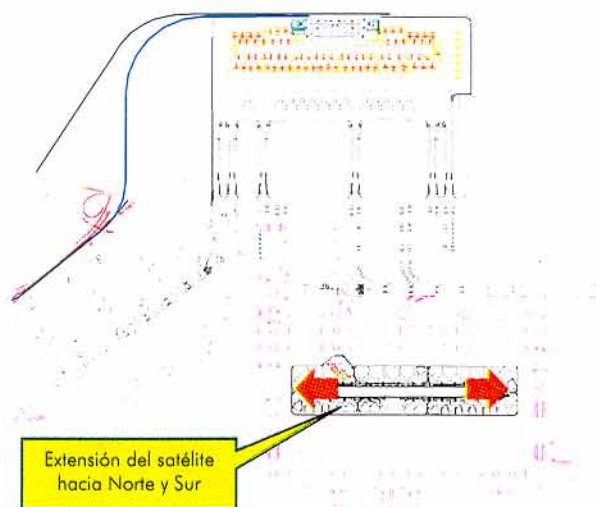


Fuente: Elaboración propia

Esta configuración presenta una posible expansión como se indica a continuación:



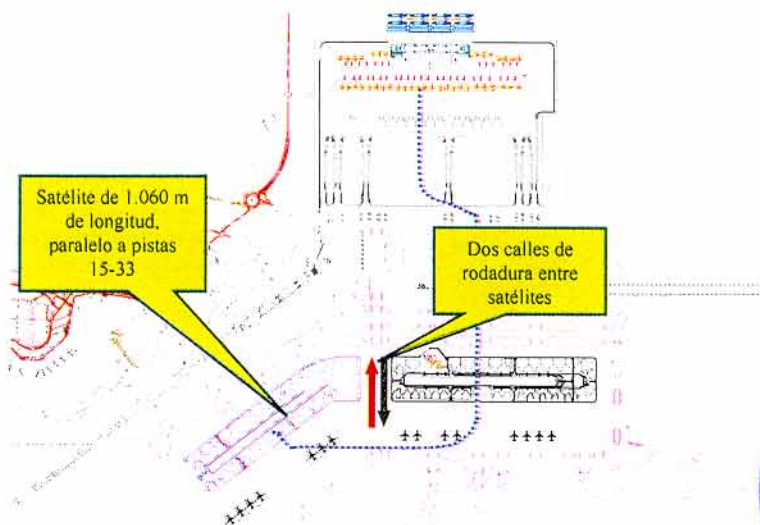
Ilustración 7.29.- Expansión del satélite



Fuente: Elaboración propia

El desarrollo de esta alternativa presenta dos líneas claras ya formuladas en el análisis de alternativas previo: la O-1, o configuración de satélites paralelos entre pistas, y la O-15 o configuración en un solo satélite que siguiese la geometría de las pistas. Esta última línea, además, presentaba la opción de dejar un paso de modo que las aeronaves tuviesen una rápida comunicación entre el NET y las cabeceras 15L y 36R.

Ilustración 7.30.- Alternativa O-15



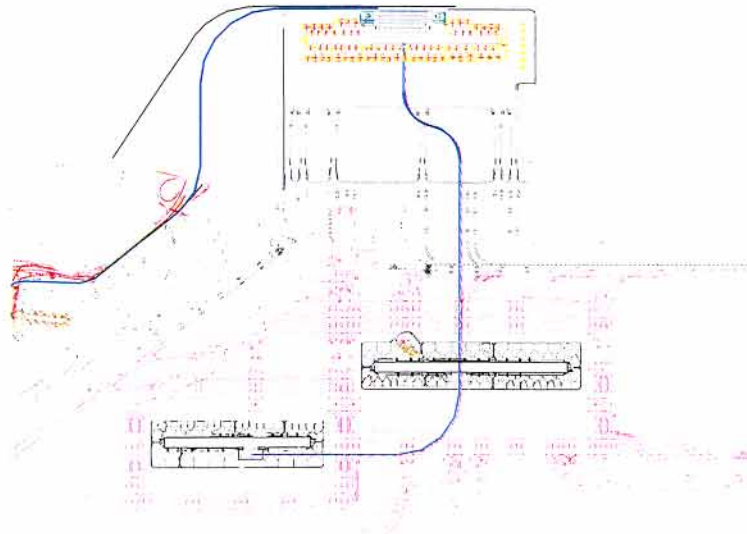
Fuente: elaboración propia





La otra alternativa de desarrollo para la O-15 sería la ampliación de los edificios de modo que se cerrase ese paso por plataforma. Simulaciones desarrolladas con SIMMOD (ver Anexo correspondiente) han demostrado que este caso es sensiblemente peor operacionalmente que permitiendo el paso por plataforma, por lo que se define éste como el preferido de la opción O-15.

Ilustración 7.31.- Alternativa O-1



Fuente: Elaboración propia

Un análisis de estas dos alternativas no arroja grandes diferencias operativas al ser muy similares salvo un giro del segundo satélite diseñando las rodaduras adecuadas.

Las principales diferencias entre ambas se muestran al analizar la expandibilidad de la configuración propuesta. En el caso de decidirse cerrar el paso para ubicar puertas de embarque, la alternativa O-15 conseguiría no más de 10 posiciones, mientras que en el caso de la O-1 este número es cercano a la treintena.

Esta configuración en satélites paralelos permitiría, además, otra posible ampliación de fácil realización sin penalizar las rodaduras en el campo de vuelos como es la construcción de un tercer satélite entre pistas.

Los dos esquemas con que se ha llegado a este punto final son igualmente válidos desde el punto de vista técnico – funcional, se ajustan a todos los criterios y condicionantes de diseño y su adopción no afectaría negativamente a la programación establecida.

Al ser idénticos en sus primeras fases, ha sido necesario estudiar su desarrollo en el largo plazo discernir entre ambas alternativas. A pesar de que la alternativa O-15 presentaba un mejor comportamiento en el lado aire su expansión generaba graves problemas. La O-1 presenta, por el contrario, una fácil expandibilidad.

Siendo objeto del Plan Director del Aeropuerto de Madrid – Barajas la definición del desarrollo futuro de sus subsistemas, entre los cuales ocupan un lugar destacado las áreas terminales, corresponde plantear una evolución coherente en el medio y largo plazo. Las posibilidades de ampliación del esquema de satélites paralelos de la



Alternativa O-1 hacen que ésta sea la configuración recomendada para el futuro desarrollo del Nuevo Área Terminal.

## 7.2.6. DESARROLLO DE LAS ALTERNATIVAS POR FASES

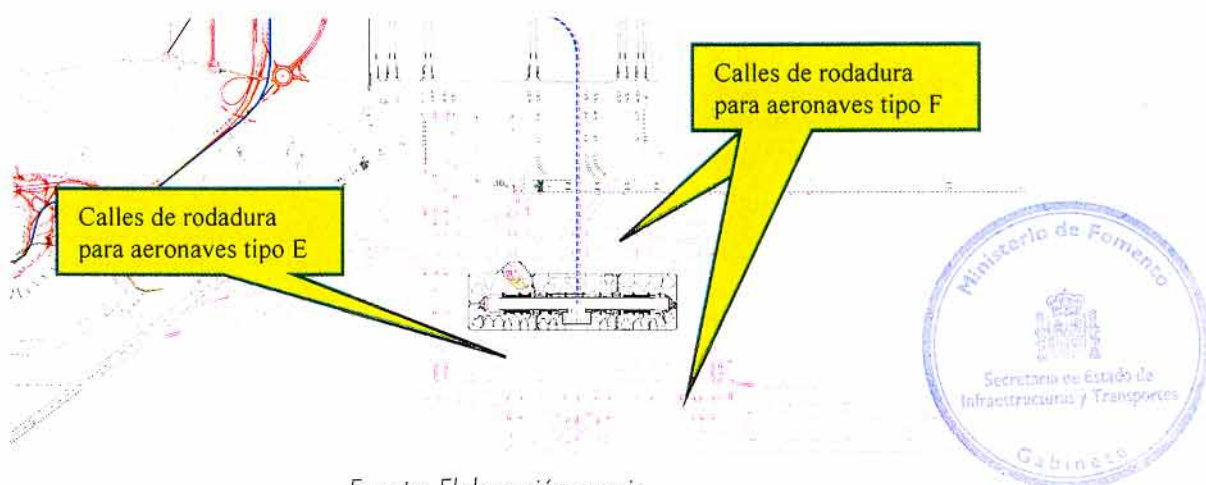
### 7.2.6.1. Primera fase

La primera fase de desarrollo está pensada para dar servicio al nivel de tráfico A y abarca el Nuevo Edificio Terminal y el satélite originales del Plan Barajas, con capacidad para 37 y 26 puestos de estacionamiento, respectivamente.

En general, la plataforma se ha diseñado de modo que las rodaduras exteriores a la misma admitan siempre aeronaves clasificadas por la OACI como de tipo F, de hasta 80 m de envergadura.

- La plataforma se diseña de tal modo que hacia el Oeste haya dos calles de rodadura paralelas entre satélite y pista 18R-36L, más una calle de acceso a puesto de estacionamiento. Las separaciones entre estas vías permiten la circulación por ellas de aeronaves tipo F.
- El satélite queda separado de los estacionamientos remotos al Este por dos calles de rodadura que admiten aeronaves tipo E (hasta 65 m de envergadura). De igual manera se disponen dos calles E entre dique y remotos.
- A los umbrales de las nuevas pistas 15L-33R y 18L-36R llegan dos calles de rodadura, también de tipo F.

Ilustración 7.32.- Plataforma en primera fase



Fuente: Elaboración propia

Las posiciones de estacionamiento están relacionadas con el sistema de calles de rodadura; así, al Oeste del satélite se situarán preferentemente aeronaves de gran tamaño (E y F), y al Este, algunos E, pero principalmente otras menores. Junto al dique está previsto estacionar hasta aeronaves tipo D (hasta 52 m de envergadura).

El people mover que une NET y satélite recorre unos 2.200 m. La distancia máxima entre estación y puerta de embarque es de 400 m.

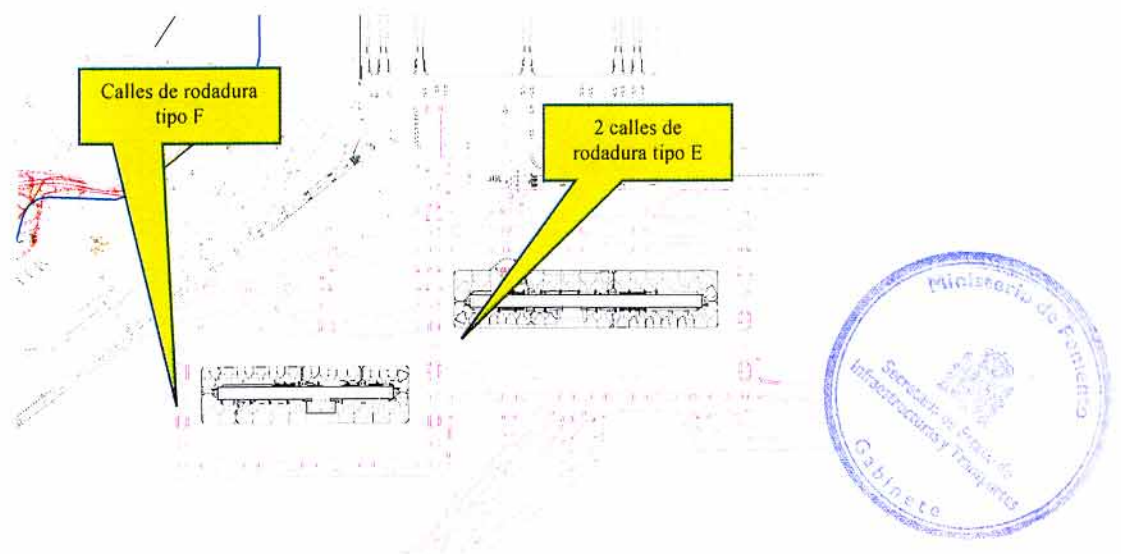
Según se describe en el Anexo 7 de capacidad de plataforma, para poder dar servicio a un nivel de tráfico B (47 millones de pasajeros anuales y 100 AHP), se precisaría contar con unas 124 posiciones asistidas en todo el aeropuerto.

#### 7.2.6.2. Segunda fase

Las calles de rodadura adyacentes al Dique no varían; es en el centro del campo de vuelos donde la construcción del segundo satélite introduce variaciones.

- Hay calles de rodadura paralelas a los satélites que recorren la plataforma en dirección Norte – Sur entre ambos. Se puede mantener la configuración antes señalada de dos calles tipo E, o bien se pueden disponer una central tipo E y dos externas de acceso a puesto de estacionamiento tipo D.
- La parte de la plataforma que rodea el primer satélite no varía. En la zona junto al segundo se disponen, al igual que antes, calles con capacidad para aeronaves tipo F.

Ilustración 7.33.- Segunda fase



Fuente: Elaboración propia

Siguiendo la tendencia apuntada en la primera fase, las aeronaves más grandes (E, F) estacionan preferiblemente junto a la fachada Oeste del primer satélite y junto a la Este del segundo, con el fin de evitar su circulación por dentro de la plataforma.

La construcción de un segundo satélite obliga a extender el túnel del people mover unos 1.500 m, hasta un total de, aproximadamente, 3.700 m de recorrido. Es bastante factible prolongar el trazado hasta las terminales actuales.

La distancia máxima que se debe recorrer a pie es de unos 650 m entre estación y puerta de embarque.

Esta configuración ofertaría del orden de 100 posiciones además de las ofertadas en las T1, T2 y T3. Con esta ampliación se daría servicio a la demanda de nivel B con holgura, pudiendo plantearse, si se juzgase conveniente, el cierre parcial de las instalaciones del T1.

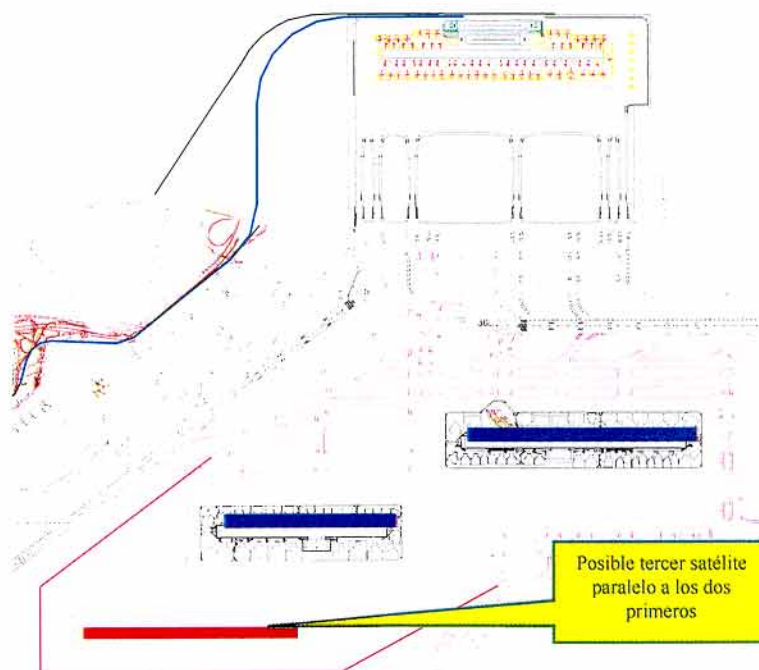
#### 7.2.6.3. Máxima expansión

Para dar servicio a un nivel de tráfico C, el Aeropuerto debería disponer de unas 143 posiciones asistidas. Estas posiciones podían conseguirse de dos formas: una sería ampliando los dos satélites paralelos a costa de interrumpir el paso directo entre NET y cabeceras 15L y 36R, y la otra mediante la construcción de un tercer satélite. Ambas posibilidades se muestran en la página siguiente.

La decisión de optar por una u otra debería tomarse mediante el balance de los tiempos de rodadura y conflictos en plataforma realizados según la evolución de la flota.

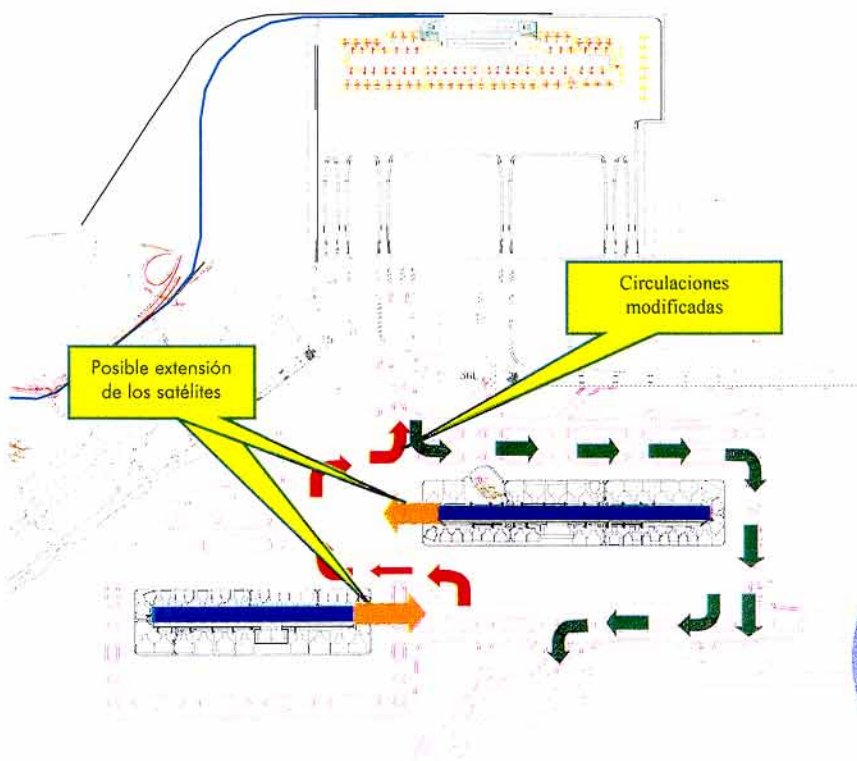


Ilustración 7.34.- Alternativa 1 de máxima expansión



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7.35.- Alternativa 2 de máxima expansión



Fuente: Elaboración propia



## 7.3. ESPACIO AÉREO

### 7.3.1. INTRODUCCIÓN

La ampliación del Aeropuerto a cuatro pistas operativas implica la creación de nuevas rutas de entrada y salida de modo que se operen las pistas de modo independiente tanto en llegadas como en salidas y se pueda obtener de esta forma una capacidad suficiente como para atender a la demanda en los diversos horizontes del estudio.

Con este motivo, dentro del proyecto fsam se desarrollaron por parte de diferentes estamentos del departamento de espacio aéreo de Aena (DOR/DCCA/SSCCNA) diferentes trabajos para definir una configuración de rutas de entrada y salida con el fin de evaluar la capacidad final del sistema.

Esta definición se está desarrollando en tres fases:

- Definición preliminar de rutas
- Desarrollo de alternativas de rutas de mínima afección ambiental
- Desarrollo futuro del sistema

### 7.3.2. DEFINICIÓN PRELIMINAR DE RUTAS

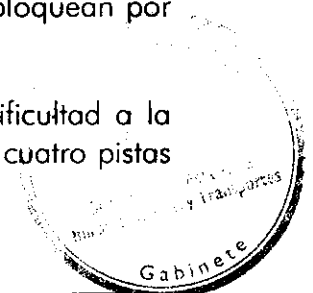
Con el fin de poder evaluar la capacidad del Aeropuerto de Madrid-Barajas con cuatro pistas operativas se definieron rutas de entrada y salida con la única restricción de respetar las diferentes normativas existentes.

En todo caso se supone que aunque se han definido procedimientos con viraje a Este y Oeste desde todas las pistas, el Aeropuerto se operaría con segregación en tierra, esto es, salvo circunstancias excepcionales, las pistas al Oeste no operarán destinos al Este del aeropuerto, y viceversa.

Las primeras alternativas de desarrollo incluían la posibilidad de independizar en todo caso las aproximaciones de los despegues, si bien se demostró que problemas operativos de mínimos OCA/H obligaban a ciertas restricciones.

El diseño final de rutas obligaba a que en configuración Norte, las aproximaciones por la pista 33R bloqueasen por frustrada las salidas por las pistas 36L y 36R, mientras que en configuración Sur las aproximaciones a la pista 18L bloquean por frustrada las salidas por las pistas 15R y 15L.

Otra conclusión importante de esta definición de rutas es la grave dificultad a la operación de la base aérea de Torrejón que impone la operación con cuatro pistas del Aeropuerto de Madrid-Barajas.



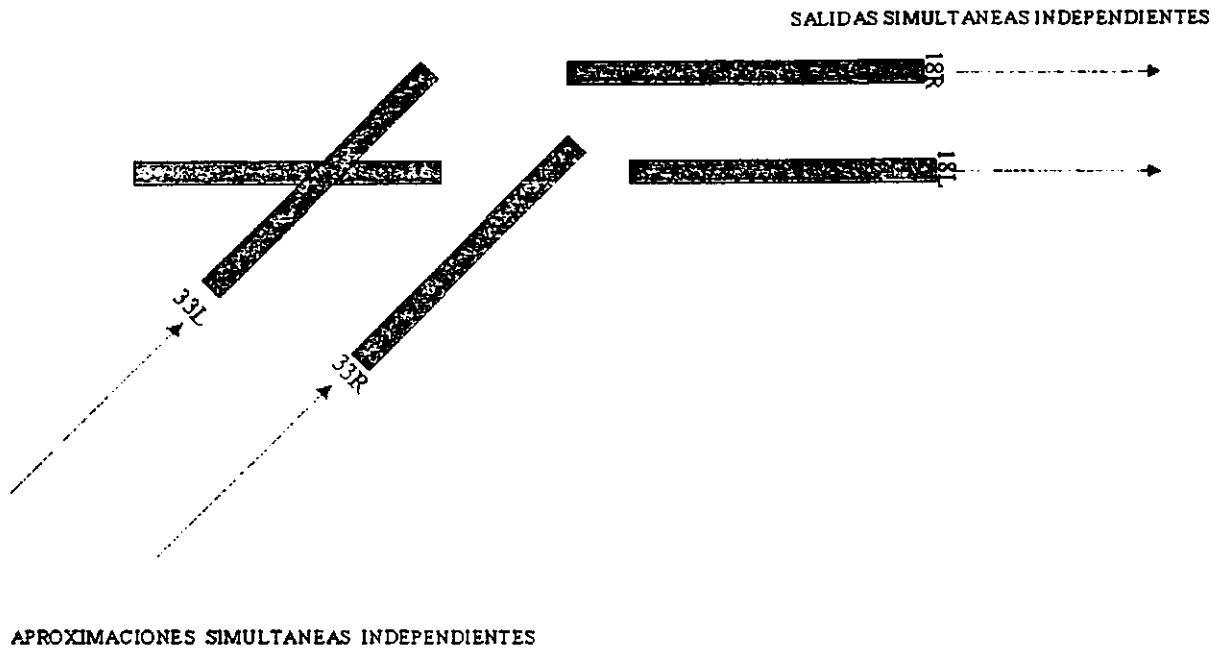
Las consideraciones empleadas en el diseño de las rutas, así como las propias rutas, se detallan en las páginas siguientes, que transcriben el documento preparado en abril de 1998.





Este caso se divide en dos configuraciones posibles, léase, configuración Norte y Sur:

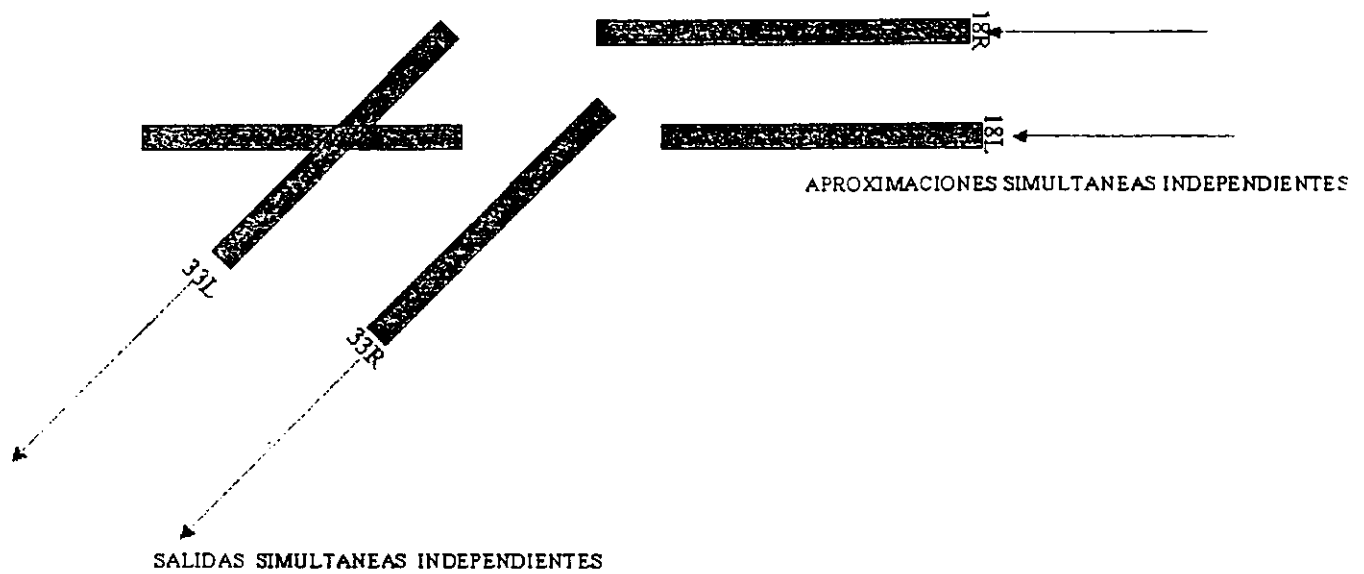
## CASO C+B CONFIGURACION NORTE



En el caso de configuración norte se estudia aproximaciones instrumentales simultáneas independientes a las cabeceras 33 R y L, así como salidas simultáneas independientes de las cabeceras 36 R y L.



## CASO C+B CONFIGURACION SUR



En el caso de configuración sur se estudia aproximaciones instrumentales simultáneas independientes a las cabeceras 18R y L, así como salidas simultáneas independientes de las cabeceras 15 R y L.



En el análisis de partida se considera la posibilidad en todos los casos de independizar las aproximaciones de los despegues, aunque como se verá en los siguientes apartados en algún caso el conseguir esto implica penalizar gravemente la aproximación instrumental, este es el caso de las aproximaciones instrumentales a las pistas 33R y 18L, en las cuales para conseguir la independencia de las salidas correspondientes habría que prever una maniobra frustrada con viraje lo antes posible, de manera que al existir obstáculos muy elevados en las zonas de viraje, los mínimos (OCA/H) salen excesivamente altos para una aproximación de precisión; por este motivo en este estudio se considerarán maniobras frustradas, para estos casos, con viraje en puntos o a alturas dadas, de manera que puedan reducirse los mínimos de operación hasta unos valores adecuados para una aproximación ILS de precisión.

En cuanto a la estructura de radioayudas y de criterios de llegada y salida del TMA , se parte del nuevo TMA Madrid-Barajas, el cual entrará en vigor a lo largo del año 1998.

En algunos casos, tanto en procedimientos de aproximación, salida o llegada, se han considerado tramos con navegación RNAV, para poder optimizar el procedimiento o adaptarlo para una aproximación simultánea; en cualquier caso, aunque se podría haber enfocado el estudio considerando navegación RNAV en su totalidad, sin embargo se ha optado por considerar, en general, navegación convencional, por no estar al día de hoy definidos los plazos de aplicación de la navegación RNAV en área terminal.



## 2. LLEGADAS NORMALIZADAS INSTRUMENTALES

Tanto en configuración norte como en sur se considera que las aeronaves llegarán a los puntos fijos de aproximación inicial (IAF) vía los siguientes puntos de entrada: ORBIS, VOR ZMR, VOR TLD, BOGAS, PRADO, TERSA, VOR BAN.

### Configuración Norte

Los puntos de aproximación inicial, desde los cuales se iniciarán las aproximaciones instrumentales simultáneas a las pistas 33R y L son los siguientes:

- CANES (23 DME PDT): desde este punto se iniciará la aproximación instrumental a la pista 33R.
- YELES (21 DME PDT): desde este punto se iniciará la aproximación instrumental a la pista 33L.

### Configuración Sur

Los puntos de aproximación inicial, desde los cuales se iniciarán las aproximaciones instrumentales simultáneas a las pistas 18R y L son los siguientes

- DUKKE (21 DME RBO): desde este punto se iniciará la aproximación instrumental a la pista 18L.
- VOR SMA: desde este punto se iniciará la aproximación instrumental a la pista 18R.



### 3. APROXIMACIONES INSTRUMENTALES

Se consideran, tanto en configuración norte como en sur, aproximaciones ILS simultáneas independientes, para ellos se han tenido en cuenta los criterios necesarios para poder realizar este tipo de aproximaciones:

- Separación entre ejes de pistas mayor de 1310 m
- Procedimientos de aproximación frustrada divergentes al menos 30°.
- Controladores radar independientes cuyas instrucciones predominen sobre las del control de aeródromo para vigilar las aproximaciones.
- Angulos de interceptación del curso del localizador menores de 30°.
- Separación vertical de al menos 1000 ft hasta el punto de aproximación final (FAP).

#### Configuración Norte; Aproximaciones simultáneas a las pistas 33R y L

Para separar los flujos de aproximación se dan dos fijos de aproximación inicial CANES para la pista 33R y YELES para la pista 33L.

#### *Aproximación pista 33R*

Como los criterios de aproximación simultánea exigen interceptar el rumbo del localizador con un ángulo de 30° máximo, se da un tramo de navegación RNAV desde un punto (2 DME PDT) para interceptar el rumbo del localizador en el punto de aproximación intermedia (IF 10 DME ILS), con un ángulo de 7°.

A la hora de diseñar la frustrada se plantea el dilema de , o bien, realizar el viraje lo antes posible , con el fin de dejar libres los despegues de la pista 36L y R, pero penalizando los valores de la altitud de franqueamiento de obstáculos hasta unas cifras muy altas para una aproximación de precisión, o bien, realizar la frustrada siguiendo el rumbo de pista agotando el tramo de precisión, con el fin de obtener unos mínimos mucho más bajos, al evitar los obstáculos situados al este de la pista 33, que dan como resultado unos valores de OCA muy altos. En este estudio se opta por la segunda opción, aún a costa de afectar a los despegues de las pistas 36 R y L. En el siguiente cuadro se presenta la comparación de los valores de OCH en pies obtenidos para los dos casos de frustrada.

OCH	CATA	CATB	CATC	CATD
Frustrada con viraje lo antes posible. CAT I. 2.5%	530	542	550	731
Frustrada siguiendo el rumbo de pista CAT I. 2.5%	130	142	150	161

*Aproximación pista 33L*

Se da un tramo de navegación RNAV desde un punto (2 DME PDT) para interceptar el rumbo del localizador en el punto de aproximación intermedia (IF 10 DME ILS), con un ángulo de 19°.

Para cumplir con los criterios de aproximación simultánea la frustrada se diseña con viraje a la izquierda, de manera que diverja de la maniobra frustrada de la pista 33R. Siguiendo los mismos criterios se establece el punto de aproximación final (FAP) en una posición que permita llegar a él con una separación vertical de 1000' sobre una aeronave aproximándose por la pista paralela y además poder interceptar a partir de ese punto, la senda de planeo del ILS. De acuerdo con esto, el FAP de esta aproximación se sitúa en 4.7 DME ILS, el de la pista paralela (33R) se sitúa en 8 DME ILS.

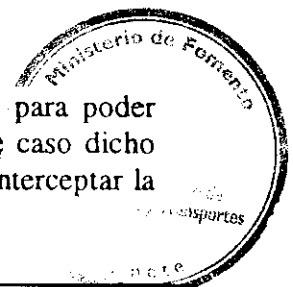
*Configuración Sur: Aproximaciones simultáneas a las pistas 18R y L*

Los fijos de aproximación inicial son en este caso DUKKE para la pista 18L y el VOR SMA para la pista 18R.

Siguiendo los criterios para las aproximaciones simultáneas de mantener 1000ft de separación vertical y un ángulo de interceptación del localizador menor de 30°, se encuentra el impedimento para su diseño de la existencia en la actualidad de dos áreas peligrosas militares, como son las LED 40 y 41, estas áreas son penetradas por las áreas de protección de las trayectorias de aproximación instrumental si se intentan cumplir los requisitos mencionados para las aproximaciones simultáneas. Por este motivo se considera que si en un futuro se pretendiera realizar este tipo de aproximaciones con la configuración de pistas propuesta, dichas áreas militares deberían ser objeto de reestructuración o eliminación. En las cartas de aproximación a las pistas 18 R y L que aparecen en los anexos no se representan, por este motivo dichas áreas.

*Aproximación pista 18L*

De la misma manera que en las anteriores, es necesario un tramo RNAV para poder interceptar el rumbo del localizador con un ángulo menor de 30°, en este caso dicho tramo se traza desde el punto 5 DME RBO hasta el IF 10 DME ILS, para interceptar la trayectoria de aproximación intermedia con un ángulo de 30°.



Todo lo dicho respecto a la maniobra de aproximación frustrada de la pista 33 es válido para esta. Al igual que en aquella, se opta por una maniobra agotando el tramo de precisión, siguiendo el rumbo de pista, de manera que se consigue que ningún obstáculo penetre en las superficies evaluadoras de obstáculos (OAS), reduciendo los valores de OCA/H hasta los valores mínimos de margen de pérdida de altímetro (HL).

La comparación entre los valores de OCA/H que se obtienen diseñando la maniobra de frustrada siguiendo el rumbo de pista respecto de los obtenidos si se prescribe un viraje lo antes posible se muestran en la tabla siguiente.

OCH	CATA	CATB	CATC	CATD
Frustrada con viraje lo antes posible. CAT I, 2.5%	350	362	370	390
Frustrada siguiendo el rumbo de pista CAT I, 2.5%	130	142	150	161

#### *Aproximación pista 18R*

En este caso no es necesario el tramo RNAV para la interceptación del localizador con ángulo menor de 30°, porque se cuenta con el VOR SMA, alineado con el rumbo de la pista 18R.

La aproximación frustrada se diseña con viraje a la derecha al alcanzar 2400 ft, con el fin de que su trayectoria diverja de la maniobra frustrada a la pista 18L.



#### 4. SALIDAS NORMALIZADAS INSTRUMENTALES

Para la estructura de trayectorias y de puntos fijos de salida del TMA se parte del nuevo modelo del TMA Madrid-Barajas.

##### Configuración Norte: Salidas 36 R y L

Para conseguir que las trayectorias de salida inicial diverjan al menos 15° para poder ser consideradas simultáneas independientes se propone lo siguiente: “subir en rumbo 010° hasta 10 DME BRA” para la 36R y “subir en RDL-352 BRA hasta 5.3 DME BRA” para la 36L, de esta manera se consigue una divergencia de rumbos de 18 °.

Hay que señalar, que en las cartas de salidas que se adjuntan en los anexos se proponen rutas de salida en todos los sentidos posibles, para el caso de que una de las pistas no estuviera activa, sin embargo en el caso de salidas simultáneas habría que diferenciar flujos, en este caso los flujos hacia el VOR BAN, VOR MLA o los puntos ALTAR y ROCAS saldrían por la pista 36R y aquellos que procedieran hacia VOR SMA, VOR NVS o el fijo MONTO saldrían por la 36L.

##### Configuración Sur: Salidas 15 R y L

Las salidas por la 15R están diseñadas, en la actualidad, de manera que para evitar el impacto acústico sobre la población de Coslada, las aeronaves ascienden en rumbo que diverge del rumbo de pista (147°), con lo cual las salidas de la 15L deberían divergir 15° más para poder ser consideradas simultáneas, incumpliendo los requisitos de salida directa del doc. 8168 de OACI. En este supuesto se ha obviado esta condición, para poder presentar una opción de salidas simultáneas.

Los tramos iniciales propuestos quedarían de la siguiente manera: “subir en rumbo de pista hasta 8 DME BRA” para la pista 15 L y “subir en RDL-162 BRA hasta 8.8 DME BRA” para la pista 15 R. De esta manera se consiguen los 15° de divergencia requeridos para considerarlas simultáneas independientes

De la misma manera que en la configuración anterior se presentan salidas para cada pista en todos los sentidos posibles, sin embargo, si se utilizan simultáneamente habría que diferenciar los flujos: VOR NVS y VOR SMA para las salidas de la 15 R y VOR CJN, KAMPO y MOTAS para las salidas de la 15 L.





## 5. CONCLUSIONES

Del estudio anteriormente detallado de las posibles maniobras instrumentales a la configuración C+B del proyecto FSAM se pueden extraer las siguientes conclusiones:

Configuración Norte:

- Las aproximaciones a las pistas 33R y 33L son simultáneas independientes.
- Las salidas de las pistas 36R y 36L son simultáneas independientes.
- Las aproximaciones a la pista 33L son independientes de las salidas de las pistas 36R y 36L.
- Las aproximaciones a la pista 33R impiden las salidas de las pistas 36R y 36L, siempre y cuando se opte por una frustrada directa, como en este estudio y no por una frustrada con viraje lo antes posible en perjuicio de los mínimos de operación a la pista 33R.

Configuración Sur:

- Las aproximaciones a las pistas 18R y 18L son simultáneas independientes.
- Las salidas de las pistas 15R y 15L son simultáneas independientes.
- Las aproximaciones a la pista 18R son independientes de las salidas de las pistas 15R y 15L.
- Las aproximaciones a la pista 18L impiden las salidas de las pistas 15R y 15L, siempre y cuando se opte por una frustrada directa, como en este estudio y no por una frustrada con viraje lo antes posible en perjuicio de los mínimos de operación a la pista 18L.

Para poder realizar aproximaciones simultáneas 33R/L y 18R/L sería necesario prescribir tramos RNAV o contar con nuevas radioayudas en las posiciones adecuadas.

Para poder realizar aproximaciones simultáneas a las pistas 18R/L sería necesaria la eliminación o reestructuración de las áreas peligrosas militares LED 40 y 41.

### *Compatibilidad con las operaciones en Torrejón*

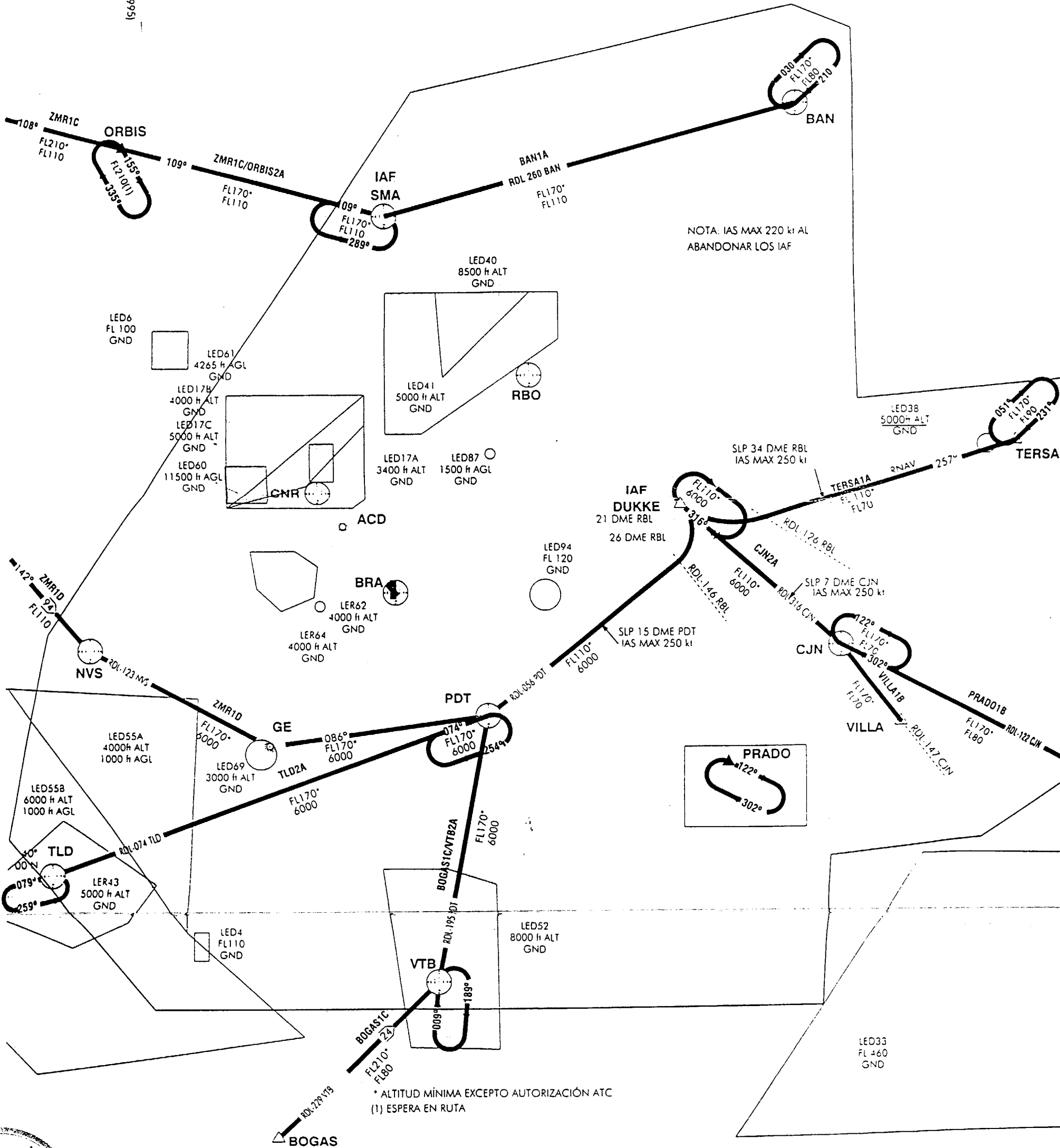
Para considerar compatibles las maniobras se ha adoptado el criterio siguiente: áreas de protección independientes y distancia entre trayectorias nominales mayor de 3NM. Según este criterio las conclusiones son las siguientes:

- Las salidas de la pista 23 de Torrejón son incompatibles con las aproximaciones a las pistas 33R/L y las salidas de la pista 15L de Barajas, pero compatibles con las salidas de la 15R.
- La maniobra de aproximación a la pista 23 de Torrejón es incompatible con las salidas de la pista 15L, pero compatible con las salidas de la 15R y aproximaciones a la 33R/L de Barajas.

En los anexos se presentan todas las propuestas de cartas de llegada, salida y aproximación instrumental, detalles de los tramos iniciales de las salidas simultáneas independientes, así como esquemas de las posibles interferencias con las operaciones en Torrejón.



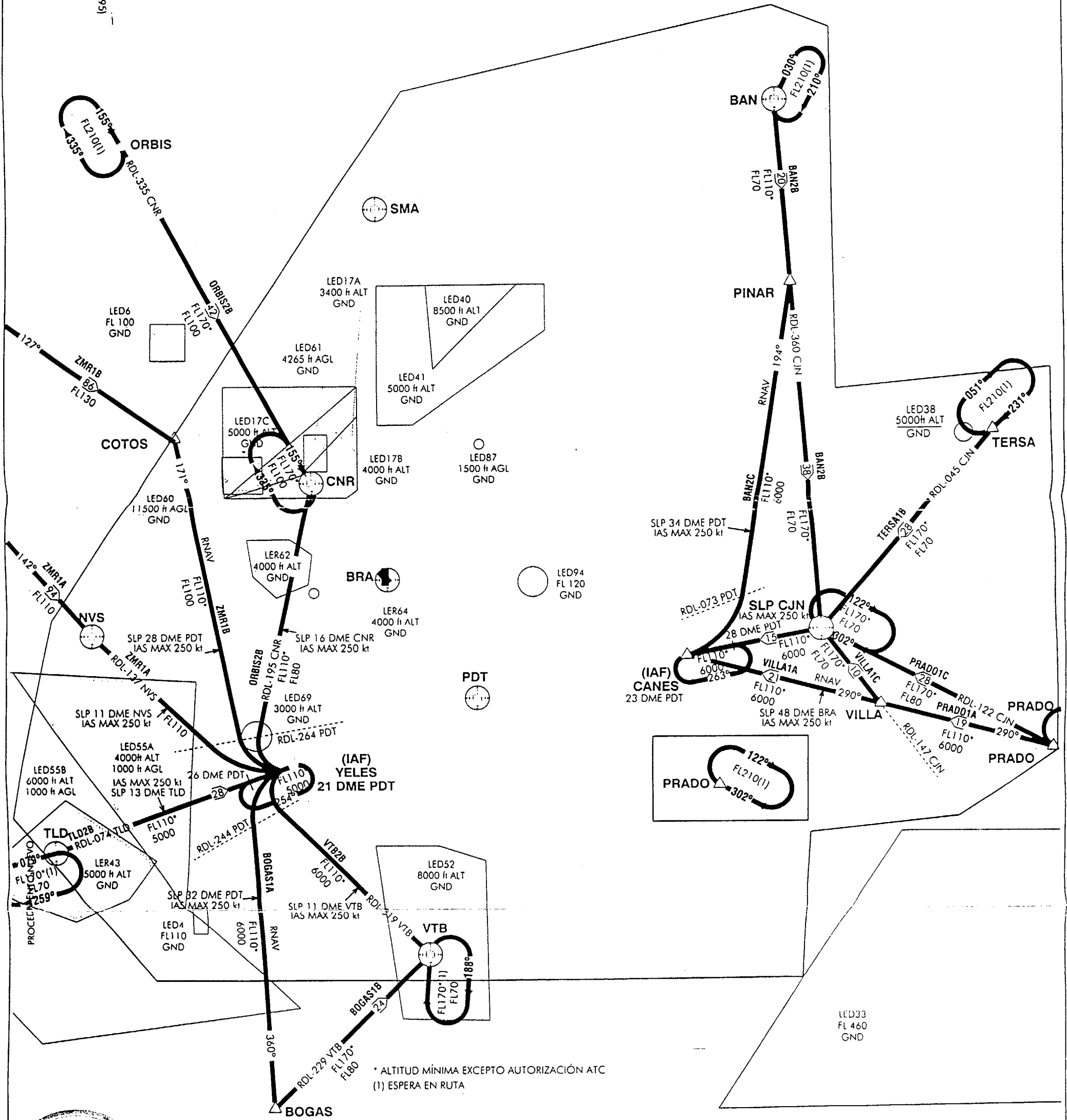
VAR 4°W (1995)



18 ABRIL 1998

VAR 4°W (1995)

NOTA: IAS MAX 220 kt AL  
ABANDONAR LOS IAF.



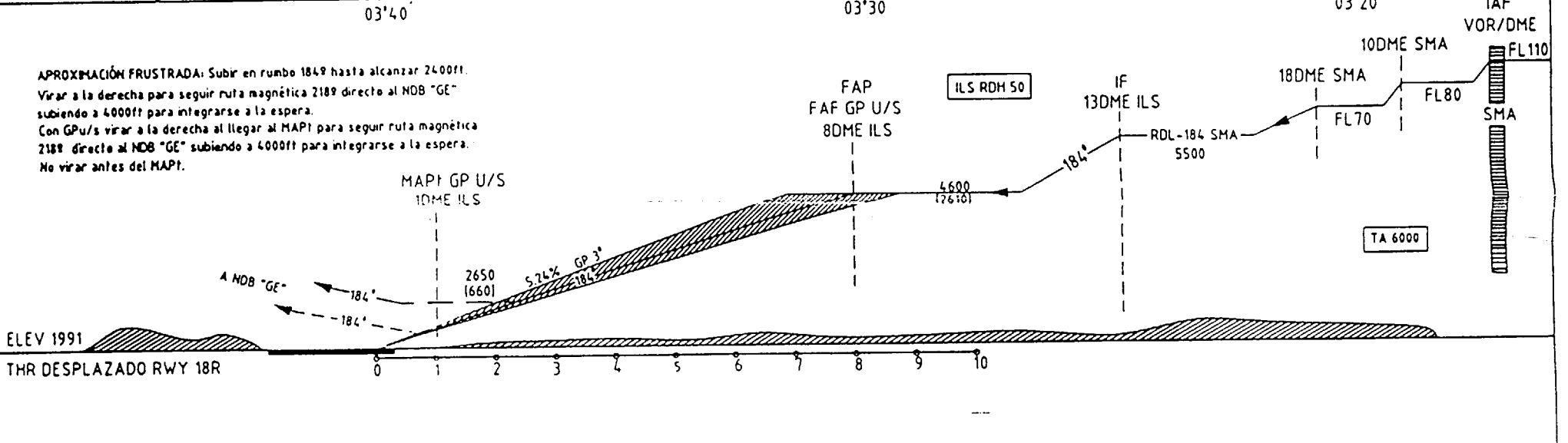
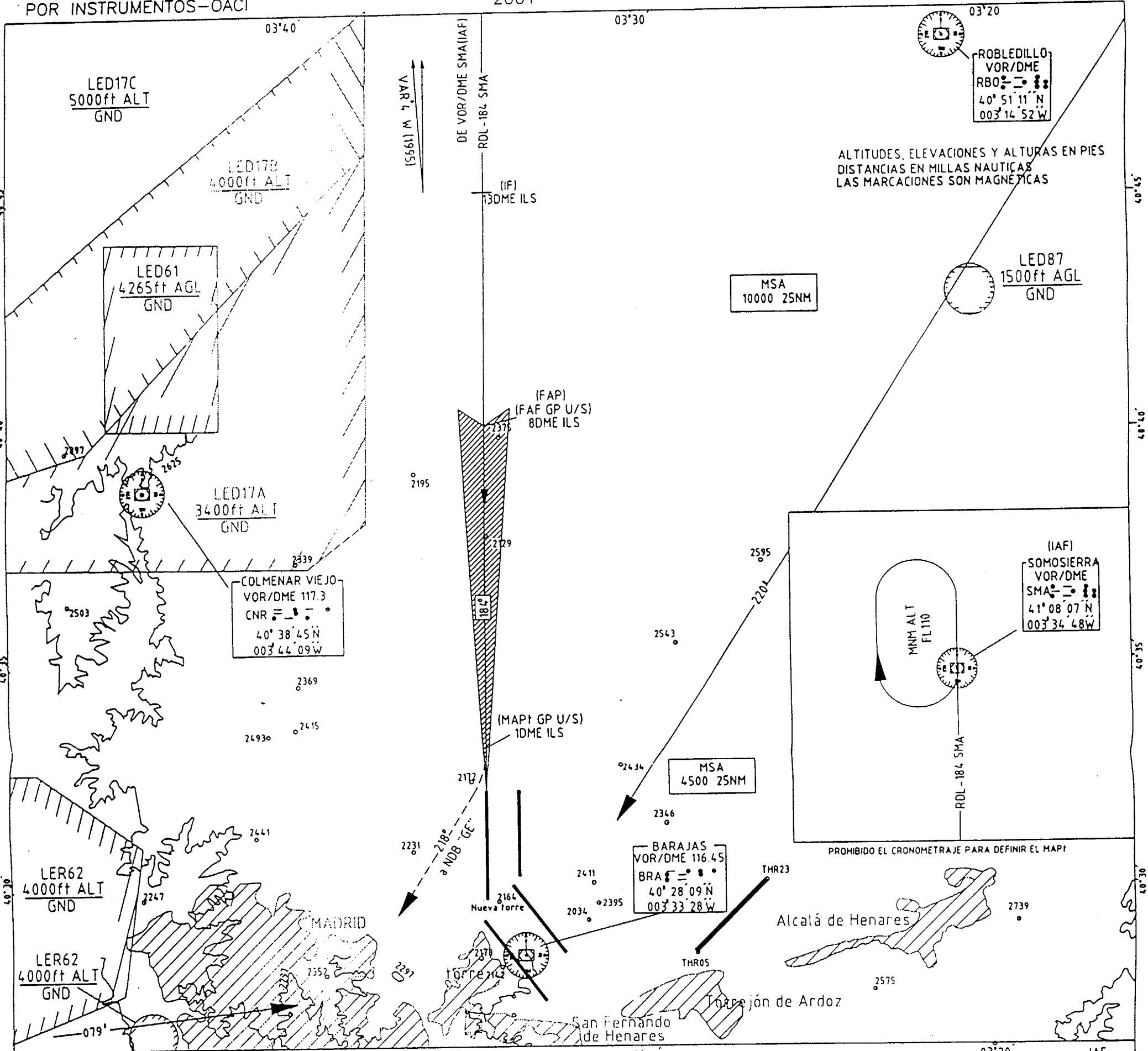
18 ABRIL 1998



PROYECTO FSAM  
CARTA DE APROXIMACION  
POR INSTRUMENTOS-OACI

CONFIGURACION SUR  
ELEV AD  
2001

MADRID/BARAJAS  
ILS/DME  
RWY 18R



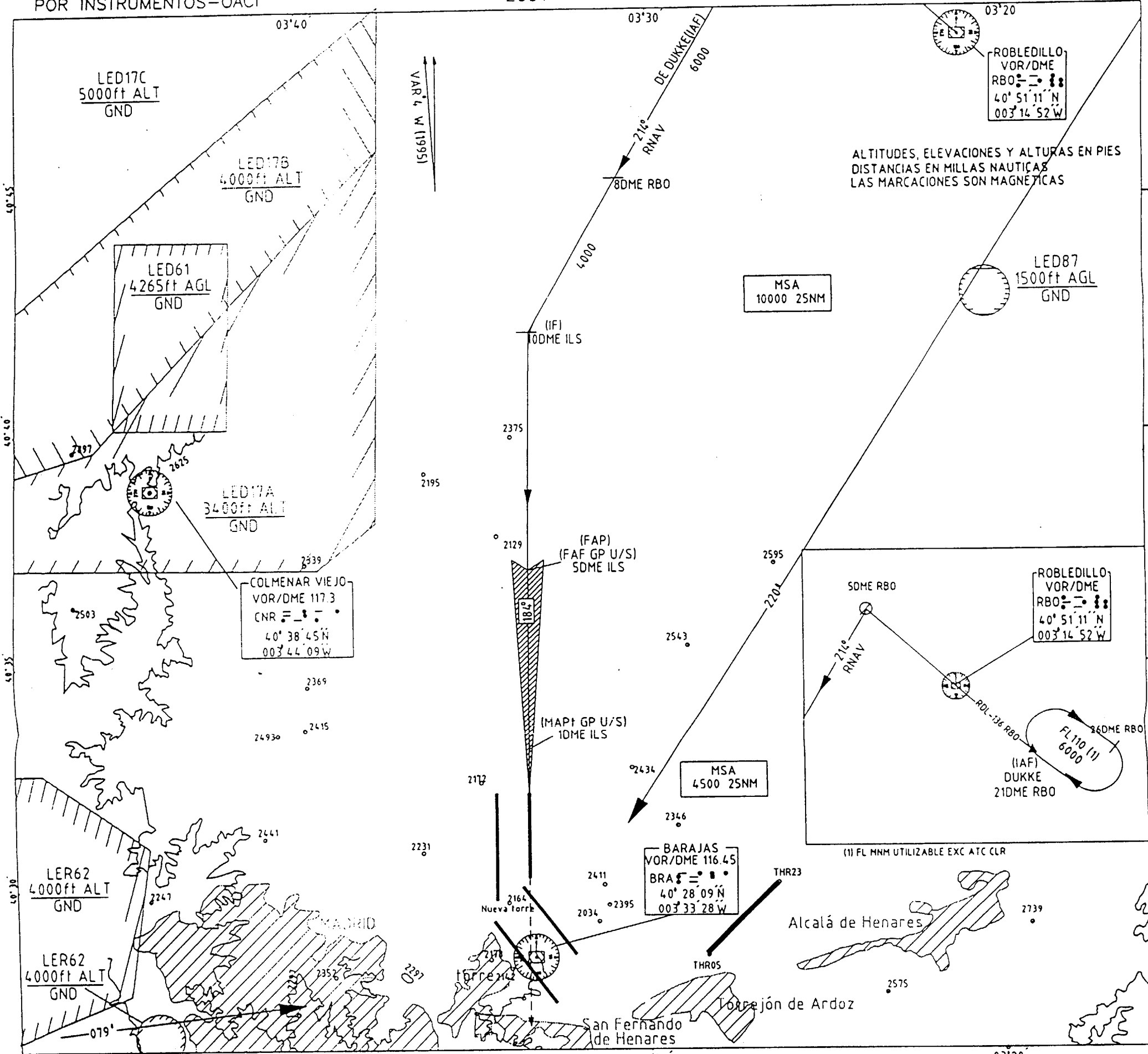
APROXIMACION FRUSTRADA: Subir en rumbo 184º hasta alcanzar 2400ft. Virar a la derecha para seguir ruta magnética 218º directo al NOB "GE" subiendo a 4000ft para integrarse a la espera. Con GP U/S virar a la derecha al llegar al MAP1 para seguir ruta magnética 218º directo al NOB "GE" subiendo a 4000ft para integrarse a la espera. No virar antes del MAP1.

HGT REF ELEV THR RWY 18R DESPLAZADO					ALTIMUD, ALTURA DME ( ILS ) APROXIMACION FINAL										
OCA / H	A	B	C	D	GS										
					11 DME	10 DME	9 DME	8 DME	7 DME	6 DME	5 DME	4 DME	3 DME	2 DME	1 DME
FAP-THR: 8NM					kt	80	100	120	140	160	180				
FAF-MAPT:					mins:s	6:00	4:48	4:00	3:26	3:00	2:40				
ROD: 5.24%					ft/min	425	531	637	743	849	955				
En circuito (H) sobre 2001	2690 (1690)	2760 (1760)	3000 (1000)	3280 (1280)											

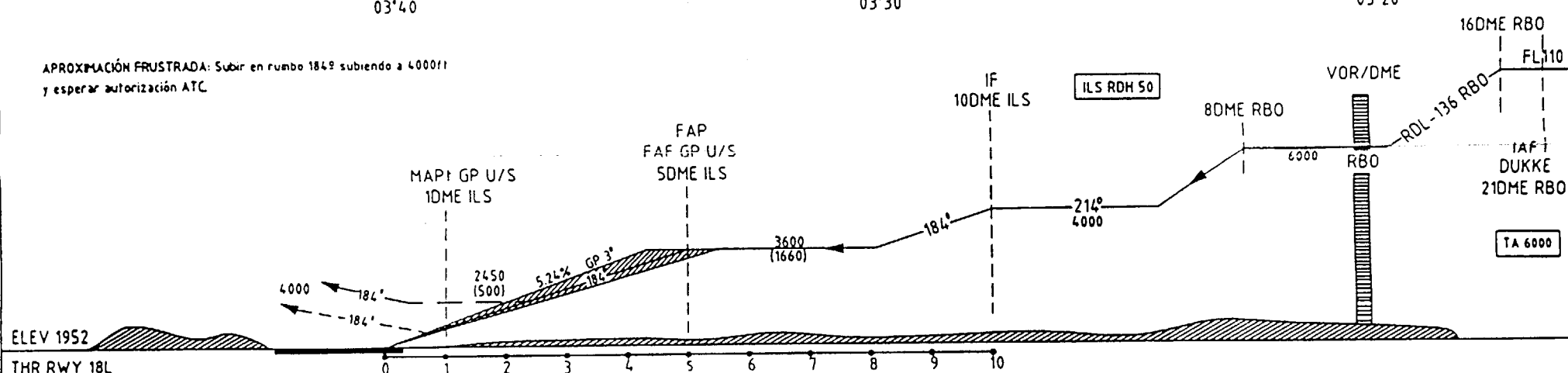
PROYECTO FSAM  
CARTA DE APROXIMACION  
POR INSTRUMENTOS-OACI

CONFIGURACION SUR  
ELEV AD  
2001

MADRID/BARAJAS  
ILS/DME  
RWY 18L



APROXIMACION FRUSTRADA: Subir en rumbo 184° subiendo a 4000ft y esperar autorización ATC.



HGT REF ELEV THR RWY 18L

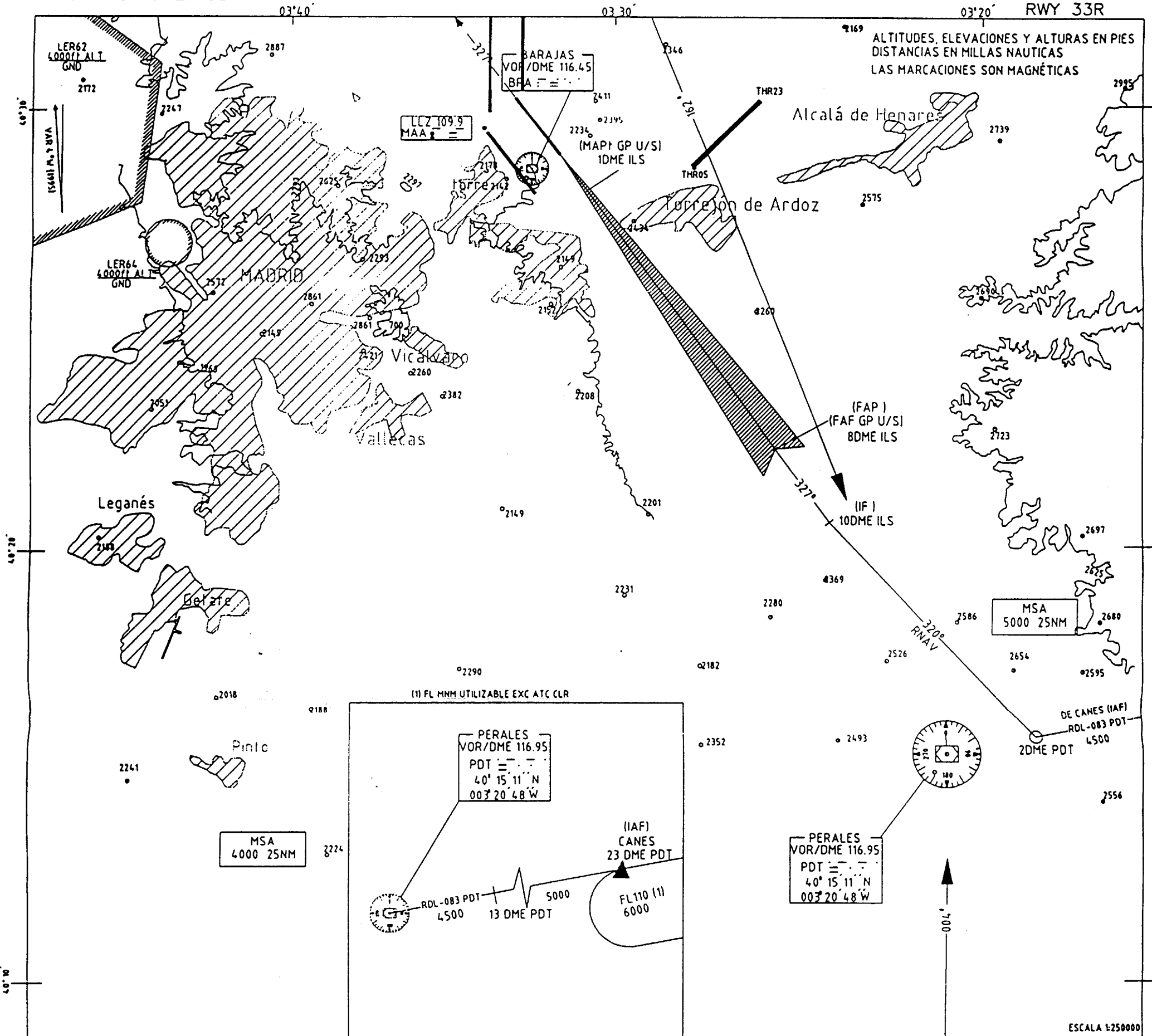
OCA / H	A	B	C	D	GS																														
					kt	80	100	120	140	160	180																								
FAP-THR: 5NM					mins:s	3:45	3:00	2:30	2:09	1:53	1:40																								
FAF-MAPT: 4NM					mins:s	3:00	2:24	2:00	1:43	1:30	1:20																								
ROD: 5.24%					ft/min	425	531	637	743	849	955																								
ALTITUD, ALTURA DME ( ILS ) APROXIMACION FINAL																																			
11 DME 10 DME 9 DME 8 DME 7 DME 6 DME 5 DME 4 DME 3 DME 2 DME 1 DME																																			
En circuito (H) sobre 2001																																			
<table border="1"> <tr> <td>2690 (1690)</td> <td>2760 (1760)</td> <td>3000 (1000)</td> <td>3280 (1280)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3290 (1340)</td> <td>2970 (1020)</td> <td>2650 (700)</td> <td></td> </tr> </table>												2690 (1690)	2760 (1760)	3000 (1000)	3280 (1280)																	3290 (1340)	2970 (1020)	2650 (700)	
2690 (1690)	2760 (1760)	3000 (1000)	3280 (1280)																																
								3290 (1340)	2970 (1020)	2650 (700)																									



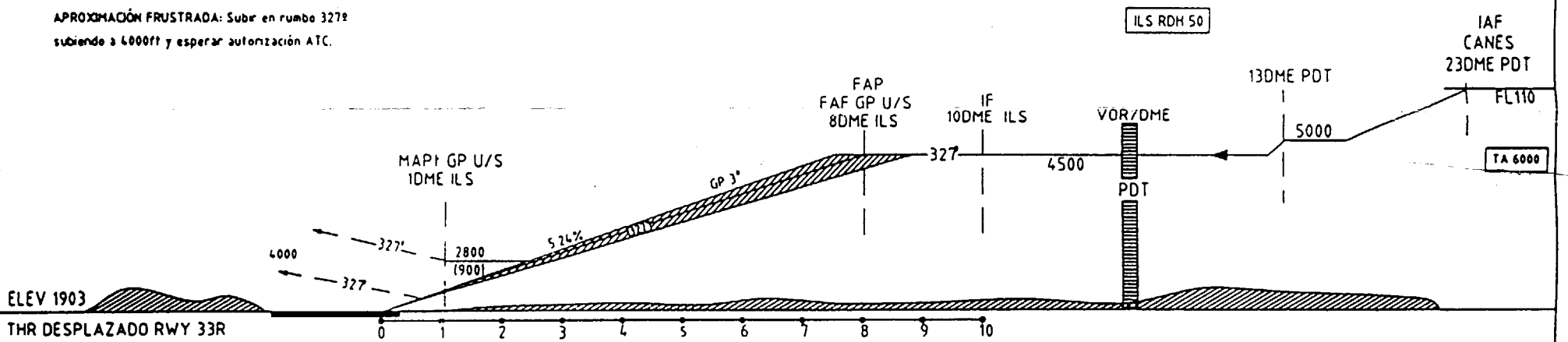
PROYECTO FSAM  
CARTA DE APROXIMACION  
POR INSTRUMENTOS

CONFIGURACION NORTE  
ELEV AD  
2001

MADRID/BARAJAS  
ILS/DME  
RWY 33R

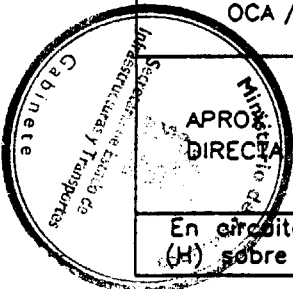


APROXIMACION FRUSTRADA: Subir en rumbo 327º  
subiendo a 4000ft y esperar autorización ATC.



HGT REF ELEV THR DESPLAZADO RWY 33R

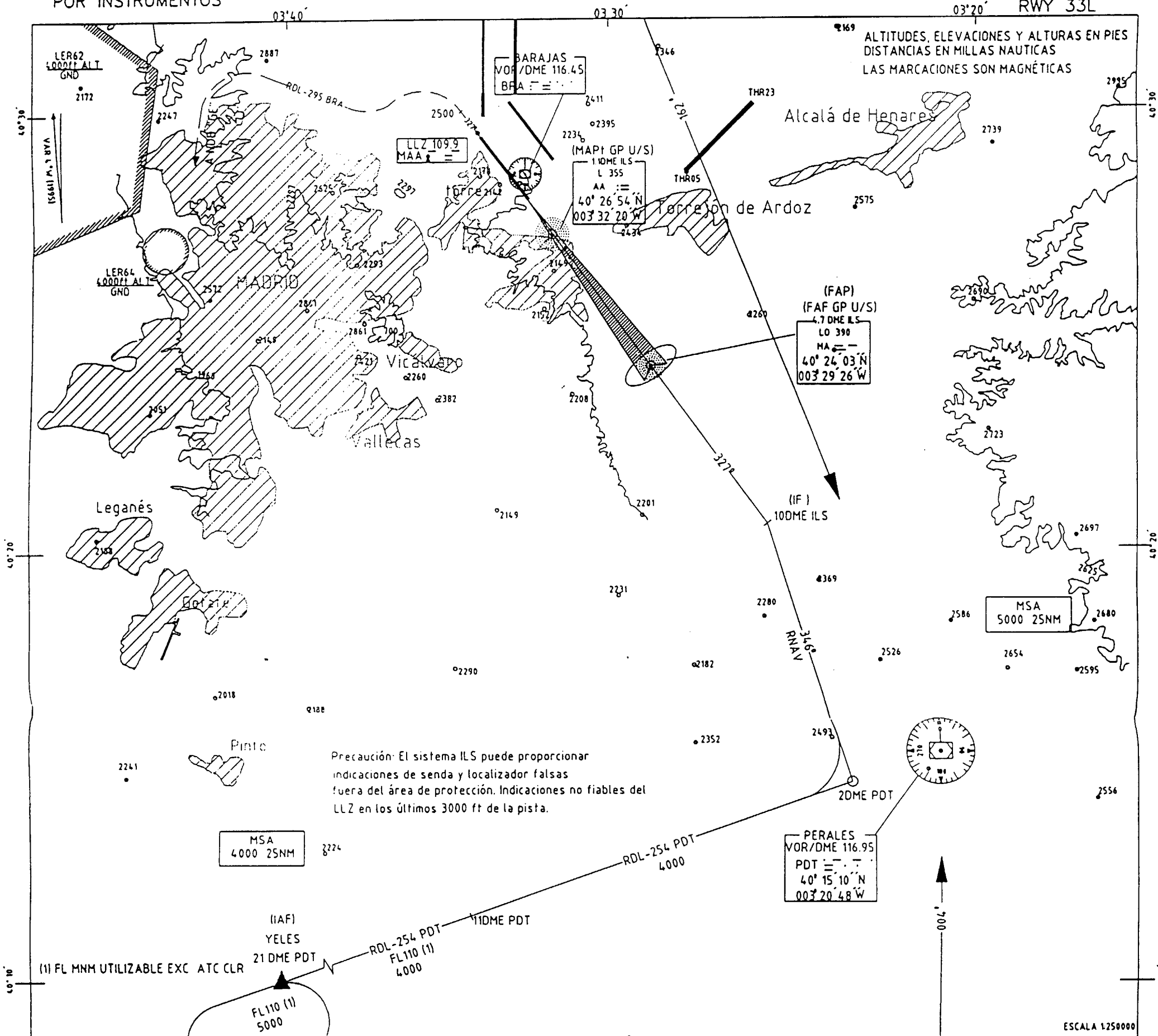
OCA / H	A	B	C	D	GS										
					kt	80	100	120	140	160	180				
FAP-THR: 8NM					mins:s	6:00	4:48	4:00	3:26	3:00	2:40				
FAF-MAPT: 7NM					mins:s	5:15	4:12	3:30	3:00	2:38	2:20				
ROD: 5.24%					ft/min	425	531	637	743	849	955				
					ALTITUD, ALTURA DME ( ILS ) APROXIMACION FINAL										
					11 DME	10 DME	9 DME	8 DME	7 DME	6 DME	5 DME	4 DME	3 DME	2 DME	1 DME
									4190 (2290)	3870 (1970)	3550 (1650)	3230 (1330)	2910 (1010)		



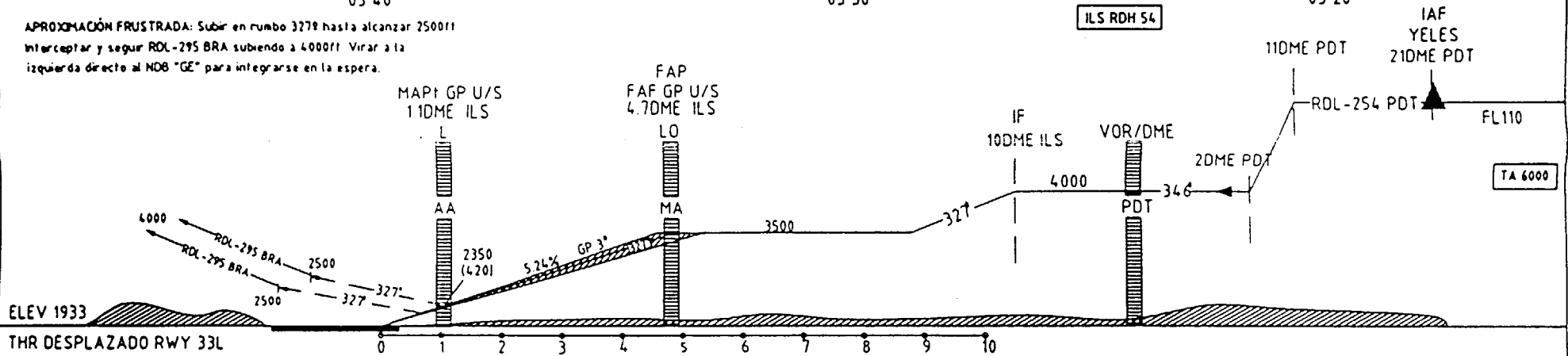
PROYECTO FSAM  
CARTA DE APROXIMACION  
POR INSTRUMENTOS

CONFIGURACION NORTE  
ELEV AD  
2001

MADRID/BARAJAS  
ILS/DME  
RWY 33L

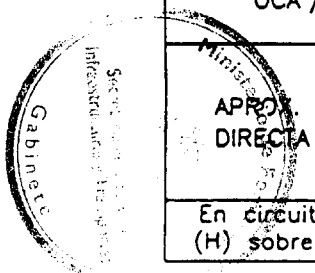


Precaución: El sistema ILS puede proporcionar indicaciones de senda y localizador falsas fuera del área de protección. Indicaciones no fiables del LLZ en los últimos 3000 ft de la pista.



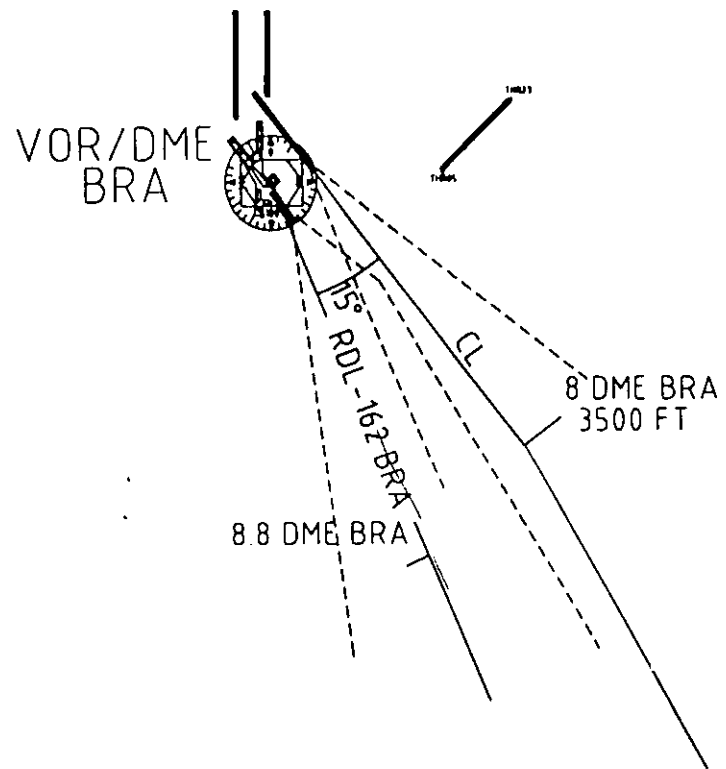
HGT REF ELEV THR DESPLAZADO RWY 33L

OCA / H		GS				ALTITUD, ALTURA DME ( ILS ) APROXIMACION FINAL										
		A	B	C	D	11 DME	10 DME	9 DME	8 DME	7 DME	6 DME	5 DME	4 DME	3 DME	2 DME	1 DME
APROX DIRECTA	CAT I 25X	2103 (1701)	2113 (1801)	2123 (1901)	2133 (2001)											
	CAT II 25X	(166)	(183)	(196)	(109)											
	GP U/S	2350 (120)														
En circuito (H) sobre 2001		2690 (1690)	2760 (1760)	3000 (1000)	3280 (1280)								3260 (1327)	2950 (1017)	2630 (1697)	2310 (1377)





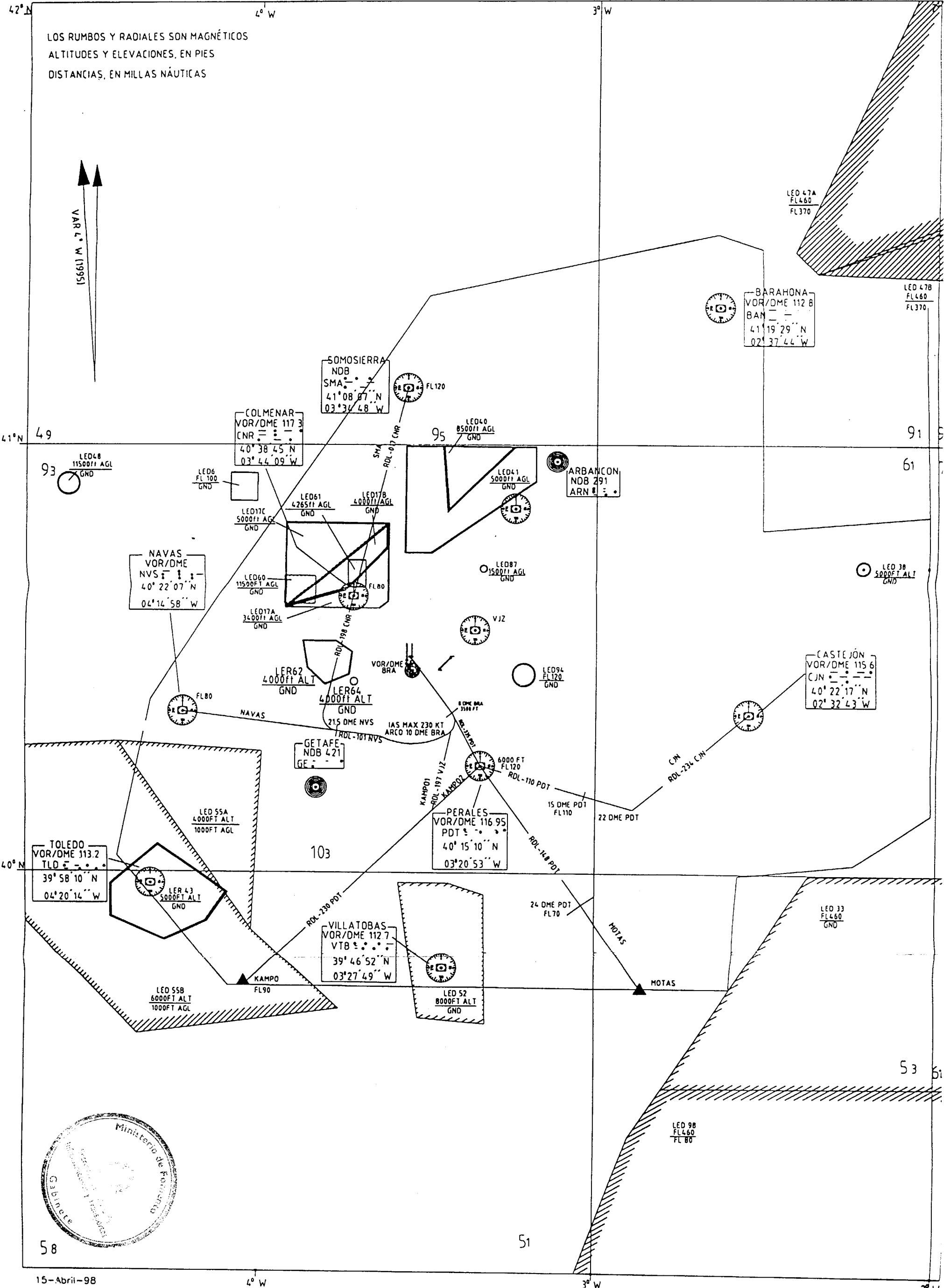
# TRAMO INICIAL SALIDAS SIMULTANEAS INDEPENDIENTES RWY15 R/L



PROYECTO FSAM; CASO C+B  
 PROPUESTA SALIDAS INSTRUMENTALES

TA  
 6000

MADRID/BARAJA  
 RWY 15L



15-Abril-98

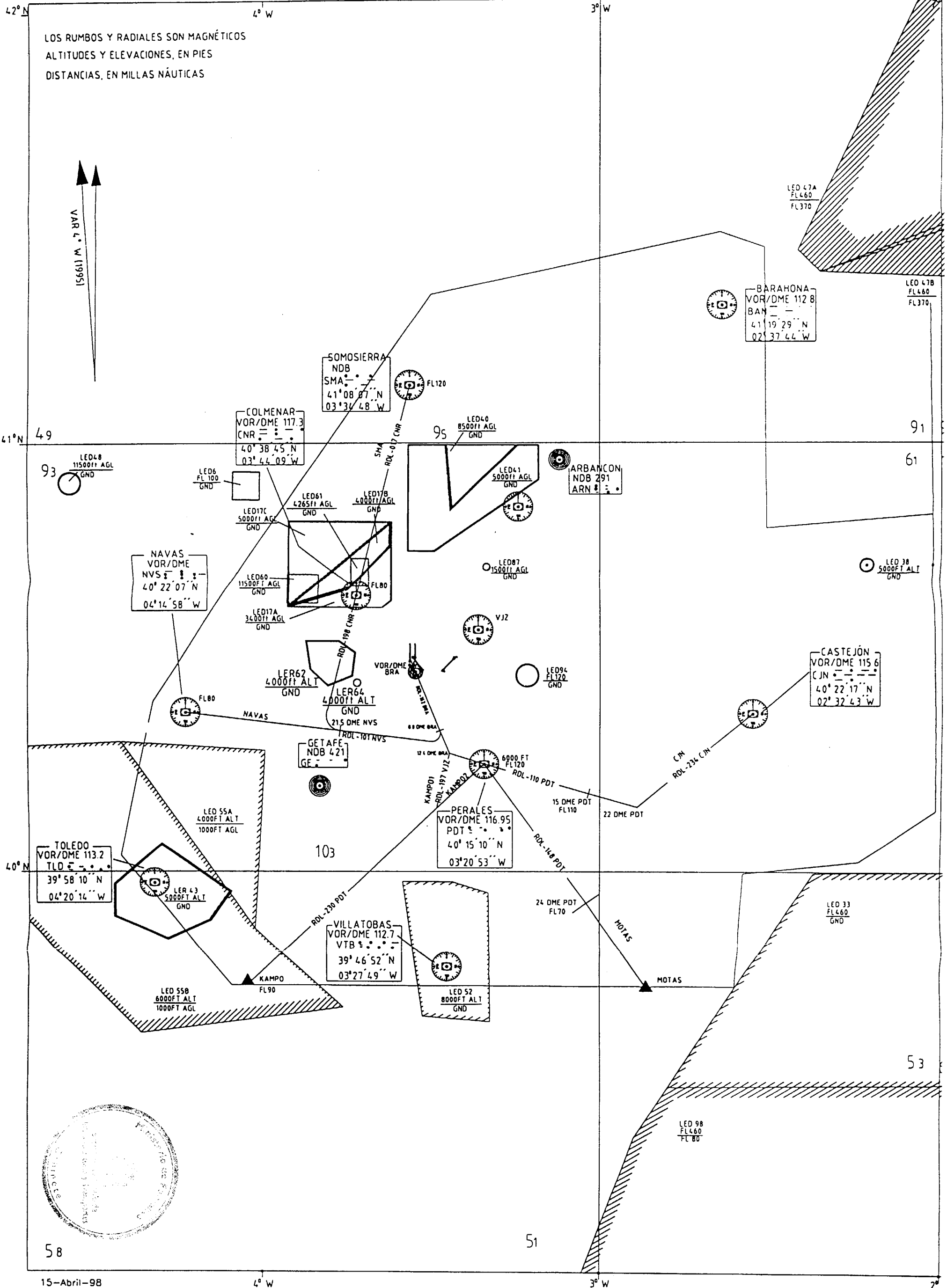
CONFIGURACION SUR



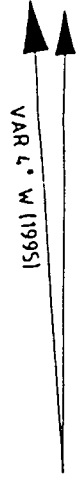
PROYECTO FSAM; CASO C+B  
 PROPUESTA SALIDAS INSTRUMENTALES

TA  
 6000

MADRID/BARAJA  
 RWY 15R



LOS RUMBOS Y RADIALES SON MAGNÉTICOS  
 ALTITUDES Y ELEVACIONES, EN PIES  
 DISTANCIAS, EN MILLAS NÁUTICAS



58

15-Abril-98

CONFIGURACION SUR

53

51

91  
 61

49

103

2°

3° W

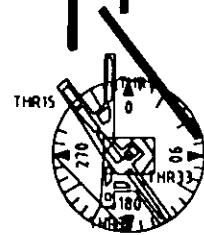
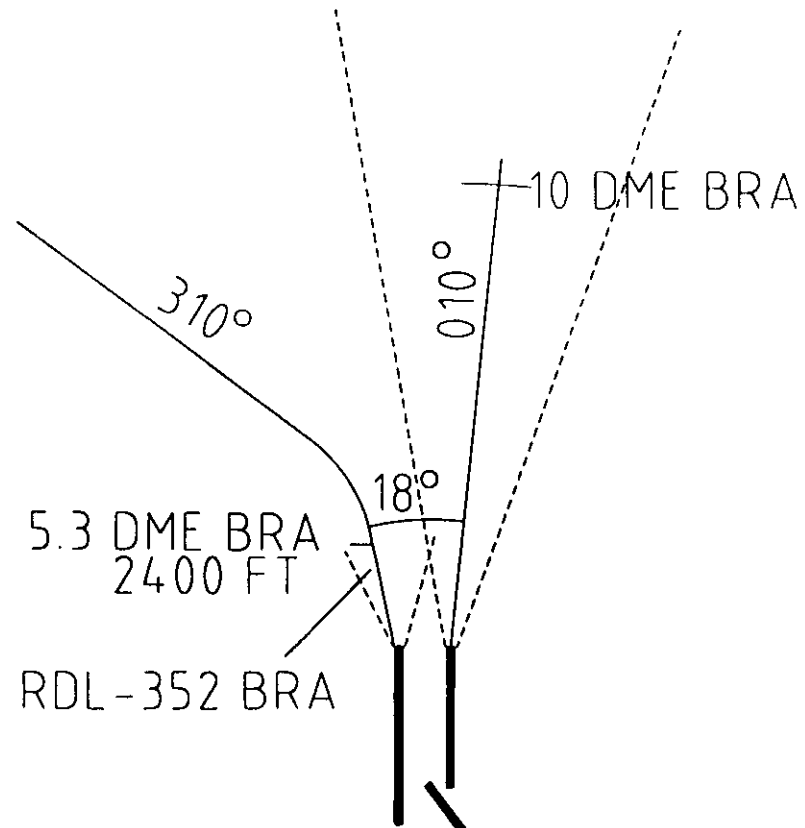
4° W

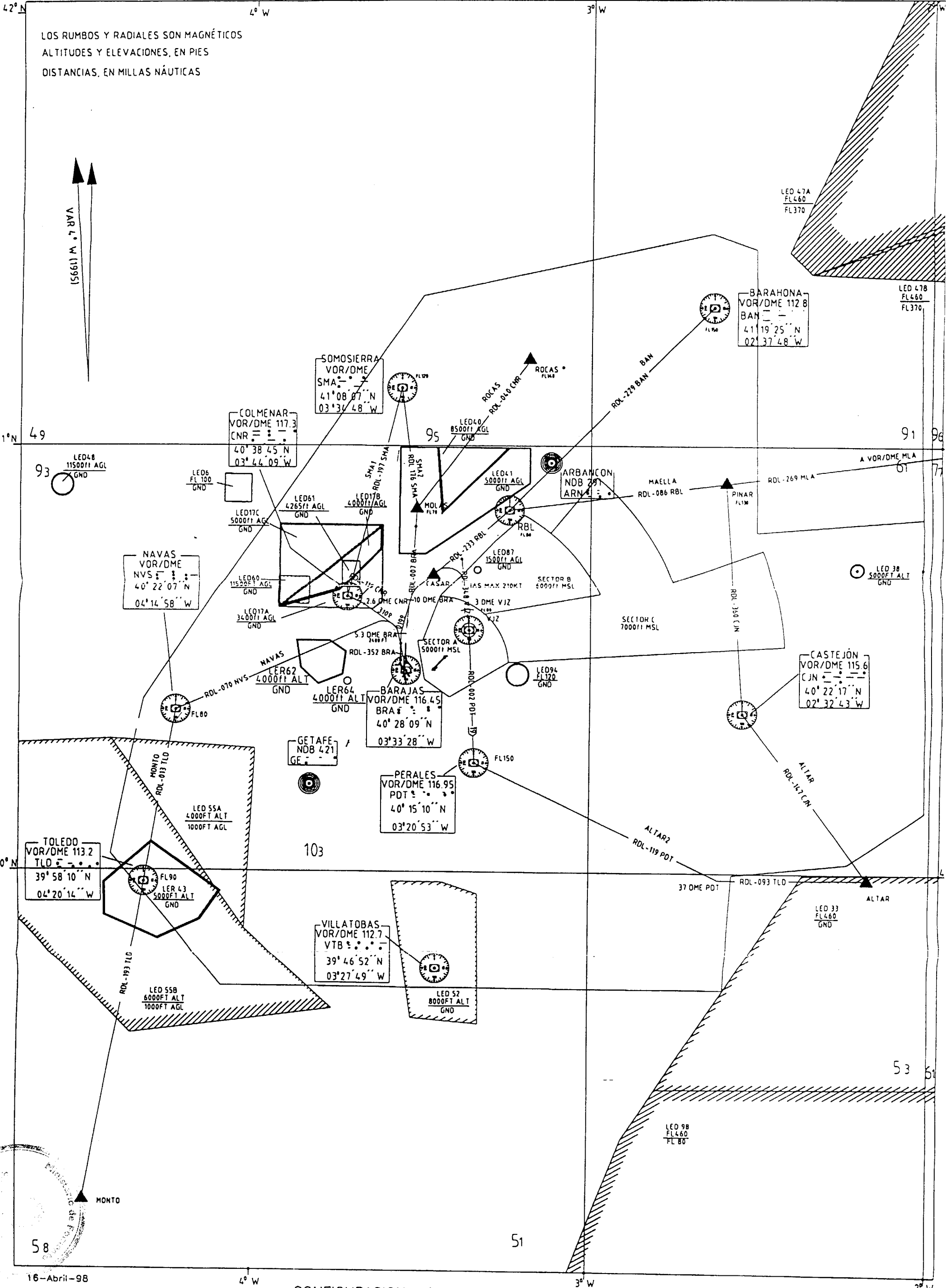
4° W

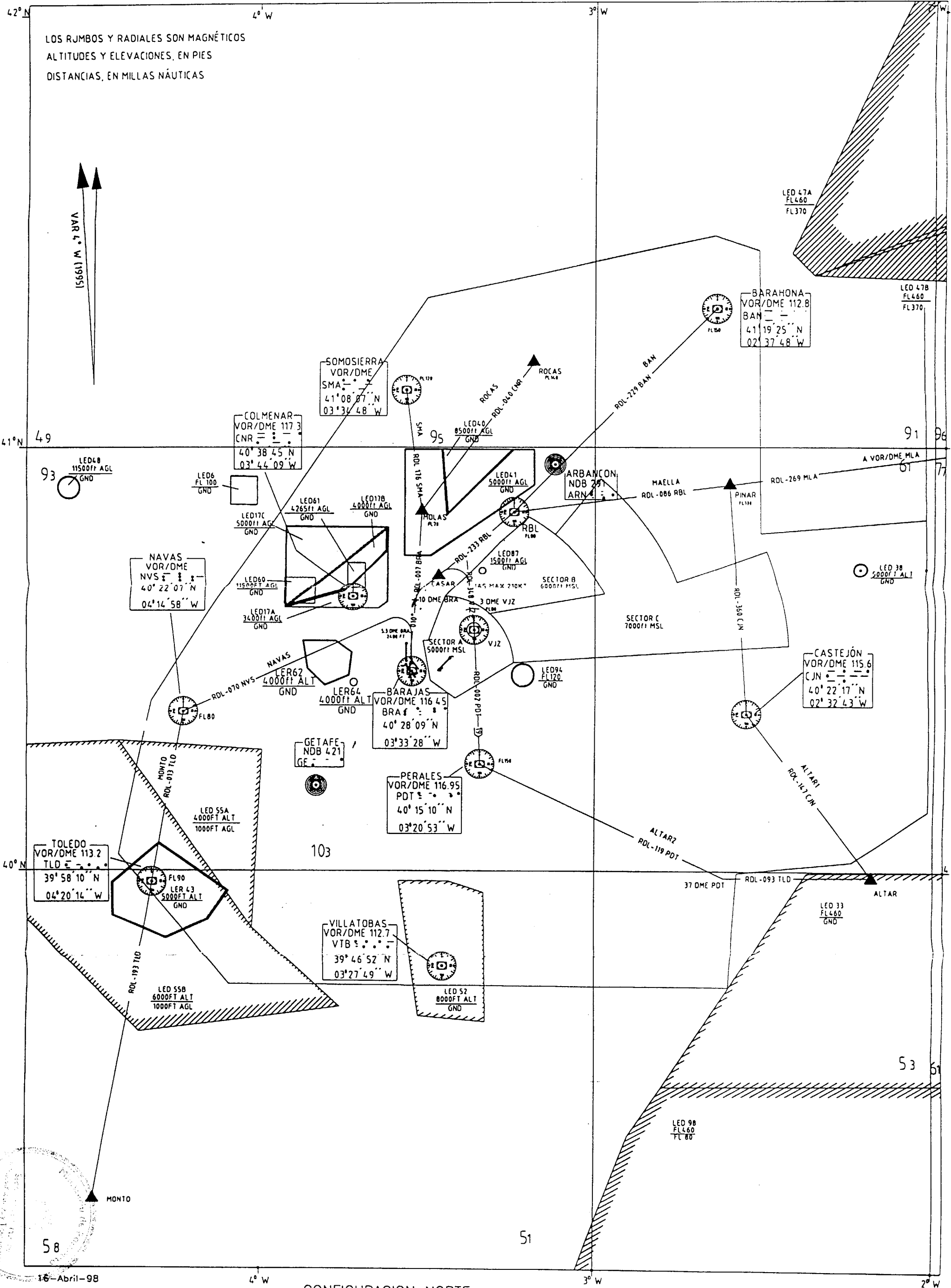
3° W

42° N  
 41° N  
 40° N

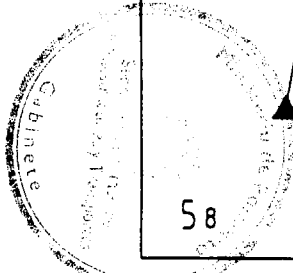
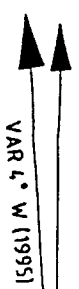
# TRAMO INICIAL SALIDAS SIMULTANEAS INDEPENDIENTES RWY36 R/L





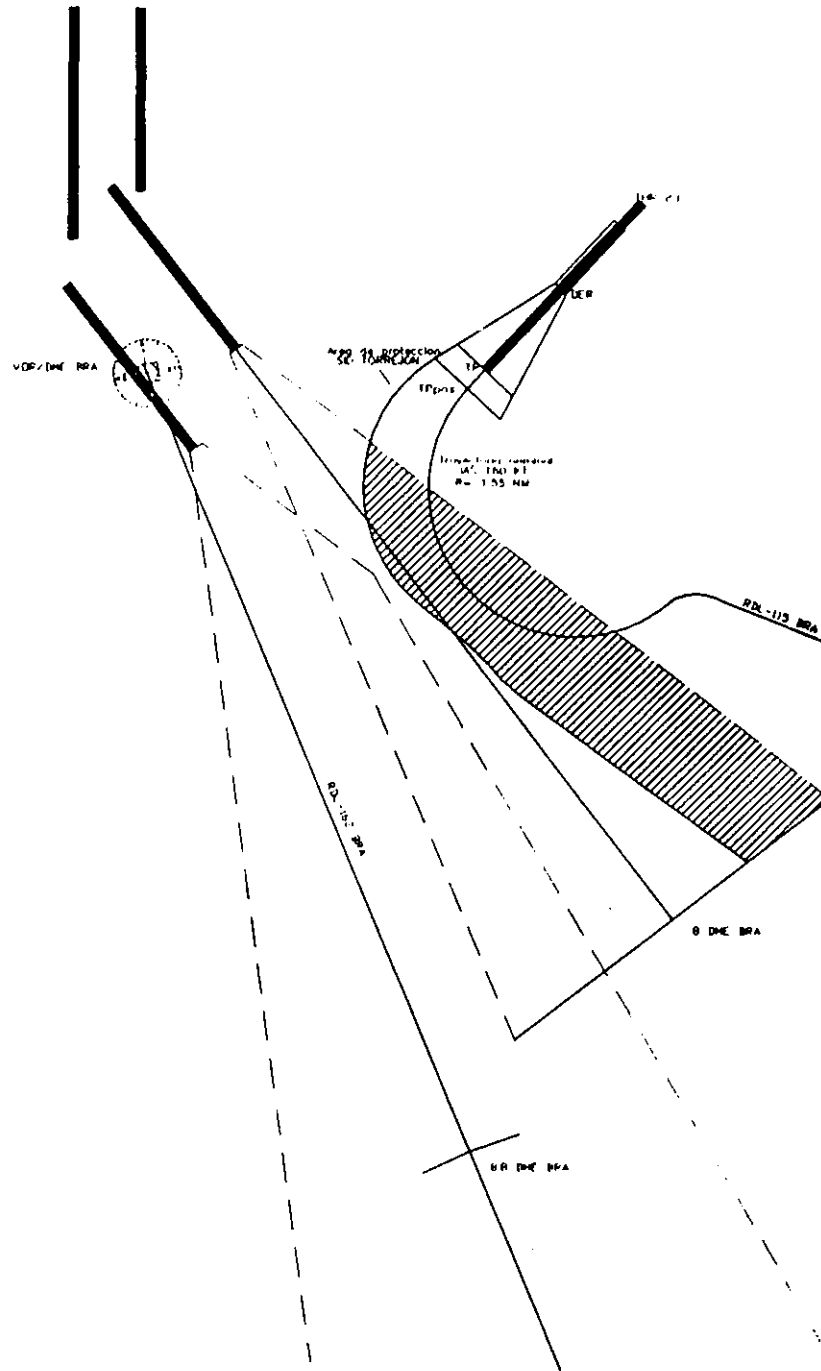


LOS RUMBOS Y RADIALES SON MAGNÉTICOS  
 ALTITUDES Y ELEVACIONES, EN PIES  
 DISTANCIAS, EN MILLAS NAÚTICAS

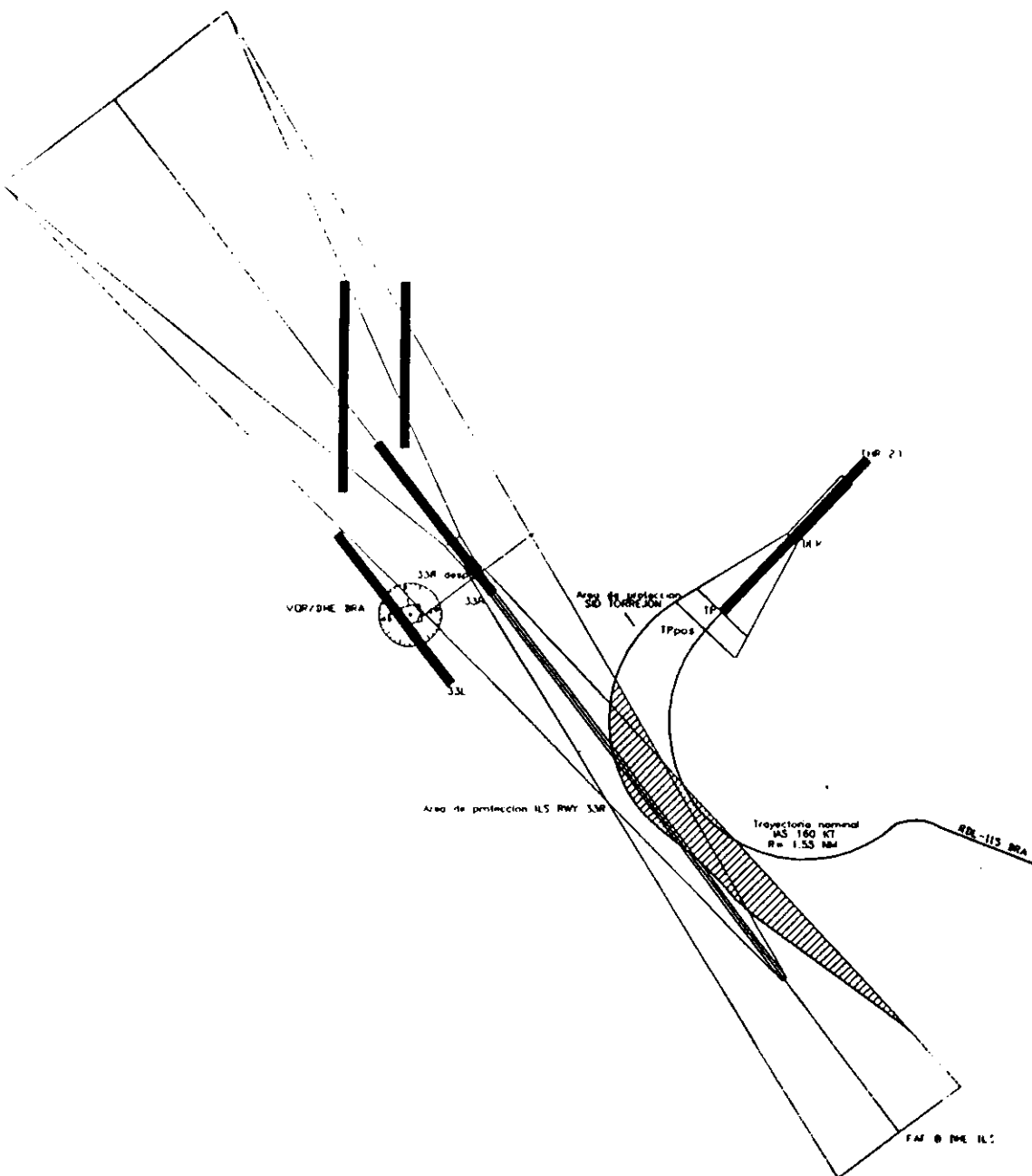
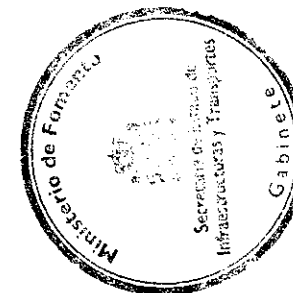


16-Abril-98

# COMPATIBILIDAD SID RWY 15R/L BARAJAS + SID RWY 23 TORREJON

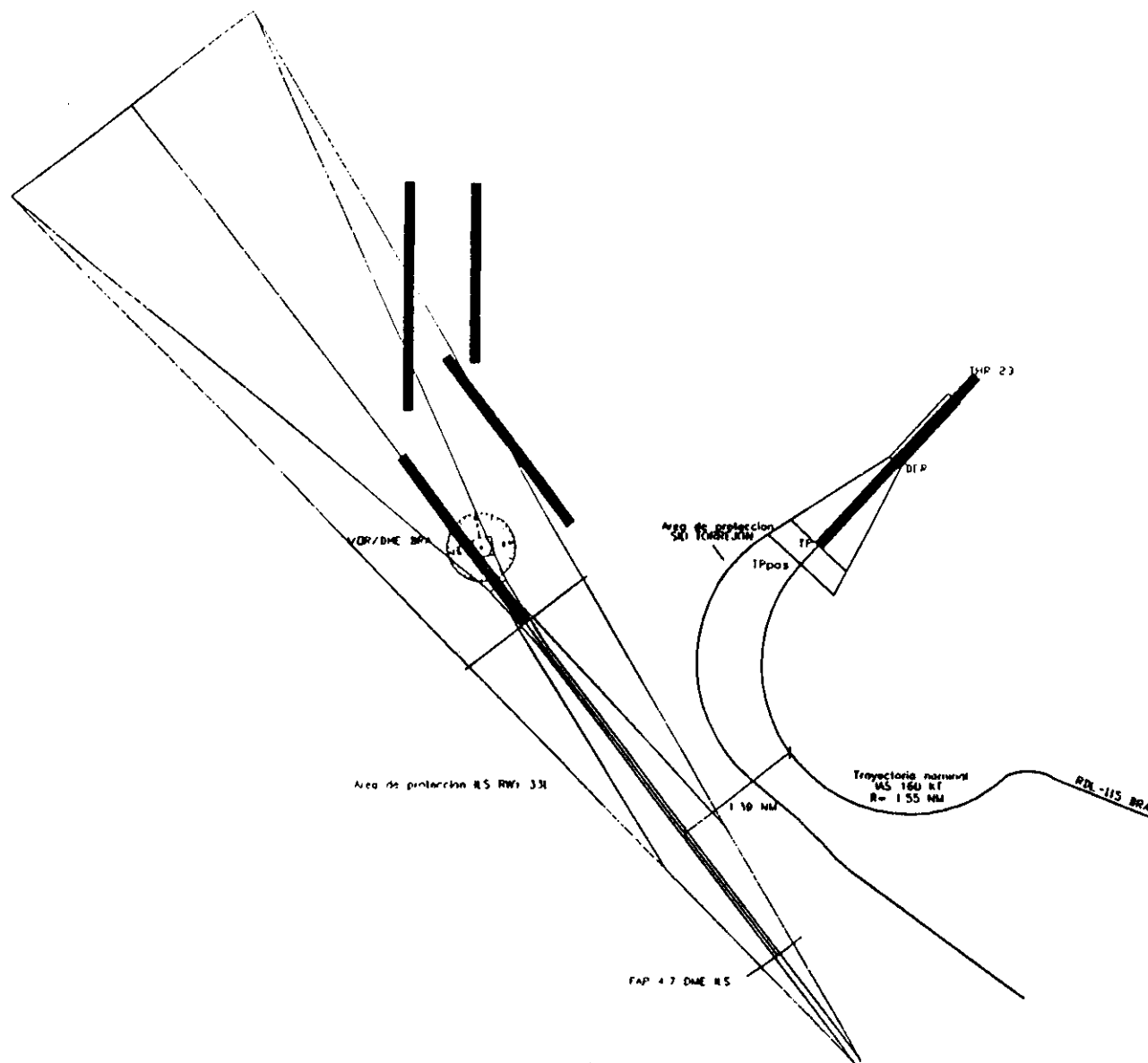


# INTERFERENCIA CALIDA TORREJON--APROXIMACIONES 33R BARAJAS

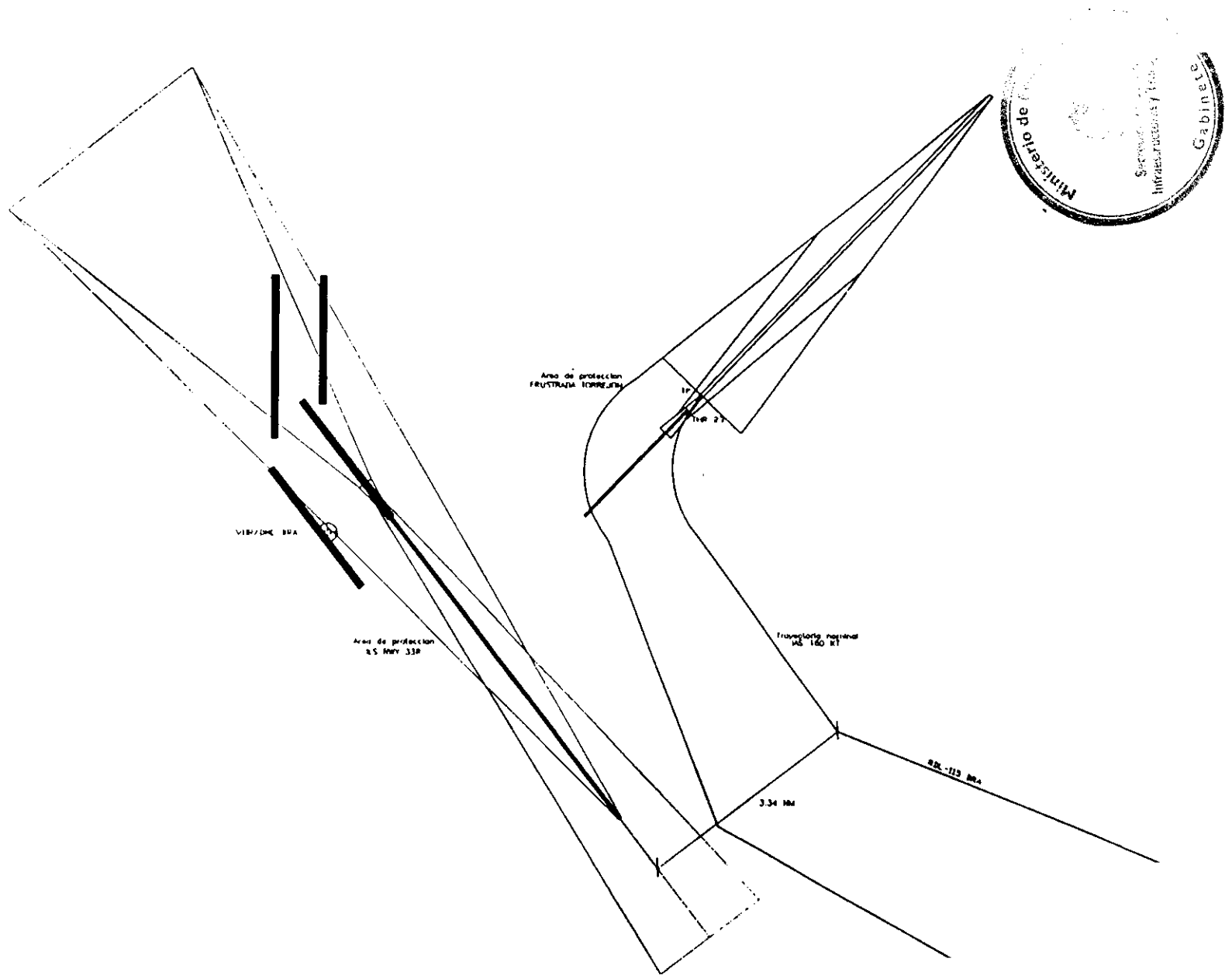




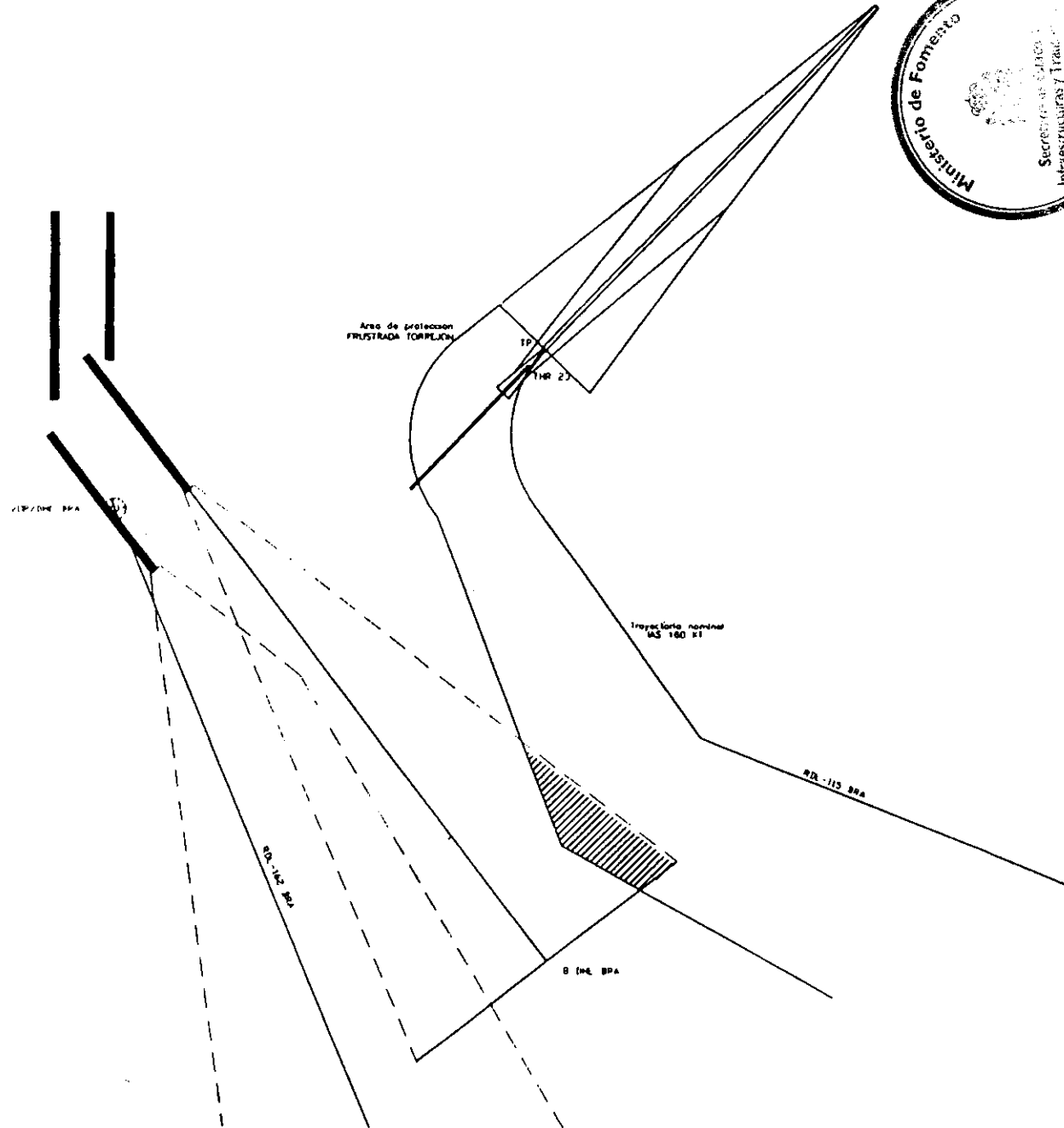
# INTERFERENCIA SALIDAS TORREJON-APROXIMACIONES 33L BARAJAS

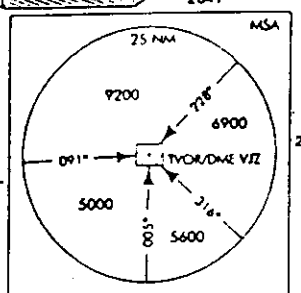
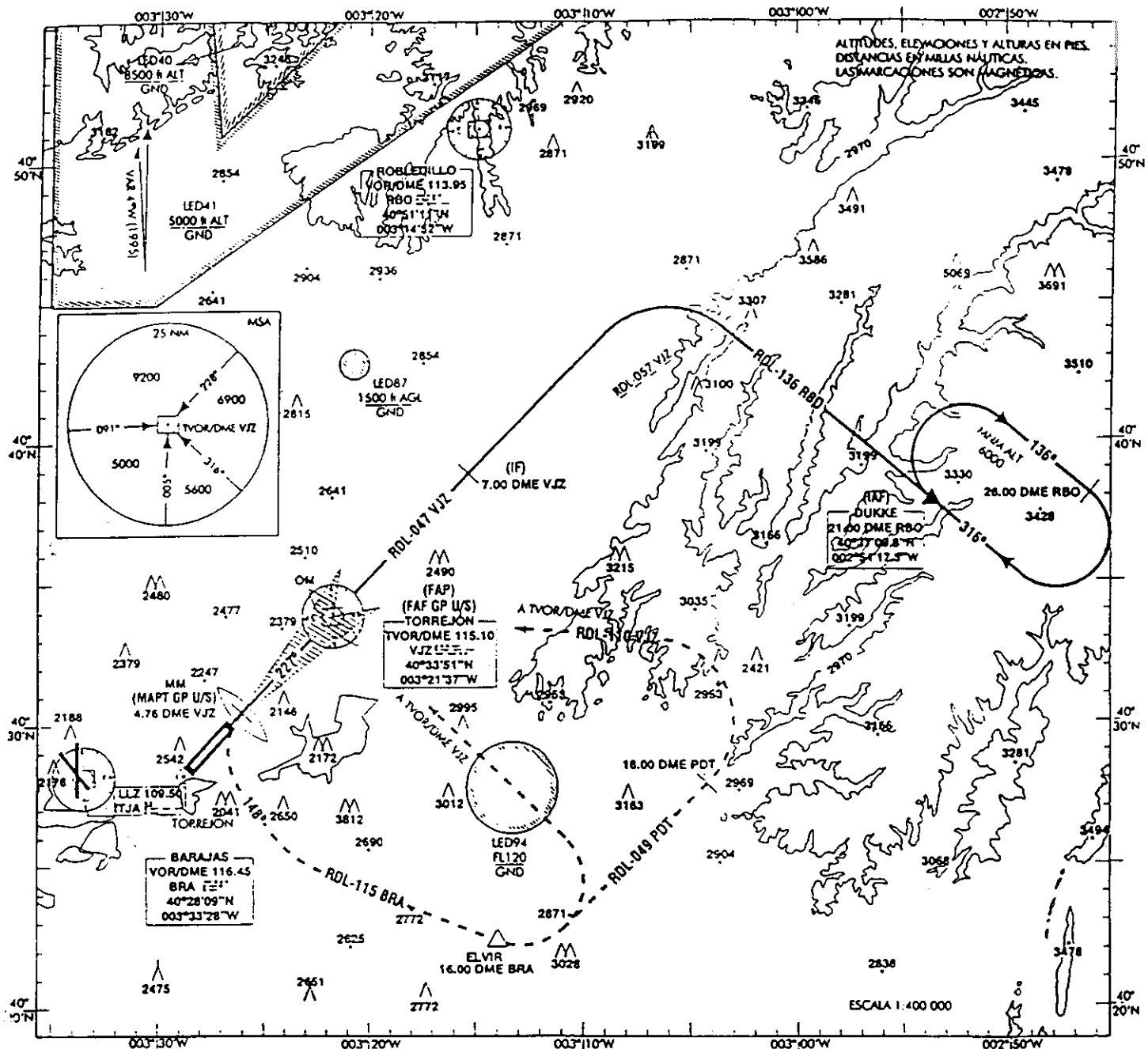


# INTERFERENCIA MANIOBRA FRUSTRADA ILS RWY 23 TORREJON- ILS RWY 33R BARAJAS



CONTRATIBILIDAD IP Rwy 232 TORREJON MANIFIESTA FRUSTRADA ILS Rwy 23 TORREJON



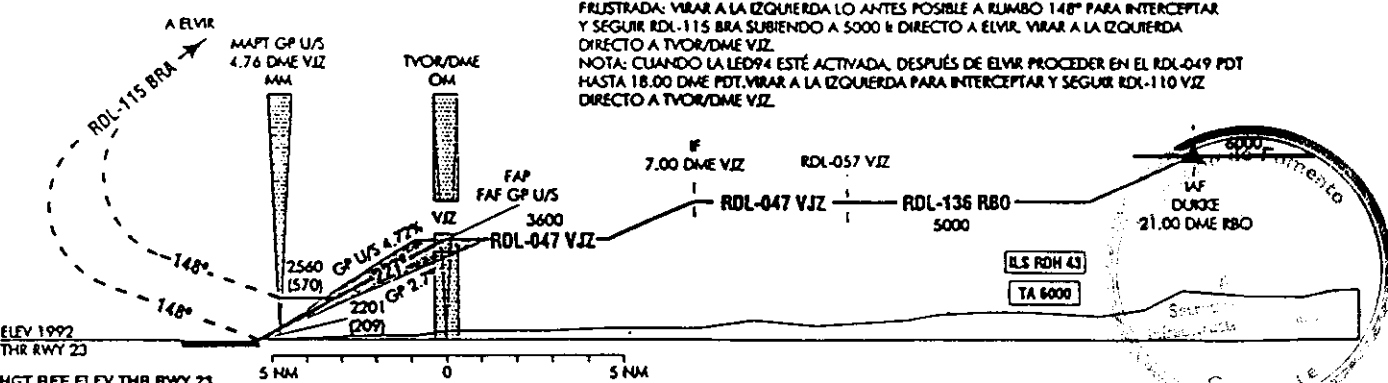


BARAJAS  
VOR/DME 116.45  
BRA 75°  
40°28'09"N  
003°23'28"W

TORREJÓN  
(FAF GP U/S)  
TVOR/DME 115.10  
VJZ 55°  
40°33'51"N  
003°21'37"W

DUKKE  
(IF)  
21.00 DME RBO  
060°08.8°  
002°54'12.3"W

FRUSTRADA: VIRAR A LA IZQUIERDA LO ANTES POSIBLE A RUMBO 148° PARA INTERCEPTAR Y SEGUIR RDL-115 BRA SUBIENDO A 5000 h DIRECTO A ELVIR. VIRAR A LA IZQUIERDA DIRECTO A TVOR/DME VJZ.  
NOTA: CUANDO LA LED94 ESTÉ ACTIVADA, DESPUÉS DE ELVIR PROCEDER EN EL RDL-049 PDT HASTA 18.00 DME PDT. VIRAR A LA IZQUIERDA PARA INTERCEPTAR Y SEGUIR RDL-110 VJZ DIRECTO A TVOR/DME VJZ.



OCAH	A	B	C	D	
STA	CAT 1 2.5%	2542 (550)	2554 (562)	2562 (570)	2573 (581)
	CAT 1 3%	2467 (475)	2479 (487)	2487 (495)	2498 (506)
	GP U/S	2580 (590)			
	En circuito (10) sobre 1994	2580 (590)	2700 (710)	3050 (1060)	3140 (1150)

GS	kt	80	100	120	140	160	180					
FAF-THR: 6.34 NM	mins	4:00	3:12	2:40	2:17	2:00	1:47					
FAF-MAPT: 4.76 NM	mins	3:34	2:51	2:23	2:02	1:47	1:35					
ROD: 4.72 %	ft/min	382	478	574	669	765	860					
ALT/HGT TVOR/DME (VJZ)/FNA GP U/S												
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
										2740 (750)	3030 (1040)	3320 (1330)

CAMBIOS: 1. UNICAT C Y D. COORDENADAS WGS84

CARTA DE SALIDA NORMALIZADA  
VUELO POR INSTRUMENTOS (SID)-OACI

TA 6000

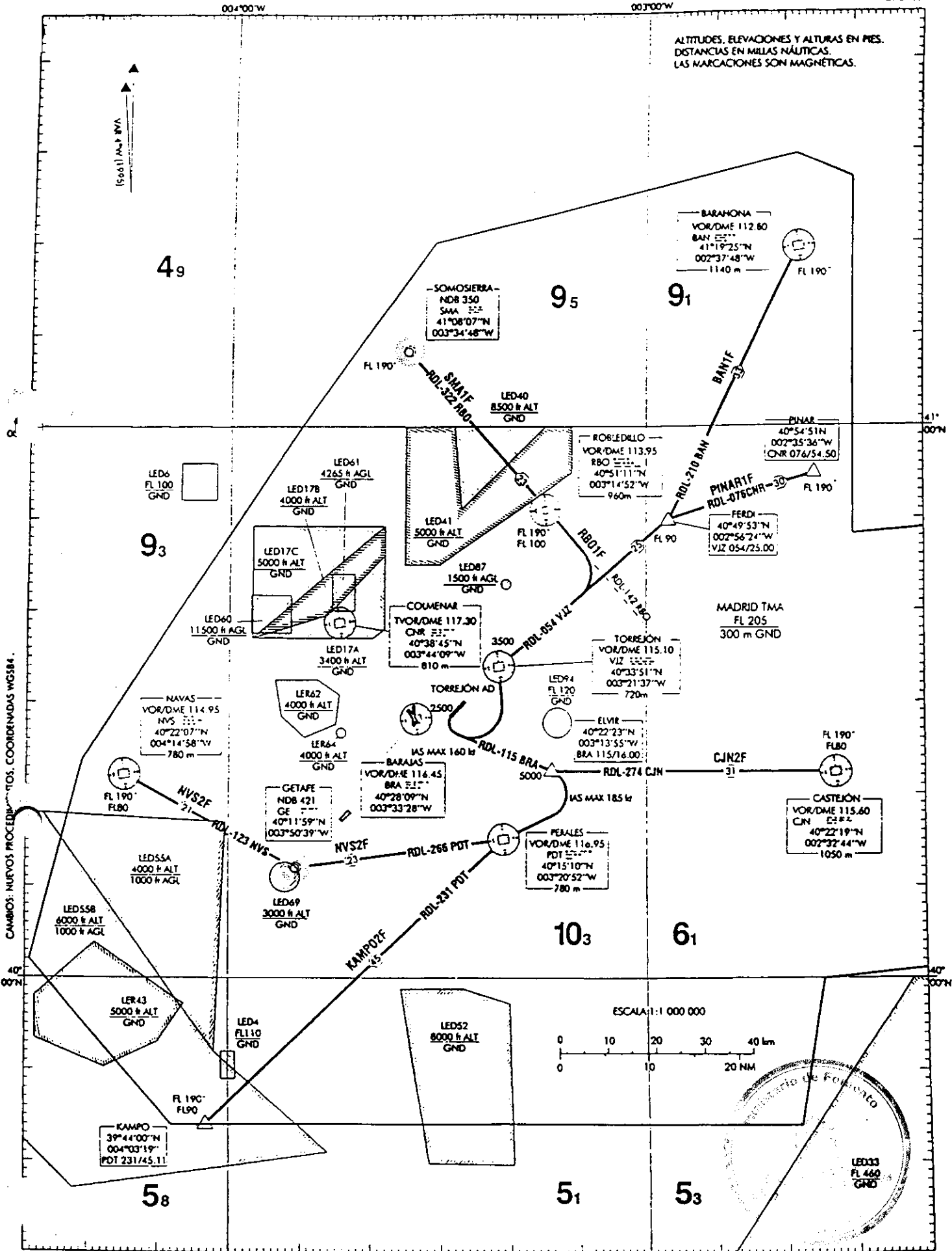
ESTE 118.40  
TWR 122.10

MADRID/TORREJÓN

RWY 23

NVS2F PINAR1F SMA1F  
CJN2F KAMPO2F RBO1F  
BAN1F

ALTITUDES, ELEVACIONES Y ALTURAS EN PIES.  
DISTANCIAS EN MILLAS NAUTICAS.  
LAS MARCACIONES SON MAGNETICAS.



CAMBIOS: NUVOS PROCEDIMIENTOS, COORDENADAS WGS84.

### 7.3.3. ANÁLISIS DETALLADO DEL PROCEDIMIENTO DE APROXIMACIÓN A LA CABECERA 33R

Como ya se exponía en la presentación del apartado anterior, en configuración Norte se presentaban problemas de capacidad del campo de vuelos debido a la falta de independencia entre las llegadas por la cabecera 33R y los despegues por ambas pistas 36.

Además, la cercanía de la pista 15L-33R al río aconsejó la realización de un estudio de las brumas que podrían presentarse. Si bien el resultado de este estudio es que la afección por brumas es mínima desde el punto de vista de la capacidad del campo de vuelos, la búsqueda de la seguridad recomienda la implantación para las aproximaciones por esa pista de un sistema de aproximación instrumental ILS Categoría III. En este apartado se incluye el estudio de la viabilidad de la instalación de ese sistema en la pista propuesta.

#### 7.3.3.1. Aproximación Instrumental ILS CAT III

En este apartado se presentan los resultados de la evaluación del posible procedimiento de aproximación instrumental ILS de CAT III a la pista 33R de Madrid-Barajas, de cara a garantizar la correcta operación y la seguridad en caso de presencia de brumas en esa zona.

Según se indica en el documento 8168 "Operación de Aeronaves" PANS-OPS, para promulgar un procedimiento de Categoría III es necesario que se presenten simultáneamente las condiciones siguientes:

- que la OCH de CAT II sea inferior a 200 ft
- que las superficies de Aproximación interna, Transición interna y Aterrizaje interrumpido no estén vulneradas por obstáculo alguno.

#### i Determinación de la OCH de CAT II

Para obtener el valor de OCA/H de CAT II se utilizó el programa informático "Modelo del Riesgo de Colisión (CRM)" de la OACI. Los resultados obtenidos para cada categoría de aeronave utilizando director de vuelo son los siguientes:



Tabla 7.11.- OCA/H según categoría de aeronave

Categoría Aeronave	OCA/OCH (m)	Riesgo	Obstáculo restrictivo
A	585/15	$9.1 \times 10^{-8}$	Plano del terreno
B	589/19	$6.0 \times 10^{-8}$	Plano del terreno
C	593/23	$6.7 \times 10^{-8}$	Plano del terreno
D	597/27	$4.9 \times 10^{-8}$	Plano del terreno

Fuente: Elaboración propia

ii Valores OCA/H

Además de utilizar el CRM se han dibujado las superficies OAS para esta operación. No existen obstáculos que vulneren estas superficies por lo que el valor de la OCH es el margen de pérdida de altura indicado en el doc 8168 que, lógicamente, es el mismo que el indicado en la tabla anterior.

iii Superficies Aproximación Interna, Transición Interna y Aterrizaje interrumpido

No existen obstáculos que vulneren estas superficies.

Como las dos condiciones impuestas para promulgar la categoría III en una pista se satisfacen, podría decirse que es viable la operación ILS Cat III en la pista 33 R.

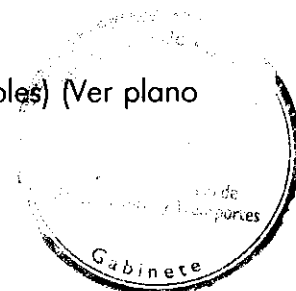
Hasta aquí se ha evaluado el tramo de precisión, dando por resultado la viabilidad de la operación. Sin embargo el análisis no estará terminado hasta que no se haya diseñado la maniobra de aproximación frustrada.

Existen dos posibilidades de diseñar la frustrada: Recta y con Viraje.

La frustrada recta (ver plano 1 al final de este apartado) podría realizarse de forma compatible con los mínimos de CAT III obtenidos, pero como puede verse en el plano citado, las áreas de protección de la maniobra se superponen con la ubicación de las pistas 18R/36L actual y 18L/36R futura, lo que significa que un procedimiento de aproximación a la pista 33R no sería independiente respecto de las salidas por las pistas citadas.

En el caso de elegir un procedimiento de frustrada con viraje hacia la derecha se han estudiado tres posibilidades distintas:

- SOC sobre la pista (Mínimos de operación más bajos posibles) (Ver plano 2 al final de este apartado)
- OCH a 200 ft (Ver plano 3 al final de este apartado)



- OCH en 460 ft. (Ver plano 4 al final de este apartado)

Para todas ellas se ha considerado

- Elevación Umbral 33R: en torno a 574 metros
- Pendiente de ascenso en frustrada: 2,5 %.
- Altura de viraje: 120 metros sobre el umbral.
- Viraje en un punto designado.
- Velocidad de viraje: Se han analizado con velocidad de frustrada final y frustrada intermedia.
- Obstáculo restrictivo: Elevación monte Paracuellos (700 m) + radar (40 m).
- MOC: 50 metros.

En los dos primeros casos las áreas de protección se solaparían con las pistas 18/36 actual y futura lo que haría que tampoco fuesen independientes las llegadas a la 33R con las salidas por las cabeceras 36.

Para evitar que las áreas de protección del viraje se superpongan con las pistas (18/36) del Norte se estudió la posibilidad de adelantar (elevando la OCH) el punto de frustrada y utilizar velocidad de viraje restringida a la de frustrada intermedia, lo que dio por resultado que habría que fijar los mínimos en aproximadamente 460 ft (OCH), lo que supondría que éstos no serían operativos.

La frustrada con viraje a la izquierda sobrevolaría el campo y no mejoraría la situación anterior.





Tabla 7.12.- Dependencia de la aproximación 33R con las salidas 36R y 36L

<i>Frustrada</i>	<i>OCH</i>	<i>Dependencia Con 18/36</i>	<i>Observaciones</i>
Recta	HL	Si	De los tres procedimientos que harían dependientes las salidas, este es el que lo haría en menor medida. La frustrada ocasionará problemas de ruido en la zona de S.S. de los Reyes, La Moraleja, etc.
	HL	Si	
Viraje en un punto fijo	200 ft.	Si	
	> 460 ft.	No	Con estos mínimos el procedimiento no sería operativo.

Fuente: Elaboración propia

### 7.3.3.2. Viabilidad de la operación categoría III en la pista 33R

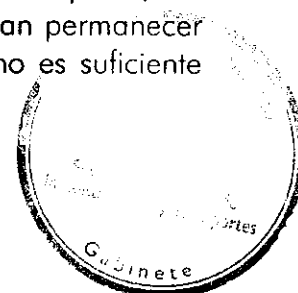
Esta parte del estudio pretendía evaluar la incidencia de la orografía y de los edificios existentes en la zona sobre la operación categoría III en la pista 33R del Aeropuerto de Madrid-Barajas. Esta evaluación se realiza analizando la calidad de la señal ILS, que podría verse afectada por la reflexión de las ondas en los edificios, de estructura metálica en su mayoría, del área industrial de La Muñeza.

Las conclusiones de este estudio, que se adjunta como Anexo 13, se exponen a continuación.

### 7.3.3.3. Conclusiones

Las conclusiones a la que se ha llegado después de realizar las distintas actividades expuestas en este apartado, y ampliadas en el Anexo 13, son las siguientes:

- Desde el punto de vista de la calidad de la señal ILS en el espacio, los Hangares de mantenimiento de Iberia en la Muñeza podrían permanecer en su situación pues su incidencia sobre la citada señal no es suficiente para que esta estuviese fuera de límites.



- De igual forma ocurre con los edificios de Catering de Entursa; aunque su incidencia sobre la señal ILS no es suficiente para sacarla fuera de límites, sería aconsejable que se retirasen de ese emplazamiento.
- Aunque un sistema Localizador de 14 elementos podría ser suficiente según se desprende de la simulación, sería aconsejable instalar uno de mayor apertura, por ejemplo de 24 elementos.
- La senda de descenso a instalar debería ser del tipo "Bifrecuencia".
- Los obstáculos existentes en la zona permitirían promulgar unos mínimos adecuados para CAT III.
- La utilización de los mínimos anteriores harían que la aproximación a la pista 33 R fuese dependiente con las salidas por las pistas 36L (actual) y 36R (futura). El nivel de dependencia menor se alcanzaría si se optase por realizar una frustrada recta, aunque ésta presentaría mayores problemas de ruido.
- Si se quisiese operar de forma independiente la aproximación a la 33R con las salidas por las pistas 36, se deberían elevar los mínimos hasta unas alturas que no serían operativas para una CAT III.



#### 7.3.4. DESARROLLO DE ALTERNATIVAS DE RUTAS DE MÍNIMA AFECCIÓN AMBIENTAL

La inauguración de la nueva pista 18R-36L del aeropuerto de Madrid Barajas provocó quejas por causa del ruido en diferentes municipios ubicados al norte del aeropuerto, en particular del de La Granjilla y alrededores.

Estas quejas venían provocadas por la rutas de salida NVS1E/MONTO1E y NVS1U/MONTO1U que comienzan su viraje en 5,3 DME BRA. Debido a estas reclamaciones, se llegó a barajar el hecho de posibles restricciones operativas en dichas rutas.

Es por ello que se hizo necesario realizar el análisis de la existencia o no de salidas independientes tanto en configuración norte como sur que provocasen impactos ambientales asumibles y que, como mínimo, mantuviesen la capacidad del sistema.

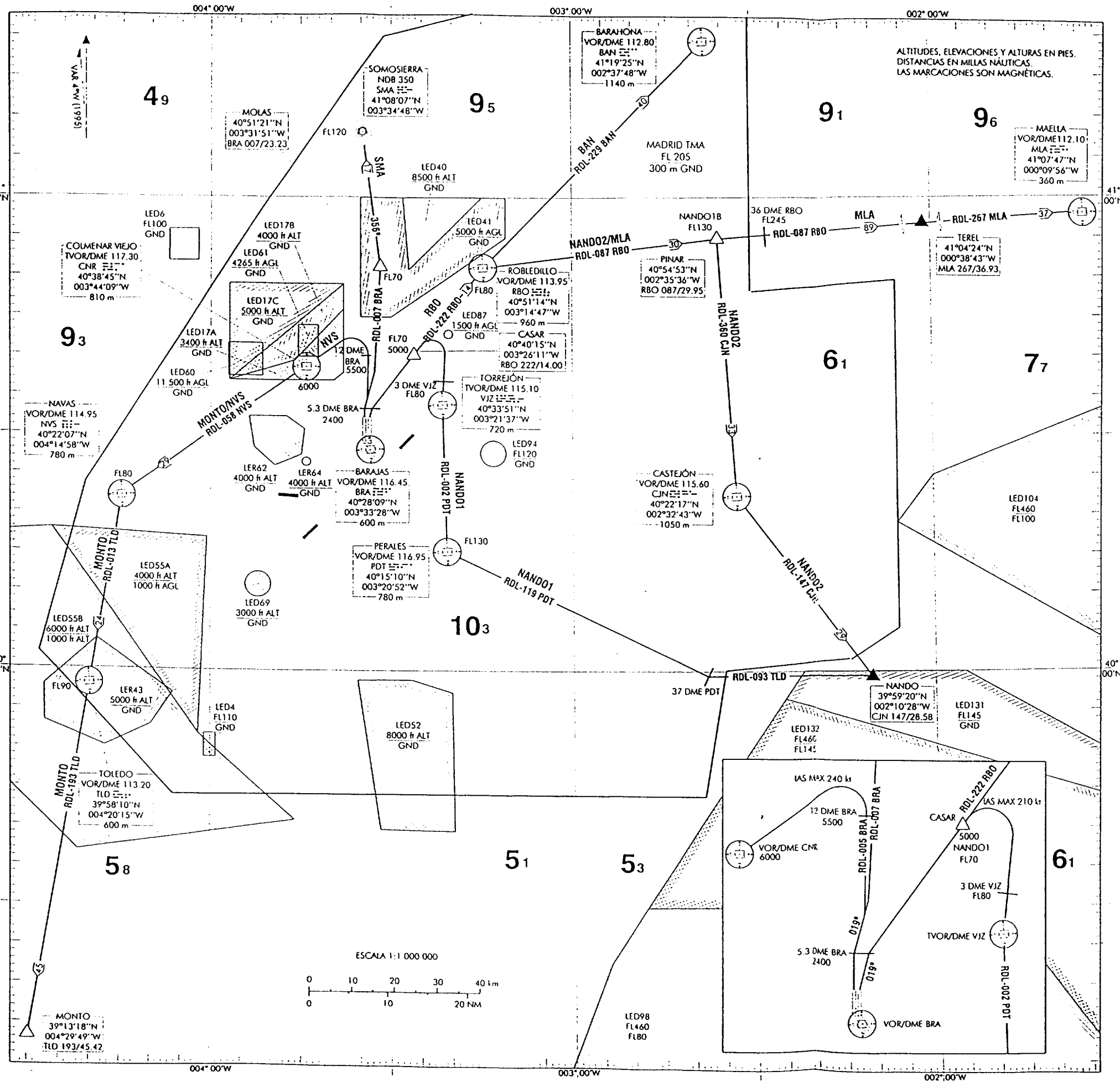
Las rutas definidas para su análisis fueron las incluidas en las páginas siguientes. En total se definieron dos propuestas en configuración Norte y dos en configuración Sur. Además, en configuración Sur se plantearon dos alternativas más.

- La primera se basa en la circular SOIR de OACI sobre operación en pistas paralelas que describe este tipo de operación como práctica habitual en ciertos aeropuertos canadienses y norteamericanos, pero no es conforme al documento 8168 de OACI ni al Reglamento de la Circulación Aérea, debiendo ser validadas experimentalmente, además de modificarse la reglamentación actualmente en vigor.
- La segunda opción trata de mantener la actual salida por la pista 15R-33L, lo que plantearía la realización de maniobras no acordes a la normativa en vigor, proponiéndose su estudio en fases posteriores.

Se mantiene la estrategia de segregación en tierra de las aeronaves.



PROPUESTA 1  
 Salidas independientes Pistas 36R/L



SID RWY36R: "Subir en rumbo magnético 019° directo a cruzar 5.3 DME BRA a 2400ft o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-222 RBO directo a CASAR..."

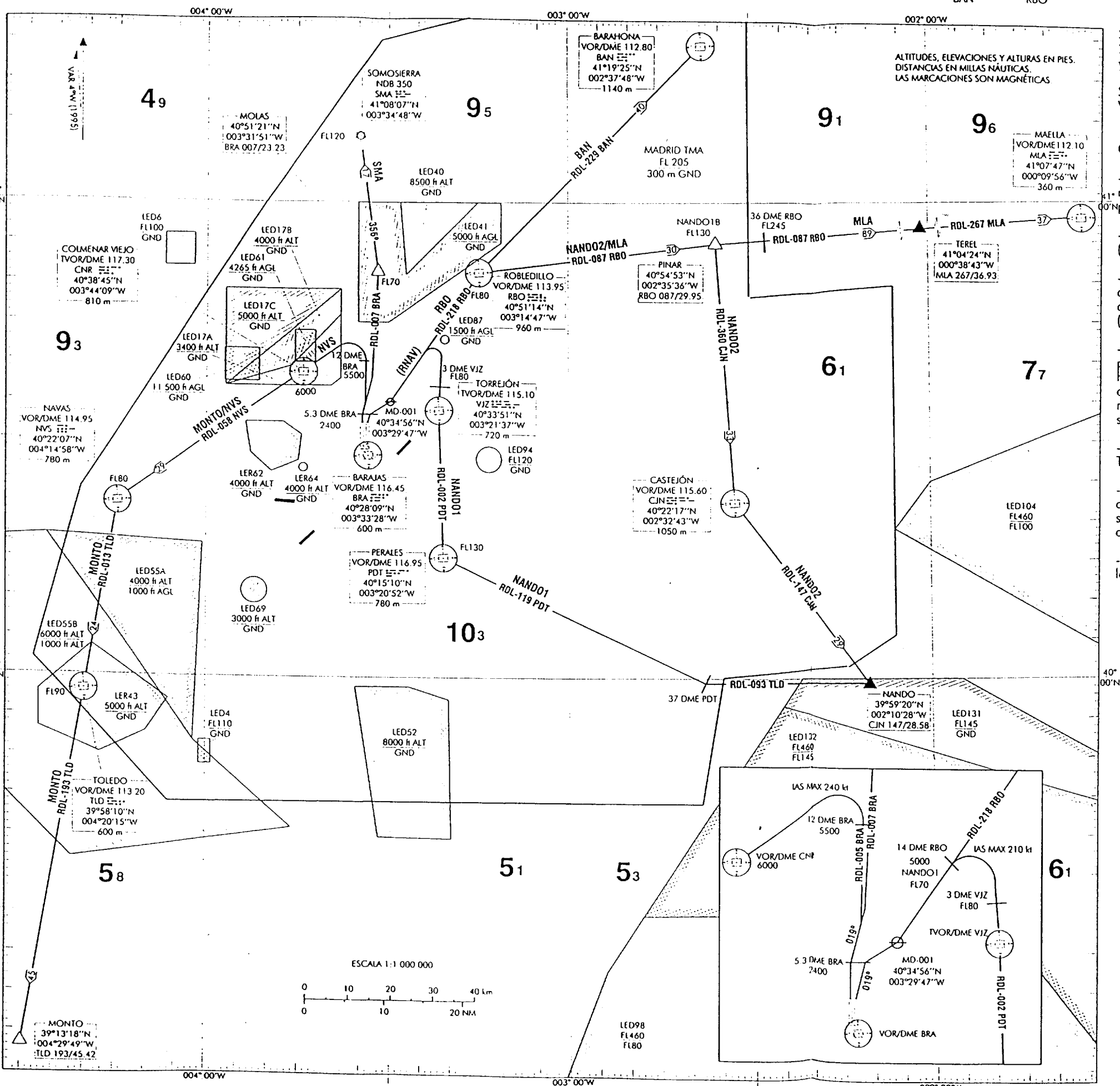
SID RWY36L: "Subir en rumbo de pista directo a cruzar 5.3 DME BRA a 2400ft o superior. Virar a la derecha para seguir rumbo magnético 019° para interceptar y seguir RDL..."

COMENTARIOS:

- Se ha establecido como principio de trabajo para el desarrollo de esta propuesta la necesidad de mantener las salidas de la pista 36L hacia el Norte y al Oeste las actualmente publicadas en AIP-España.
- Se debería incorporar la misma nota que aparece en las salidas actuales de la pista 15 (subir en ruta magnética 019° significa:...)
- Garantizar la independencia de las trayectorias supone establecer una divergencia de 15° que implica necesariamente el sobrevuelo de Belvis. Más de 15° implica salida con viraje lo que no podría producirse antes de alcanzar una altura de 120m sobre el extremo de pista (DER), que no cumple con el criterio que define las salidas independientes.
- La utilización del radial 222 de Robledillo podría producir problemas de ruido en la zona de Algete o Cobeña, además de ser incompatible con el actual espacio aéreo delegado a Torrejón APP.
- Todas las salidas son convencionales y están basadas en las actuales radioayudas, por lo que las salidas hacia el Este siempre deberán usar radiales del VOR/DME de Robledillo que producirán problemas de ruido en las zonas mencionadas.
- Se ajustan a lo actualmente estipulado en el Doc 8168 de OACI y en el Reglamento de la Circulación Aérea.



PROPUESTA 2  
 Salidas independientes Pistas 36R/L

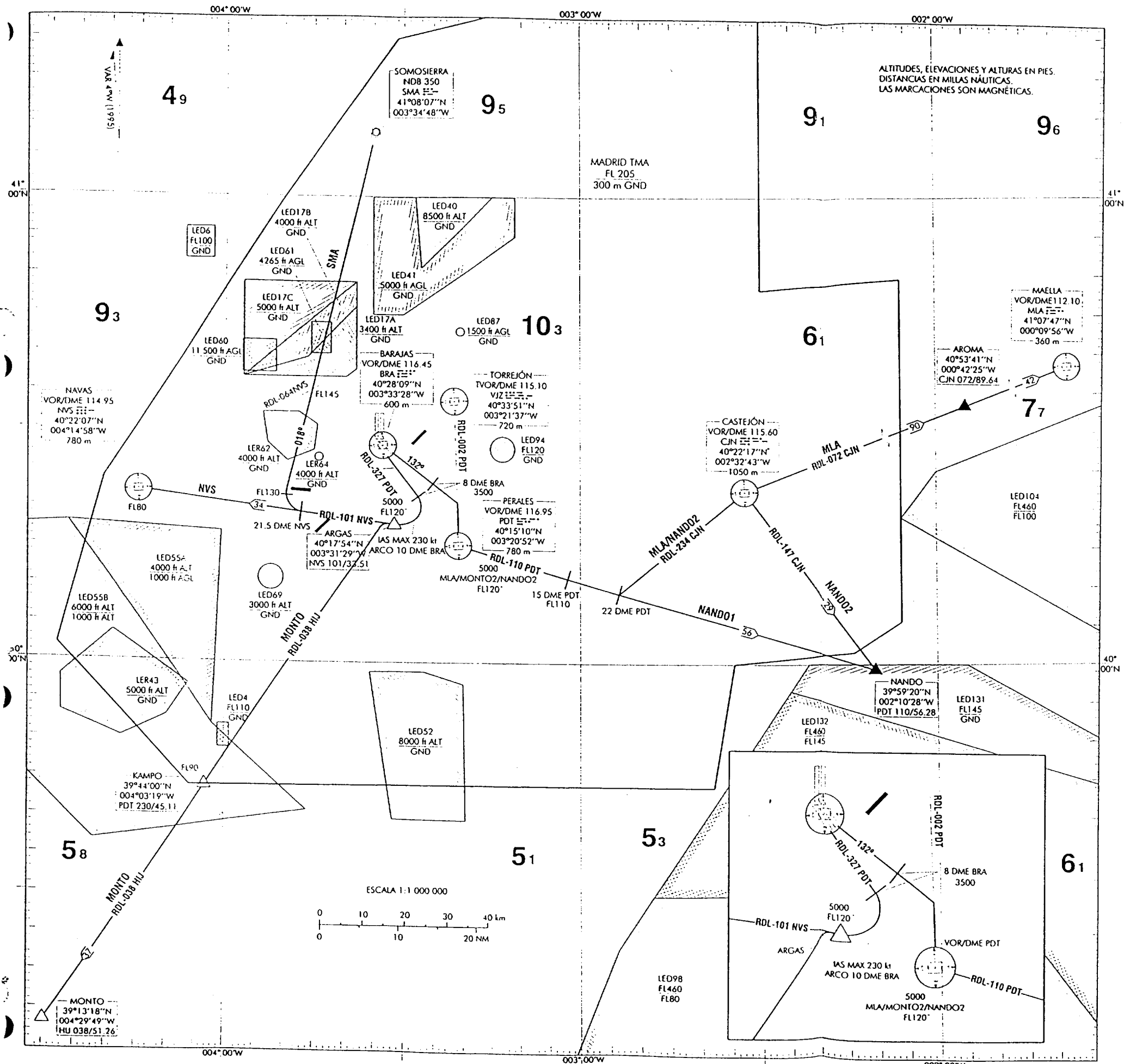


SID RWY36L: "Subir en rumbo de pista directo a cruzar 5.3 DME BRA a 2400ft o superior. Virar a la derecha para seguir rumbo magnético 019° para interceptar y seguir RDL..."

COMENTARIOS:

- Se ha establecido como principio de trabajo para el desarrollo de esta propuesta la necesidad de mantener las salidas de la pista 36L hacia el Norte y el Oeste actualmente publicadas en AIP-España.
- Se debería incorporar la misma nota que aparece en las salidas actuales de la pista 15 (subir en ruta magnética 019° significa...)
- Garantizar la independencia de las trayectorias supone establecer una divergencia de 15° que implica necesariamente el sobrevuelo de Belvis. Más de 15° implica salida con viraje, lo que no podría producirse antes de alcanzar una altura de 120m sobre el extremo de pista (DER), que no cumpliría con el criterio que define las salidas independientes.
- Se propone una salida RNAV para intentar solucionar el posible problema de ruido que se produciría en la propuesta anterior en Algete. En este caso las trayectorias de las salidas hacia el Este pasan por el punto MD-001 situado aproximadamente entre las poblaciones de Algete y Cobeña. Si esta salida no fuera totalmente satisfactoria desde el punto de vista medioambiental, se podría modificar su trayectoria, puesto que al tratarse de salidas RNAV se tiene una mayor flexibilidad en su diseño que si se trataran de salidas convencionales.
- Las salidas hacia el Este son incompatibles con el actual espacio aéreo delegado a Torrejón APP.
- Al tratarse de salidas RNAV todas las aeronaves deberían estar equipadas adecuadamente (equipo RNAV de precisión). Si no dispusieran todas del equipo adecuado sería necesario publicar además una alternativa convencional, con el problema de ruido que conllevaría.
- Se ajustan a lo actualmente estipulado en el Doc 8168 de OACI y en el Reglamento de la Circulación Aérea.

Salidas independientes Pistas 15R/L

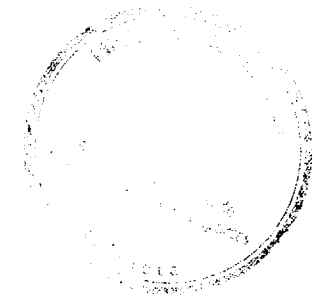


SID RWY15R: \*Subir en RDL-327 PDT directo a cruzar 8 DME BRA a 3500ft o superior. Virar a la derecha...\*

SID RWY15L: \*Subir en rumbo magnético 132° directo a cruzar 8 DME BRA a 3500ft o superior hasta interceptar y seguir RDL-002 PDT directo a VOR/DME PDT...\*

COMENTARIOS:

- No se mantiene la actual salida de la pista 15.
- Se debería incorporar la misma nota que aparece en las salidas actuales de la pista 15 (subir en ruta magnética 132° significa:...)
- Las salidas de la pista 15R siguen el radial 327 de Perales (coincidente con el rumbo de pista), por lo que podría producir problemas de ruido en la zona de Coslada y Mejorada
- Se ajustan a lo actualmente estipulado en el Doc 8168 de OACI y en el Reglamento de la Circulación Aérea.



SID RWY15R: "Subir en rumbo de pista directo a cruzar 2.4 DME BRA a 2400ft o superior. Seguir rumbo magnético 132° para interceptar y seguir RDL-140 BRA directo a cruzar 8 DME BRA a 3500ft o superior. Virar a la derecha..."

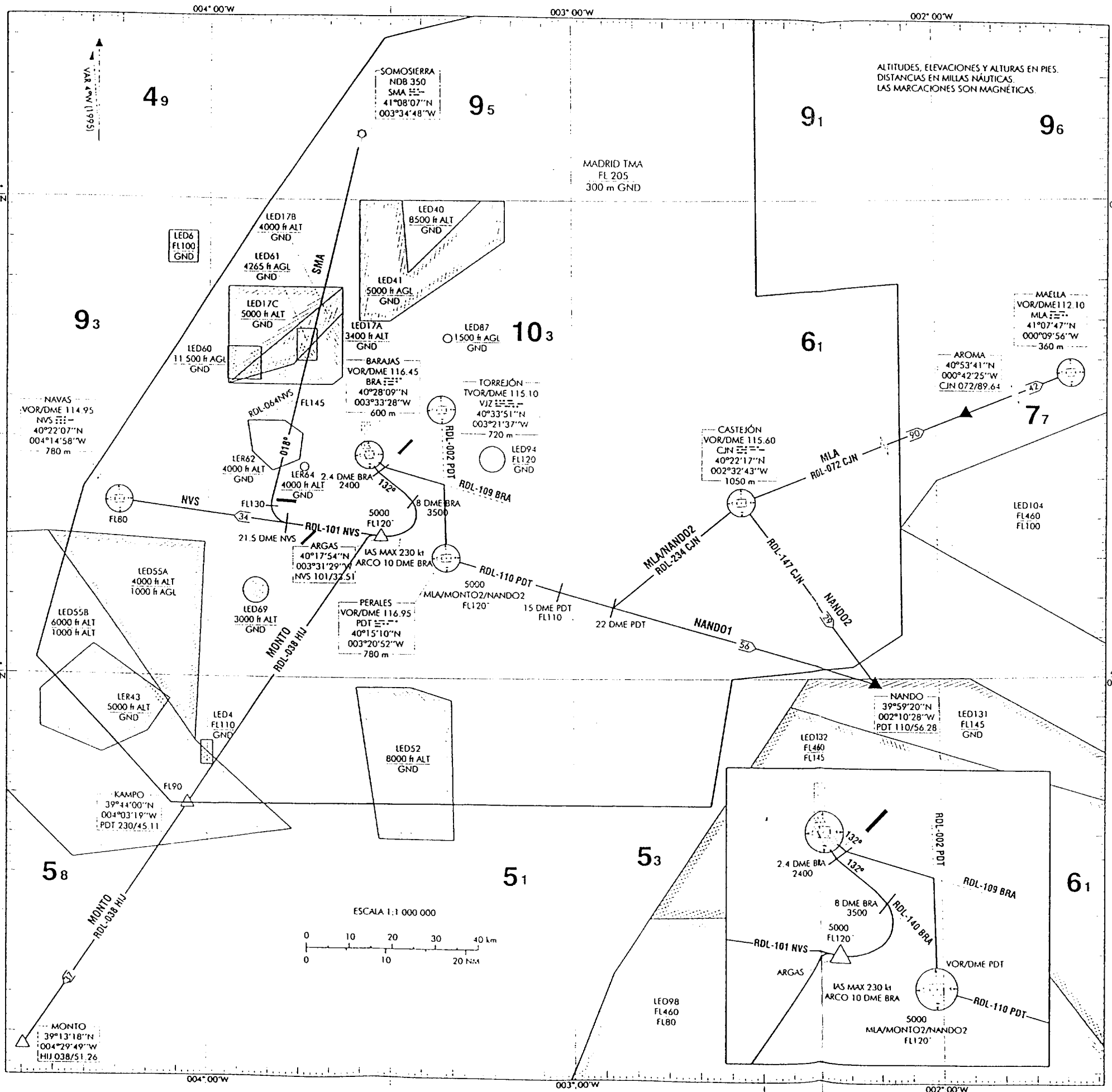
SID RWY15L: "Subir en rumbo magnético 132° directo a cruzar 2.4 DME BRA a 2400ft o superior para interceptar y seguir RDL-109 BRA para interceptar y seguir RDL-002 PDT directo a VOR/DME PDT..."

COMENTARIOS:

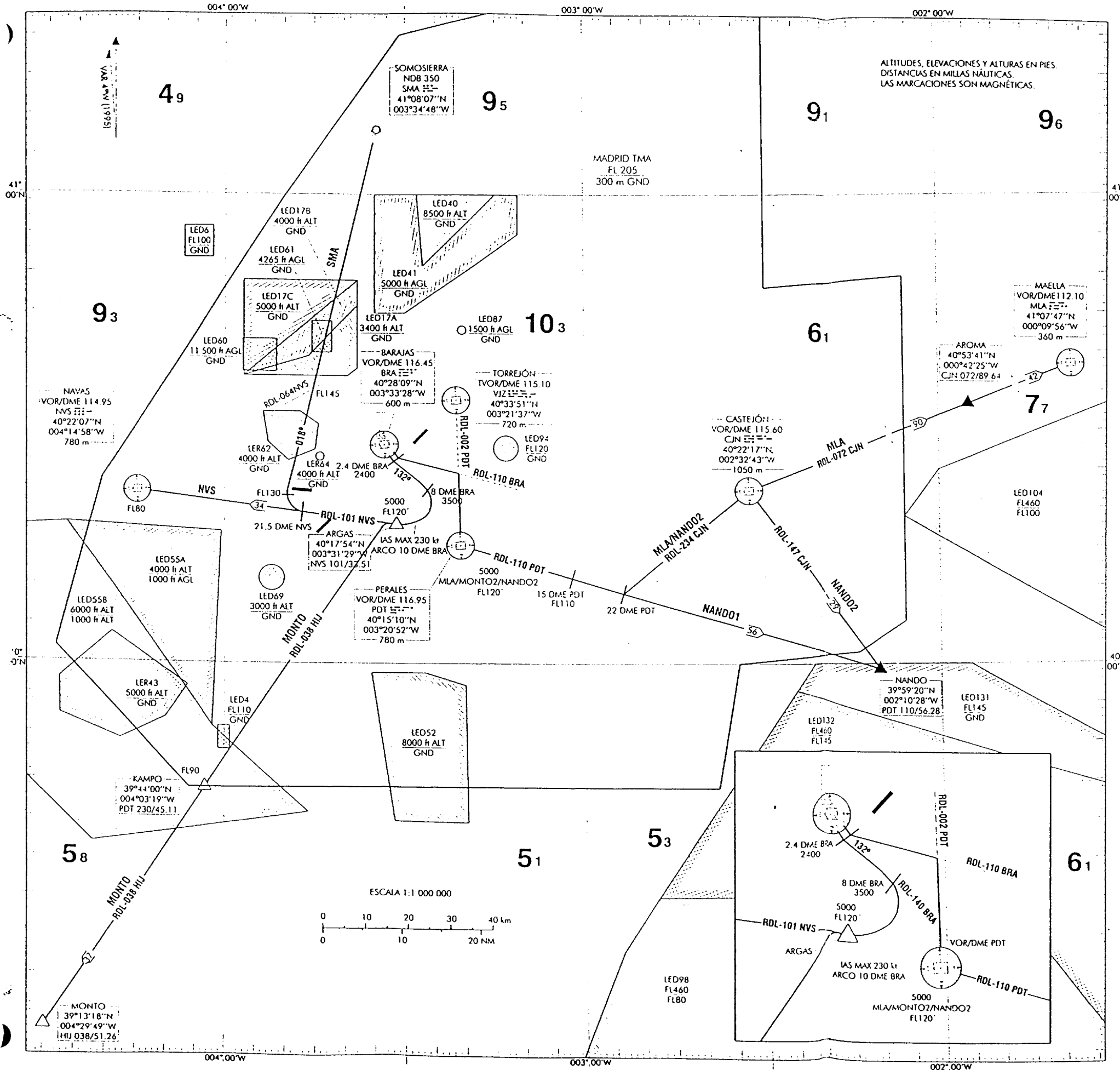
41° - Se debería incorporar la misma nota que aparece en las salidas actuales de la pista 15 (subir en ruta magnética 132° significa...)

- La salida de la pista 15R no es exactamente la actualmente publicada. No afectaría a la zona de Mejorada. Teniendo en cuenta que no se corrige el rumbo hasta los 2400ft, se estaría proponiendo lo que en la realidad se está haciendo actualmente en las salidas de la pista 15 (modificadas por el NOTAM dado) con el consecuente ruido sobre el Barrio de la Estación de Coslada.

- Se ajustan a lo actualmente estipulado en el Doc 8168 de OACI y en el Reglamento de la Circulación Aérea.



CASO PENDIENTE DE ESTUDIO 1  
 Salidas independientes Pistas 15R/L



SID RWY15R: "Subir en rumbo de pista directo a cruzar 2.4 DME BRA a 2400ft o superior. Seguir rumbo magnético 132° para interceptar y seguir RDL-140 BRA directo a cruzar 8 DME BRA a 3500ft o superior. Virar a la derecha..."

SID RWY15L: "Subir en rumbo de pista a 2400ft QNH. Virar a la izquierda para interceptar y seguir RDL-110 BRA directo para interceptar y seguir RDL-002 PDT directo a VOR/DME PDT..."

COMENTARIOS:

41-- La pendiente de ascenso para los despegues de la pista 15L será sensiblemente superior a la que se requeriría para el franqueamiento de los obstáculos, al objeto de satisfacer los requisitos de separación de las trayectorias lo antes posible y para la aplicación correcta del NOTAM

- Es similar a la propuesta 2, excepto que la salida de la pista 15L se hace en rumbo de pista, con las mismas consideraciones en lo referido a impacto ambiental.

- No está de acuerdo al Doc 8168 de OACI ni al Reglamento de la Circulación Aérea. Se basa en prácticas locales (que se aplican en Canadá) que aparecen en la Circular SOIR de OACI. Para su implantación habría que documentar experimentalmente su validez y aplicabilidad además de modificar/ampliar la reglamentación actualmente en vigor.



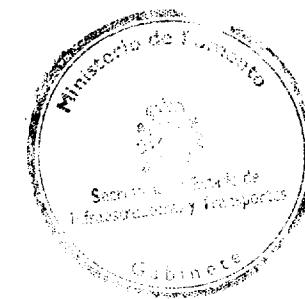
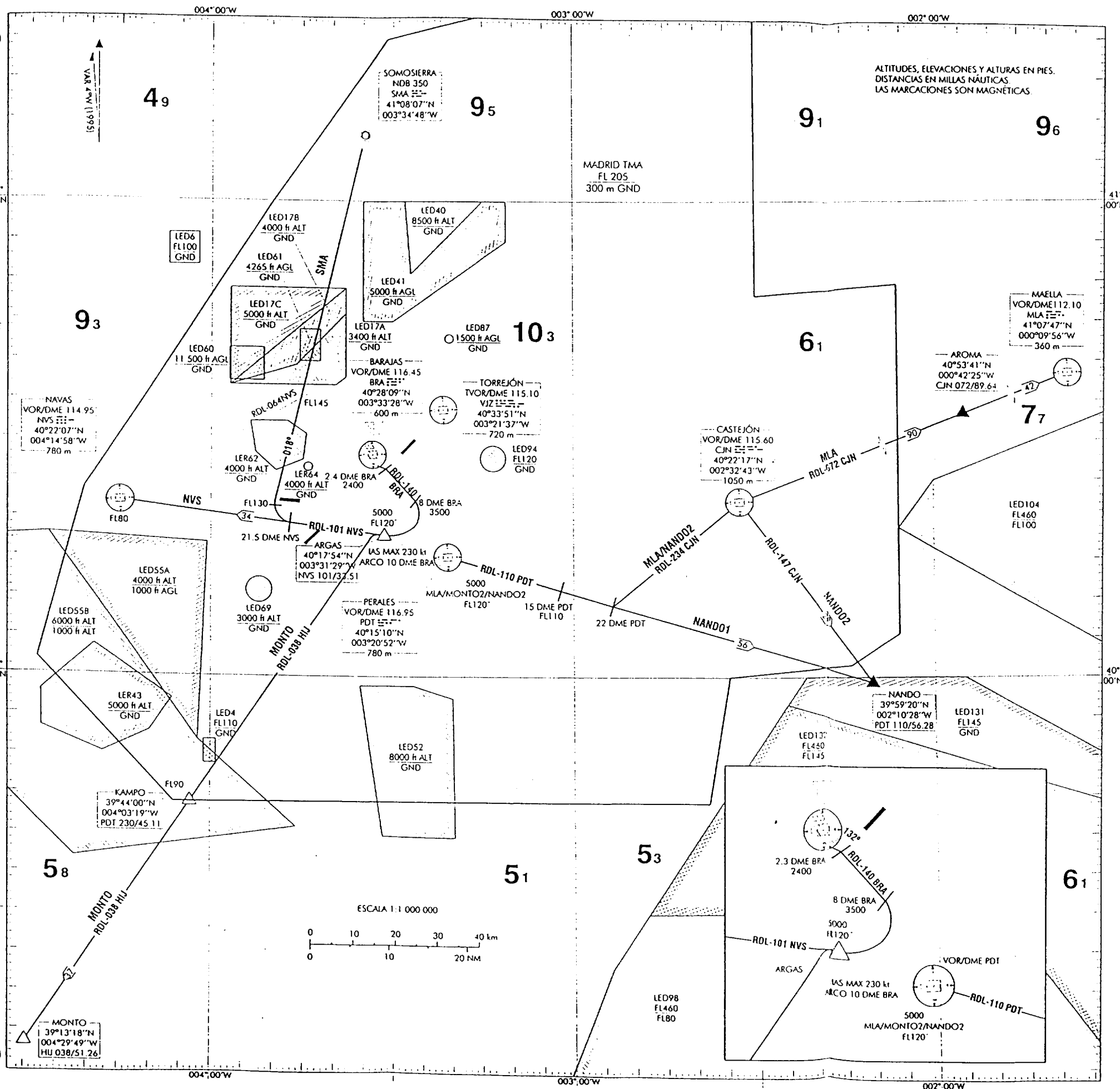
CASO PENDIENTE DE ESTUDIO 2  
 Salidas independientes Pistas 15R/L

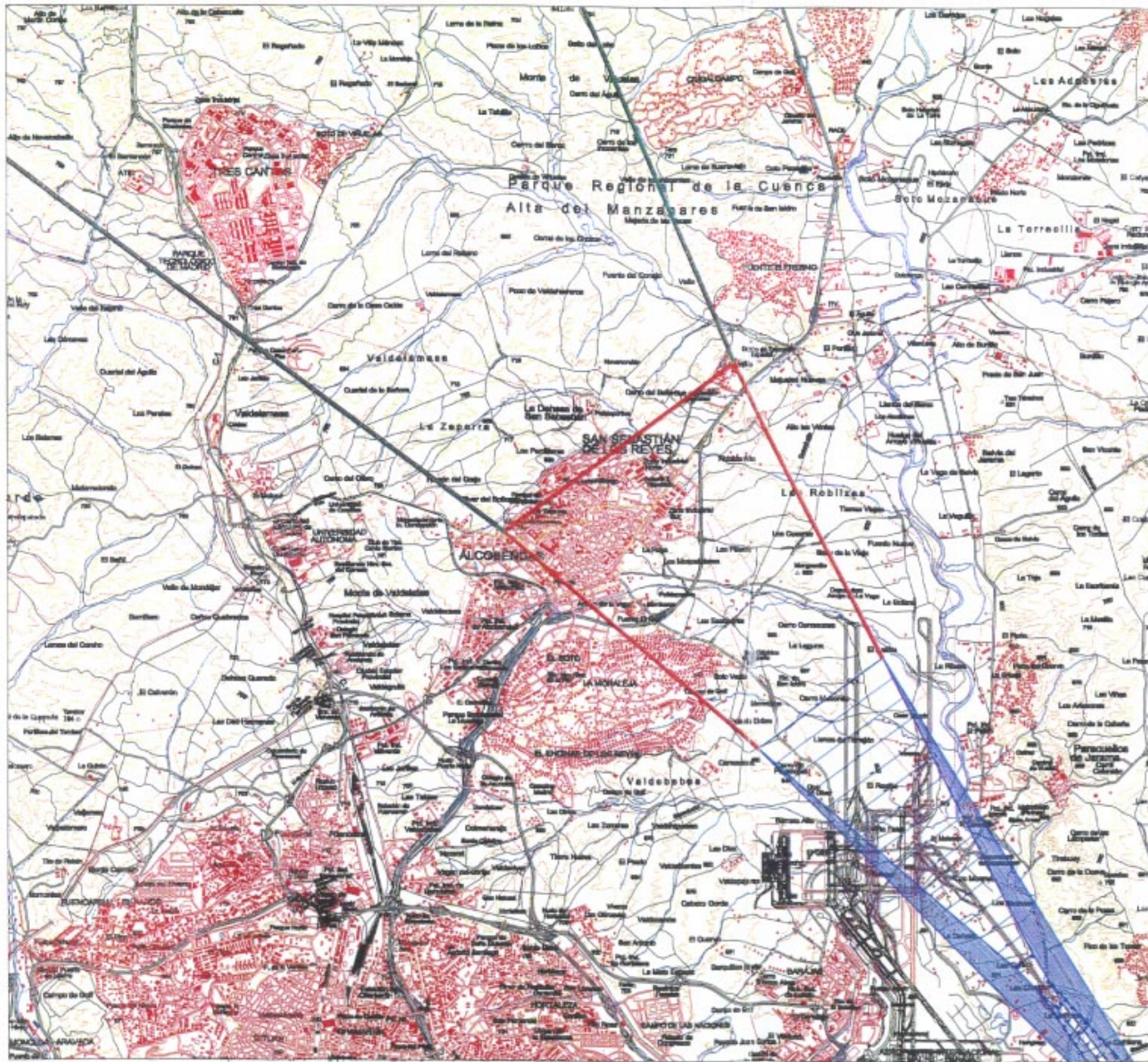
SID RWY15R: "Subir en rumbo magnético 132° directo a cruzar 2.4 DME BRA a 2400ft o superior. Virar a la derecha para seguir RDL-140 BRA directo a cruzar 8 DME BRA o 3500ft o superior. Virar a la derecha..."

SID RWY15L: a estudiar

COMENTARIOS:

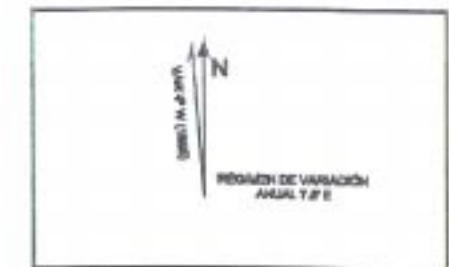
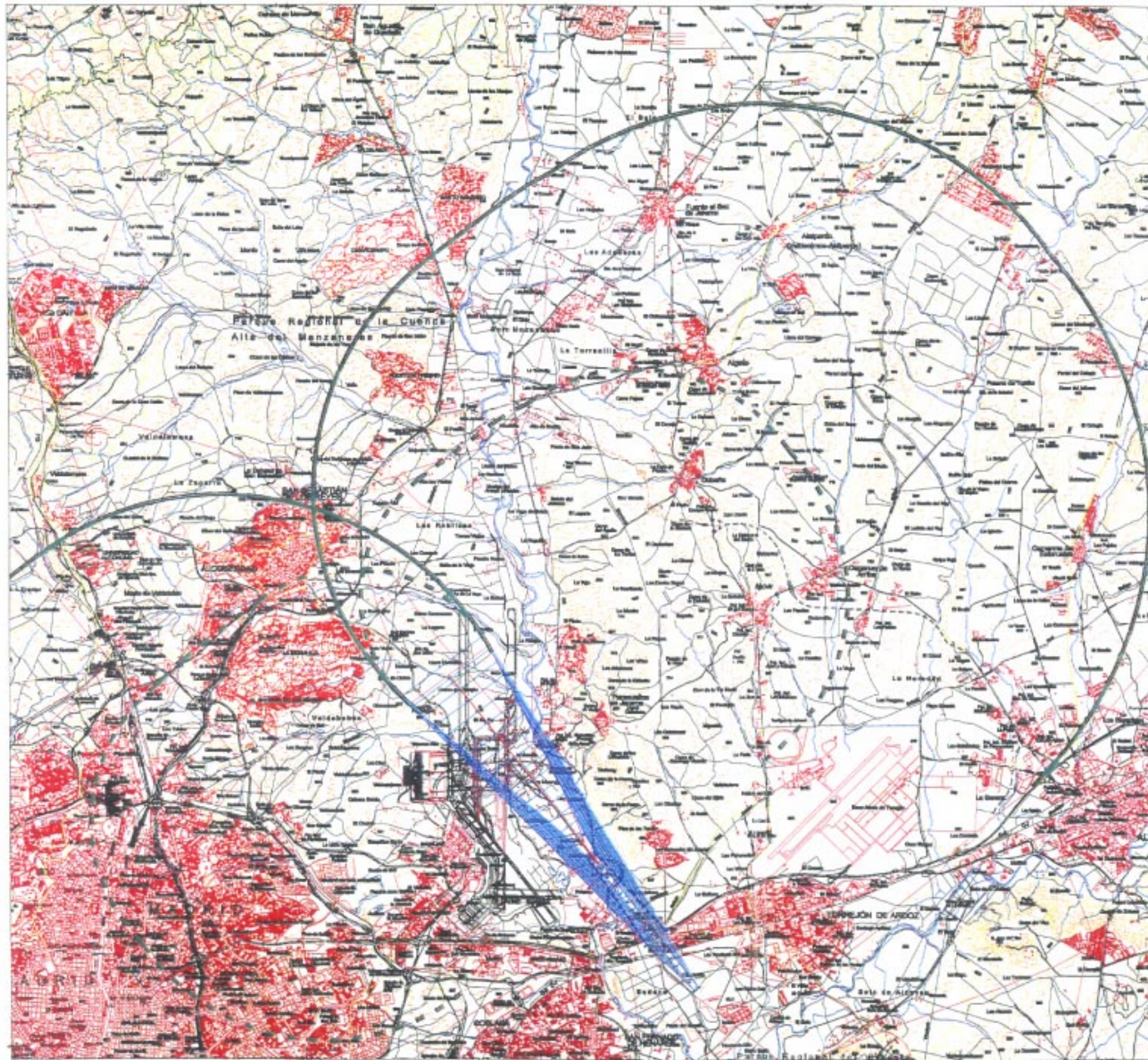
- Si se mantiene la salida actual de la pista 15 como salida para la 15R, por necesidades medioambientales, las salidas de la pista 15L no se ajustarían entonces a la reglamentación actualmente en vigor. Sería necesario proponer las modificaciones necesarias para poder implantarla.





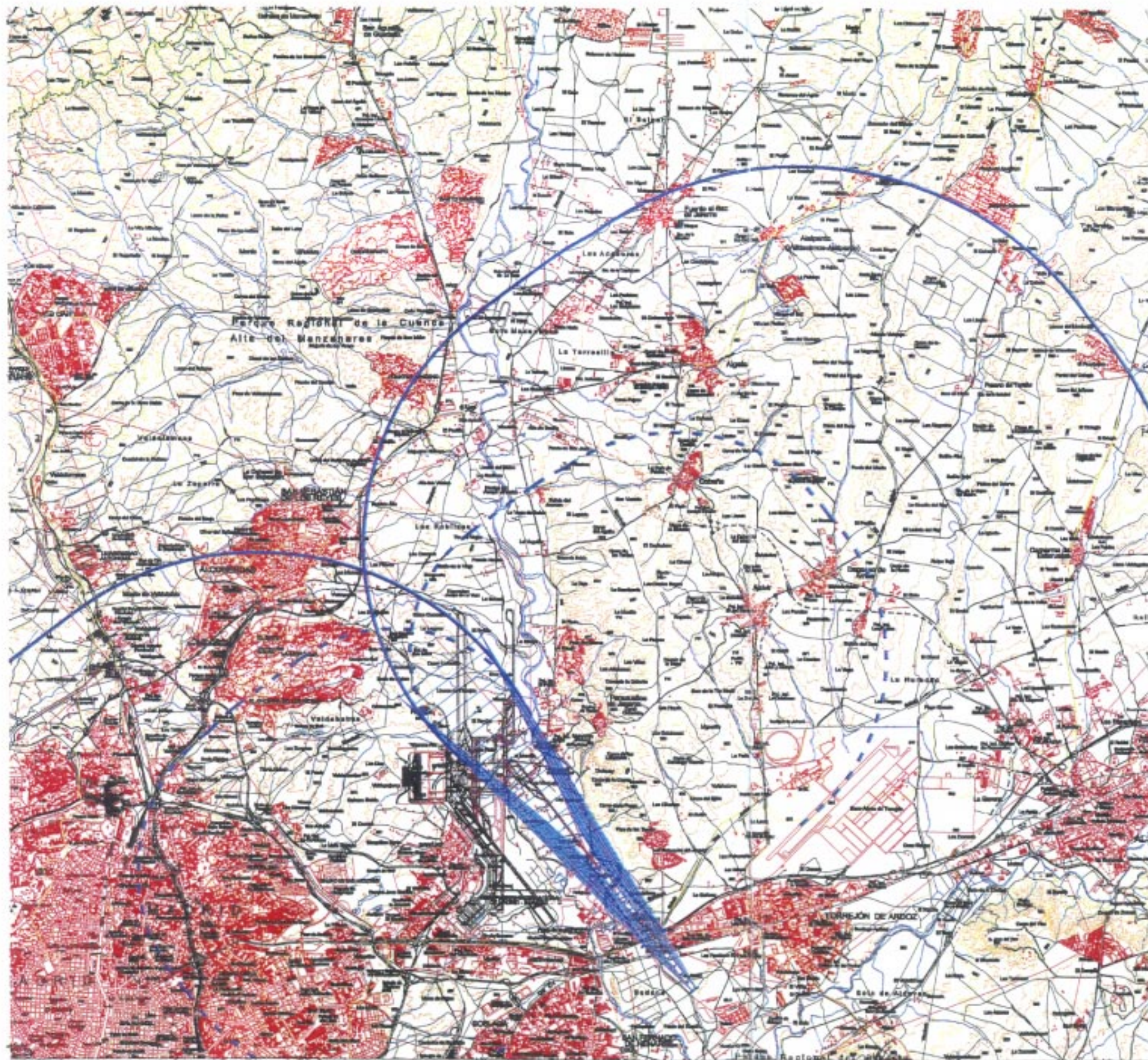
LEYENDA	
• ELEVACIÓN UMBRAL.-	570 m.
• OAS CATEGORÍA II.-	
• AREA PROTECCIÓN PARA FRUSTRADA DIRECTA.-	
• PROLONGACIÓN DE SUP. Z HASTA 300 m.-	





LEYENDA	
ELEVACIÓN UMBRAL-	570 m.
OAS CATEGORÍA II-	_____
AREA PROTECCIÓN PARA FRUSTRADA CON VIRAJE- (VEL. FRUSTRADA FINAL)-	_____
AREA PROTECCIÓN PARA FRUSTRADA CON VIRAJE- (VEL. FRUSTRADA INTERMEDIA)-	-----
NOTA: VIRAJE PARA UN TP DESIGNADO	

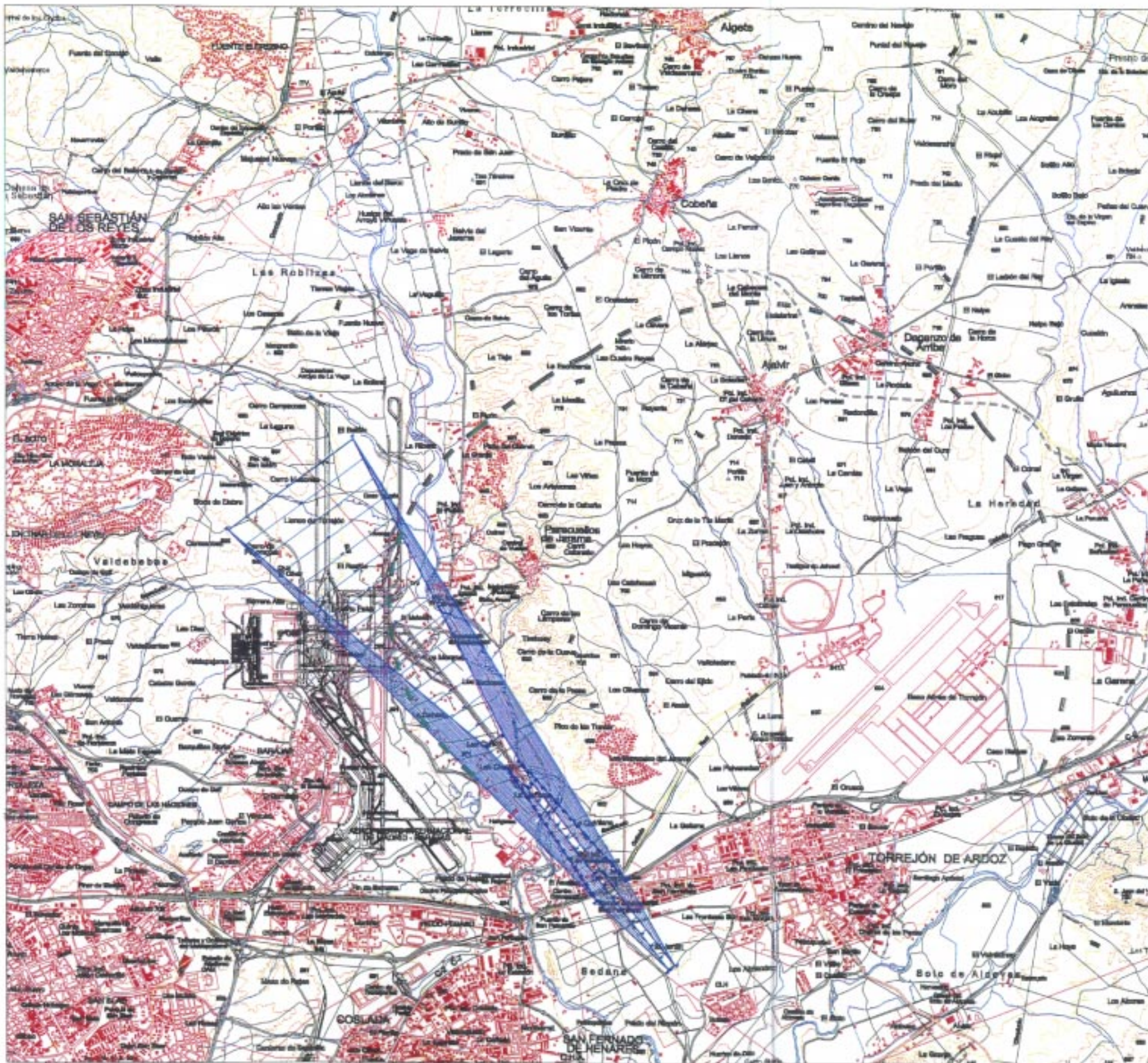




### LEYENDA

- ELEVACIÓN UMBRAL.- 570 m.
  - OAS CATEGORÍA II.-
  - AREA PROTECCIÓN PARA FRUSTRADA CON VIRAJE.- (VEL. FRUSTRADA FINAL).-
  - AREA PROTECCIÓN PARA FRUSTRADA CON VIRAJE.- (VEL. FRUSTRADA INTERMEDIA).-
- NOTA: VIRAJE PARA UN TP DESIGNADO





**LEYENDA**

- ELEVACIÓN UMBRAL.- 570 m.
- OAS CATEGORÍA II.-
- AREA PROTECCIÓN PARA FRUSTRADA CON VIRAJE (VEL. FRUSTRADA INTERMEDIA).-

NOTA: VIRAJE PARA UN TP DESIGNADO



El análisis completo de viabilidad de estas rutas se incluye dentro del Anexo "Variaciones de las rutas normalizadas de salida por consideraciones de impacto acústico".

La conclusión principal del estudio es que existían alternativas viables que ofertaban la capacidad necesaria, si bien debería profundizarse en nuevas alternativas de entrada y salida que analizaran las particularidades del Aeropuerto de Madrid-Barajas sin las restricciones de las normativas existentes.

### 7.3.5. DESARROLLO FUTURO DEL SISTEMA

El estudio anterior recomendaba el análisis de rutas de salida del Aeropuerto de Madrid-Barajas con cuatro pistas operativas, buscando alternativas a la normativa existente sin comprometer la seguridad de las operaciones.

El proyecto tiene el interés fundamental de optimizar las futuras salidas del Aeropuerto de Madrid-Barajas, tomando como primer objetivo la minimización del impacto ambiental, maximizando luego la capacidad aeroportuaria y compatibilizando ambos criterios con el coste de explotación de las compañías aéreas.

Se han definido dos escenarios de referencia para el diseño de los procedimientos:

- El escenario "1", manteniendo el entorno actual e introduciendo las tecnologías más avanzadas existentes para la gestión y diseño de las SID's y las STAR's.
- El escenario "2", optimizando el TMA futuro del Aeropuerto de Madrid-Barajas considerando como únicos condicionantes la afección a la población por ruido y las zonas de exclusión militares, considerándose fundamental la aplicación de los criterios FUA.

Una parte de este estudio será la realización de un análisis comparado con los TMA de los principales aeropuertos europeos (Londres, París y Frankfurt) y de afección por ruido con aeropuertos de un volumen de tráfico similar o superior al de Madrid-Barajas.

Para ello se ha dividido el trabajo en cuatro tareas diferenciadas:

#### Tarea I: Estudio de análisis comparado.

Se realizará en un plazo aproximado de dos meses. Se deberán estudiar las tecnologías empleadas, los procedimientos y las cargas de trabajo de los diferentes TMA.

En el caso del ruido se analizará la población afectada, explicando las diferentes metodologías de cálculo, las legislaciones existentes y las soluciones propuestas al problema.

### Tarea II: Escenario "1".

Se deberán mejorar los actuales procedimientos de salida del Aeropuerto de Madrid-Barajas mediante la introducción de nuevas tecnologías y procedimientos de control. Deberá analizarse en particular la viabilidad de rutas segmentando por tipos de aeronave y actuaciones de éstas.

Se minimizará el impacto sobre la población, debiendo respetarse el actual TMA. Se analizará asimismo el coste de explotación de las rutas actuales y propuestas para las compañías aéreas y la capacidad del sistema.

### Tarea III: Escenario "2".

Teniendo en cuenta las tecnologías, procedimientos y control actuales y futuros se deberá definir procedimientos de entrada y salida y procedimientos de control, y dar recomendaciones para la definición del futuro TMA, en particular en cuanto a la flexibilización del mismo, permitiendo reducir la rigidez de la asignación de aeronaves según destinos.

Se analizarán y compararán con los actuales y previstos en la fase II la capacidad, la afección a la población por ruido, el coste para las compañías aéreas y la afección a actuales zonas de exclusión civiles y militares.

La única restricción en este análisis será la afección por ruido a núcleos de población. La afección a zonas de exclusión militares deberá considerarse como un grave inconveniente.

### Tarea IV: Recomendaciones.

El estudio efectuará recomendaciones en relación a:

- Introducción de nuevas tecnologías y procedimientos operativos
- Cambios en el futuro TMA
- Modificaciones de la reglamentación aeronáutica en vigor en el Estado español

En particular se estudiarán y recomendarán procedimientos (definiendo la normativa a aprobar por la DGAC) para despegues en pistas paralelas independientes tanto en configuración Norte (18-36 a 1311 metros) y Sur (15-33 a 1.900 metros), optimizando la afección por ruido, el coste para las compañías y la capacidad aeroportuaria.

Este trabajo se ha iniciado como punto de partida de diferentes proyectos que producirán como resultado final el nuevo TMA y los procedimientos operativos de entrada y salida, de forma que se pongan en funcionamiento coincidiendo con la inauguración de las nuevas pistas.